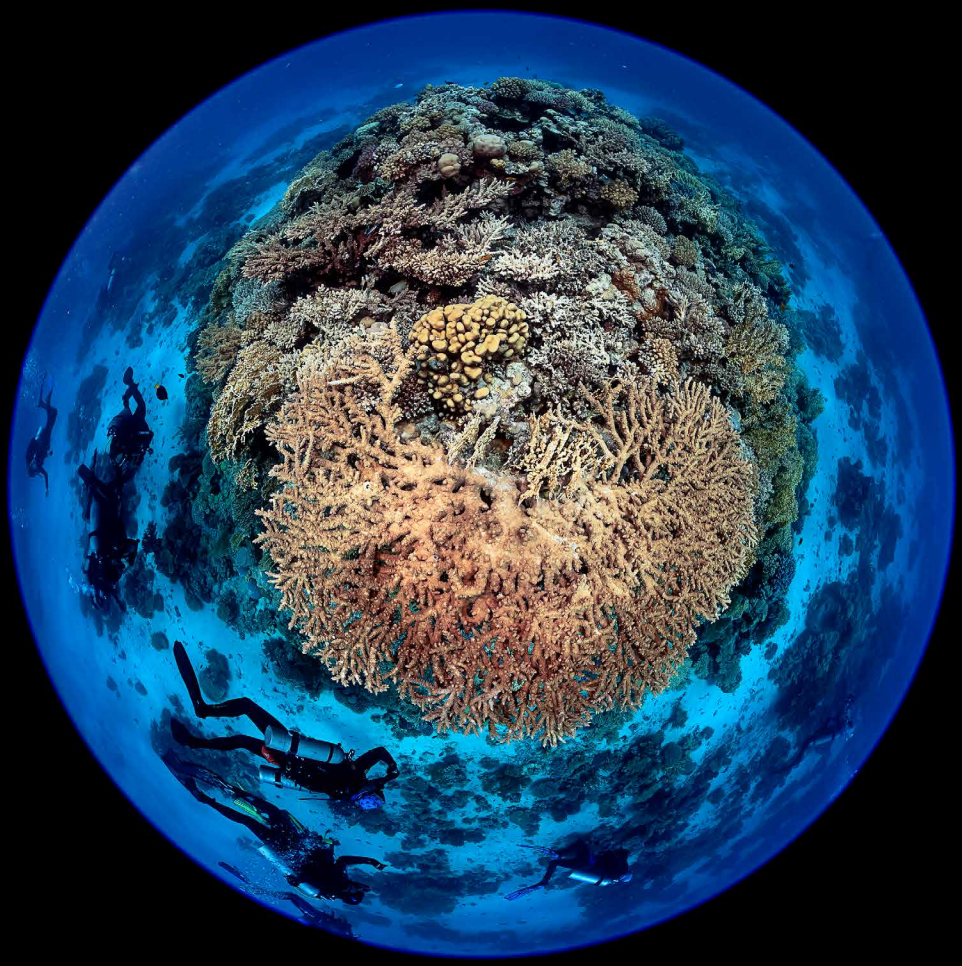
التقييم العالمي الثاني للمحيطات

المجلد الأول



الأمم المتحدة

التقييم العالمي الثاني

للمحيطات

المجلد الأول

الأمم المتحدة

صورة الغلاف: يونغ - سين وو
مسابقة التصوير الفوتوغرافي في يوم الأمم المتحدة العالمي للمحيطات

منشورات الأمم المتحدة
eISBN: 978-92-1-604009-3

حقوق التأليف والنشر 2021 © الأمم المتحدة
جميع الحقوق محفوظة
طُبع في الأمم المتحدة، نيويورك

تصدير
بقلم الأمين العام

طرحت السنة الماضية تحديات غير مسبوقة. فقد عطلت جائحة مرض فيروس كورونا (كوفيد-19) حياة كثير من الناس وسبل عيشهم وكشفت عن هشاشة مجتمعاتنا. وللأسف، ليست هذه الجائحة الأزمة الوحيدة التي تواجهها البشرية. فلا يزال تغير المناخ وفقدان التنوع البيولوجي مستمرين بلا هوادة، مما يهدد التنمية المستدامة وقدرتنا كجنس على البقاء. ويتضح هذان التحديان بوجه خاص عندما ننظر إلى حالة نظام حفظ الحياة على كوكبنا، المحيطات.

وفي عام 2015، حذر التقييم العالمي الأول للمحيطات من أن العديد من مناطق المحيطات قد تدهورت بشكل خطير، وأن أكبر تهديد للمحيطات هو عدم التصدي للضغوط العديدة الناجمة عن الأنشطة البشرية. والرسالة في التقييم العالمي الثاني للمحيطات هي أن الحالة لم تتحسن وأن المنافع العديدة التي توفرها المحيطات في خطر. ويشير التقييم إلى أنه يتعين، لضمان الاستدامة، أن نعمل جميعا على تحسين الإدارة المتكاملة للمحيطات، بما في ذلك من خلال إجراء البحوث المشتركة وتنمية القدرات وتبادل البيانات والمعلومات والتكنولوجيا.

وتؤدي المحيطات دورا حاسما في تحقيق أهداف التنمية المستدامة وتأمين سبل عيش بلايين البشر. ونحن بحاجة ماسة إلى تغيير كيفية تفاعلنا معها. ويوفر عقد الأمم المتحدة المقبل لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة وعقد الأمم المتحدة لإصلاح النظم الإيكولوجية فرصة لنا لزيادة فهمنا وإصلاح الضرر الذي حدث بالفعل. ويمكن أن تساعد المعلومات الواردة في التقييم العالمي الثاني في هذه العملية، ويمكن كذلك أن توجه المؤتمرات الحكومية الدولية ذات الصلة المقرر عقدها في عام 2021.

وإني أحث القيادات وجميع الجهات صاحبة المصلحة على مراعاة التحذيرات الواردة في التقييم بينما نعمل على حفظ البيئة البحرية لكوكبنا وإدارتها على نحو مستدام. فلنعزز ليس فقط الانتعاش الأخضر ولكن أيضا الانتعاش الأزرق من جائحة كوفيد-19.

أنطونيو غوتيريش

موجز

قررت الجمعية العامة، في قراريها 57/141 و 58/240، أن تنشئ عملية منتظمة في إطار الأمم المتحدة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية، في الوقت الراهن والمستقبل المنظور، مع الاستعانة في ذلك بالتقييمات الإقليمية القائمة. وأشارت الجمعية، في قرارها 71/257، إلى أن نطاق الدورة الأولى من العملية المنتظمة ركز على إرساء خط للأساس وقررت أن يمتد نطاق الدورة الثانية ليشمل تقييم الاتجاهات السائدة وتحديد الثغرات. ويتضمن برنامج العمل للفترة 2017-2020 من الدورة الثانية للعملية المنتظمة إعداد فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية، للتقييم العالمي الثاني للمحيطات، استنادا إلى خطوط الأساس التي أرساها التقييم البحري المتكامل العالمي الأول (التقييم العالمي الأول للمحيطات). وقررت الجمعية العامة، في قرارها 72/73، أن يمضي فريق الخبراء قُدما في عمله على أساس إعداد تقييم شامل وحيد. وقد أعد فريق الخبراء هذه الوثيقة وفقا لتلك المقررات.

إخلاء مسؤولية

هذه الوثيقة هي نتاج عمل فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية، وهو المسؤول عن محتويات هذا المنشور. وساهم أعضاء فريق الخبراء ومجموعة الخبراء الذين شاركوا في صياغة التقييم العالمي الثاني للمحيطات بصفتهم الشخصية. ولا يمثل أعضاء الفريق والمجموعة أي حكومة أو أي سلطة أو منظمة أخرى.

ولا تنطوي التسميات المستخدمة، بما فيها الأسماء الجغرافية، وطريقة عرض المواد الواردة في هذا المنشور، بما في ذلك الاقتباسات والخرائط والببليوغرافيا، على تعبير الأمم المتحدة عن أي رأي كان بشأن الاسم والمركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها أو بشأن تعيين تخومها أو حدودها، ولا تنطوي على أن الأمم المتحدة تقرها أو تقبلها رسميا. والمعلومات الواردة في هذا المنشور والنابعة عن الإجراءات والقرارات التي تتخذها الدول لا تنطوي على إقرار الأمم المتحدة أو قبولها لهذه الإجراءات والقرارات أو اعترافها بها رسميا، وتُدرج هذه المعلومات دون المساس بموقف أي دولة عضو في الأمم المتحدة.

تمهيد

كان هدف الجمعية العامة من إنشاء العملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية – الاقتصادية، هو ضمان وجود لمحة عامة شاملة عن المحيطات والعلاقات بين المحيطات والبشر، تشمل جميع الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية. فمن شأن هذه اللمحة العامة أن توفر معلومات أساسية للاستناد إليها في القرارات العديدة التي يجب اتخاذها في هذا الميدان على الصُعد الدولي والوطني والمحلي سعيا لتحقيق التنمية المستدامة. وقد أُنجز التقييم العالمي الأول للمحيطات (التقييم العالمي الأول) في عام 2015، وهو يمثل خطوة رئيسية نحو تحقيق هذا الهدف.

ومع هدف طموح كهذا، فإنه ليس فقط أن بعض الجوانب لم تكن مشمولة بالكامل في الناتج الأول للعملية المنتظمة، بل إن التقييم الذي أُجري للفترة حتى عام 2015 كان يحتاج أيضا، مع مرور الوقت، إلى تحديث. ولذلك، رتبت الجمعية العامة لإجراء مزيد من التقييمات البحرية المتكاملة العالمية لتسجيل التطورات من خط الأساس الذي أرساه التقييم العالمي الأول، ولبيان الاتجاهات حيثما أمكن. وفي عام 2016، قررت إعداد تقييم شامل ثان بحلول نهاية عام 2020.

ويتضمن هذا المجلد التقييم العالمي الثاني للمحيطات. وهو يقدم المزيد من المعلومات عن جوانب المحيطات وعلاقاتها بالبشر، بما في ذلك تقييمات منفصلة للسهول السحيقة والهيدرات البحرية، ويجمع في فصول محددة مسائل كان قد جرى تناولها في فروع مختلفة من التقييم العالمي الأول، من قبيل حالة أنواع الأسماك والبنى الأساسية البحرية.

وكما كان حال التقييم العالمي الأول، شكل إعداد هذا التقييم مهمة كبرى، إذ اعتمد أساسا على الجهود الطوعية لمئات الخبراء في العديد من المجالات، وحظي بدعم من الميزانية العادية للأمم المتحدة. وكما في السابق، حظي فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية – الاقتصادية، بشرف تنظيم هذا التقييم والمساهمة فيه وإنجازه. وقد قدمت الأمانة العامة، بما فيها شعبة شؤون المحيطات وقانون البحار، والعديد من المنظمات الدولية وعدد من الدول الأعضاء في الأمم المتحدة دعما بالغ الأهمية مرة أخرى، على النحو المبيَّن بالتفصيل في الفصل 2. ويعرب فريق الخبراء عن امتنانه لجميع هؤلاء الأشخاص والمؤسسات، ولكنه، في إطار الاختصاصات وأساليب العمل التي أقرتها الجمعية العامة، هو المسؤول في نهاية المطاف عن النص النهائي.

وقد دُوِّن الجزء الأكبر من النص قبل تفشي جائحة مرض فيروس كورونا (كوفيد-19). وقد أُدرجت بعض الإشارات إلى آثار هذه الجائحة (على سبيل المثال، في الفروع الواردة في الفصل 8 ألف التي تتناول مصائد الأسماك والنقل البحري والسياحة)، ولكن التداعيات الكاملة للجائحة على تفاعلات البشر مع المحيطات لا تزال قيد البحث وسيتعين دراستها بالكامل في الدورة الثالثة من العملية المنتظمة. ومع ذلك، سيكون للمحيطات والخدمات التي توفرها دور هام في عملية التعافي من هذه الجائحة. ويُؤمَل أن تساعد المعلومات الواردة في هذا التقييم في تلك العملية.

وكما كان الحال في التقييم العالمي الأول، لا تتضمن هذه الوثيقة أي تحليل للسياسات أو توصيات، تمشيا مع التوجيهات التي أقرتها الجمعية العامة. ولذلك، فإن على الحكومات الوطنية والسلطات الدولية المختصة أن تقرر الإجراءات التي ينبغي اتخاذها في ضوء التقييمات المضطلع بها في إطار العملية المنتظمة.

رينيسون رُوا وآلان سيمكوك
المنسقان المشتركان لفريق خبراء العملية المنتظمة

يورن شْمِيدْت
عضو فريق خبراء العملية المنتظمة،
مساعد المنسقَين المشتركَين

المحتويات

المجلد الأول

الصفحة

تصدير بقلم الأمين العام ..... ج
موجز ..... ه
تمهيد ..... ز
الجزء الأول: موجز 1
الفصل 1: موجز عام 3
النقاط الرئيسية 5
1 - مقدمة 5
2 - العوامل المحرِّكة 6
3 - تنظيف المحيطات 7
4 - حماية النظم الإيكولوجية البحرية 10
5 - فهم المحيطات من أجل الإدارة المستدامة 13
6 - تعزيز السلامة من أخطار المحيطات 15
7 - الغذاء المستدام المستمد من المحيطات 17
8 - الاستخدام الاقتصادي المستدام للمحيطات 20
9 - التنفيذ الفعال للقانون الدولي على النحو المبين في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار 22
الجزء الثاني: مقدمة 35
الفصل 2: نهج التقييم 37
النقاط الرئيسية 39
1 - الغرض من التقييم العالمي الثاني للمحيطات 39
2 - الجمهور الرئيسي المستهدف بالتقييم العالمي الثاني للمحيطات وإطار التقييم 40
3 - إعداد التقييم العالمي الثاني للمحيطات 41
4 - المصطلحات 42
5 - شكر وتقدير 43
المراجع 43

الصفحة

الفصل 3: الفهم العلمي للمحيطات 45
النقاط الرئيسية 47
1 - مقدمة 47
2 - وصف التغيرات التي طرأت على البيانات والتكنولوجيا والنماذج منذ صدور التقييم العالمي الأول للمحيطات وآثارها على الفهم العام، بما في ذلك الآثار الاجتماعية والاقتصادية 48
3 - التغيرات والنتائج الرئيسية الخاصة بكل منطقة 49
4 - التوقعات فيما يتعلق بالفهم العلمي للمحيطات 54
5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 55
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 56
المراجع 57
الجزء الثالث: العوامل المحركة للتغييرات في البيئة البحرية 61
الفصل 4: العوامل المحركة 63
النقاط الرئيسية 65
1 - مقدمة 65
2 - العوامل المحركة للتغيير في البيئة البحرية 67
3 - المسائل أو الجوانب الرئيسية الخاصة بكل منطقة والمرتبطة بالعوامل المحركة 71
4 - آفاق المستقبل 73
5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجالي المعارف وبناء القدرات 74
المراجع 75
الجزء الرابع: الحالة الراهنة للبيئة البحرية واتجاهاتها 79
الفصل 5: الاتجاهات في الحالة الفيزيائية والكيميائية للمحيطات 81
النقاط الرئيسية 83
1 - مقدمة 84
2 - الحالة الفيزيائية والكيميائية للمحيطات 85
3 - الثغرات في المعارف 101
4 - موجز 102
المراجع 104
الفصل 6: الاتجاهات في التنوع البيولوجي للأصنوفات الرئيسية من الأحياء البحرية 113
مقدمة 115
الفصل 6 ألف: العوالق (العوالق النباتية، والعوالق الحيوانية، والميكروبات، والفيروسات) 117
النقاط الرئيسية 119

الصفحة

1 - مقدمة 119
2 - موجز الفصل 6 من التقييم العالمي الأول للمحيطات 120
3 - المناطق المشمولة بالتحليل في هذا التقييم 121
4 - تقدير تنوع العوالق 122
5 - العوالق الميكروبية 124
6 - العوالق الحيوانية المتعددة الخلايا 127
7 - الاتجاهات الموثقة 129
8 - آفاق المستقبل 133
المراجع 134
الفصل 6 باء: اللافقاريات البحرية 145
النقاط الرئيسية 147
1 - مقدمة 147
2 - موجز الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات 147
3 - وصف التغيرات البيئية (2010-2020) 148
4 - الاستجابات الحكومية والدولية 156
5 - تحقيق أهداف التنمية المستدامة ذات الصلة والمساهمة في الهدف 11 من أهداف آيتشي للتنوع البيولوجي 158
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات 158
المراجع 159
إضافة من فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية 163
المراجع 164
الفصل 6 جيم: الأسماك 165
النقاط الرئيسية 167
1 - مقدمة 167
2 - التغيرات الموثقة في حالة التنوع البيولوجي للأسماك 169
3 - عواقب تغير التنوع البيولوجي على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 173
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 174
5 - آفاق المستقبل 176
المراجع 177
الفصل 6 دال: الثدييات البحرية 181
النقاط الرئيسية 183
1 - مقدمة 183

الصفحة

2 - الحوتيات (Cetaceans) 186
3 - زعنفيات الأقدام (Pinnipeds) 189
4 - الخيلانيات (Sirenians) 191
5 - القضاعة والدب القطبي 192
6 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 192
7 - آفاق المستقبل 194
8 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 195
9 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 195
المراجع 196
الفصل 6 هاء: الزواحف البحرية 201
النقاط الرئيسية 203
1 - مقدمة 203
2 - حالة حفظ الزواحف البحرية 203
3 - الاتجاهات الإقليمية 205
4 - التهديدات 208
5 - الآثار الاقتصادية والاجتماعية للتغيرات التي تطرأ على مجموعات الزواحف البحرية .. 211
6 - الثغرات الرئيسية في المعارف وفي مجال بناء القدرات 211
المراجع 212
الفصل 6 واو: الطيور البحرية 219
النقاط الرئيسية 221
1 - مقدمة 221
2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020 222
3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 226
4 - آفاق المستقبل 227
5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 229
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 229
المراجع 229
الفصل 6 زاي: النباتات البحرية والطحالب الكبيرة 233
النقاط الرئيسية 235
1 - مقدمة 235
2 - أشجار المانغروف 236
3 - نباتات المستنقعات المالحة 238

الصفحة

4 - الأعشاب البحرية 239
5 - الطحالب الكبيرة 241
6 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 249
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات 251
8 - آفاق المستقبل 251
المراجع 252
الفصل 7: الاتجاهات السائدة في حالة التنوع البيولوجي في الموائل البحرية 259
مقدمة 261
الفصل 7 ألف: المنطقة المدِيّة 263
النقاط الرئيسية 265
1 - مقدمة 265
2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020 268
3 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية 269
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 269
5 - آفاق المستقبل 270
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 271
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 271
المراجع 272
الفصل 7 باء: الشعاب البحرية الحيوية، وركائز الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية 275
النقاط الرئيسية 277
1 - مقدمة 277
2 - التغيرات الموثقة في حالة الشعاب البحرية الحيوية وركائز الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية 280
3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 284
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 286
5 - آفاق المستقبل 288
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات 289
المراجع 291
الفصل 7 جيم: البحيرات الشاطئية المرجانية والبحيرات الشاطئية الجزرية 297
النقاط الرئيسية 299
1 - مقدمة 299
2 - التغيرات الموثقة في حالة الجزر المرجانية والبحيرات الشاطئية الجزرية 300

الصفحة

3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 304
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 305
5 - آفاق المستقبل 305
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 306
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 307
المراجع 308
الفصل 7 دال: الشعاب المرجانية المدارية وشبه المدارية 315
النقاط الرئيسية 317
1 - مقدمة 317
2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020 318
3 - وصف العواقب الاقتصادية والاجتماعية و/أو التغيرات الاقتصادية أو الاجتماعية الأخرى 319
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 320
5 - آفاق المستقبل 323
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 324
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 325
المراجع 325
الفصل 7 هاء: مرجان المياه الباردة 333
النقاط الرئيسية 335
1 - مقدمة وموجز للمادة التي وردت في التقييم العالمي الأول للمحيطات 335
2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020 337
3 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية 342
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 343
5 - آفاق المستقبل 344
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 344
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 346
المراجع 346
الفصل 7 واو: مصابّ الأنهار والدلتات 351
النقاط الرئيسية 353
1 - مقدمة 353
2 - التغيرات الموثقة في حالة مصاب الأنهار والدلتات 354
3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 357

الصفحة

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 358
5 - آفاق المستقبل 359
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف ومجال بناء القدرات 360
المراجع 361
الفصل 7 زاي: مروج الأعشاب البحرية 367
النقاط الرئيسية 369
1 - مقدمة 369
2 - العواقب الاجتماعية الاقتصادية 371
3 - التغيرات الخاصة بكل منطقة 372
4 - آفاق المستقبل 373
5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 373
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 374
المراجع 377
الفصل 7 حاء: أشجار المانغروف 381
النقاط الرئيسية 383
1 - مقدمة 383
2 - التغير الموثق في حالة أشجار المانغروف بين عامي 2010 و 2020 384
3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 387
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 388
5 - آفاق المستقبل 390
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف ومجال بناء القدرات 390
المراجع 392
الفصل 7 طاء: مستنقعات المياه المالحة 399
النقاط الرئيسية 401
1 - مقدمة 401
2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020 403
3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 404
4 - التغييرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 405
5 - آفاق المستقبل 406
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 407
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 408
المراجع 408

الصفحة

الفصل 7 ياء: المنحدرات القارية والأخاديد المغمورة 413
النقاط الرئيسية 415
1 - مقدمة 415
2 - التطورات في فهم المنحدرات والأخاديد 418
3 - خدمات النظم الإيكولوجية وفوائدها على المنحدرات وفي الأخاديد 423
4 - الآثار البشرية 425
5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 426
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 427
المراجع 428
الفصل 7 كاف: جليد خطوط العرض العليا 441
النقاط الرئيسية 443
1 - مقدمة 443
2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020 444
3 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية 449
4 - آفاق المستقبل 450
5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف ومجال بناء القدرات 452
المراجع 452
الفصل 7 لام: الجبال والقمم الصخرية البحرية 457
النقاط الرئيسية 459
1 - مقدمة 459
2 - بيان التغيرات في المعرفة بين عامي 2010 و 2020 460
3 - بيان التغيرات الاقتصادية والاجتماعية 461
4 - البحوث الرئيسية الخاصة بكل منطقة في السنوات الأخيرة 463
5 - آفاق المستقبل 465
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 466
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 466
المراجع 467
الفصل 7 ميم: السهول السحيقة 473
النقاط الرئيسية 475
1 - مقدمة 475
2 - تحول خطوط الأساس وتوثيق الوضع والتغيير في التنوع البيولوجي في الأعماق السحيقة 476

الصفحة

3 - الضغوط الطبيعية والبشرية المنشأ الرئيسية 486
4 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 487
5 - آفاق المستقبل 490
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال المعرفة 490
المراجع 491
الفصل 7 نون: المحيطات المفتوحة 499
النقاط الرئيسية 501
1 - مقدمة 501
2 - التغيرات البيئية في المحيطات المفتوحة منذ عام 2010 504
3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 507
4 - التغيرات والنتائج الرئيسية في مناطق معينة 509
5 - آفاق المستقبل 511
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال المعرفة 511
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 512
المراجع 512
الفصل 7 سين: الأحياد والهضاب والخنادق 517
النقاط الرئيسية 519
1 - مقدمة وموجز التقييم العالمي الأول للمحيطات 519
2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020 521
3 - وصف التغيرات الاقتصادية والاجتماعية بين عامي 2010 و 2020 525
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 528
5 - آفاق المستقبل 529
6 - الثغرات المعرفية الرئيسية المتبقية 530
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في بناء القدرات 531
المراجع 531
الفصل 7 عين: المنافث الحرارية المائية وفتحات النز البارد 537
النقاط الرئيسية 539
1 - مقدمة 539
2 - التغيرات البيئية منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات 543
3 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية 544
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 546
5 - آفاق المستقبل 547

الصفحة

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال المعرفة 548
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 549
المراجع 549
الفصل 7 فاء: بحر سارغاسو 555
النقاط الرئيسية 557
1 - مقدمة 557
2 - تغير الحالة 558
3 - الترتيبات المؤسسية 562
4 - عواقب التغيرات 563
5 - آفاق المستقبل 564
المراجع 564

المجلد الثاني

الفصل 8: اتجاهات حالة المجتمع الإنساني في علاقته بالمحيطات 1
الفصل 8 ألف: المجتمعات الساحلية والصناعات البحرية 3
النقاط الرئيسية 5
1 - مقدمة 5
2 - المجتمعات الساحلية 6
3 - صيد الأسماك وجني الصدفيات وتربية الأحياء المائية 9
4 - النقل البحري 10
5 - التعدين في قاع البحار 15
6 - الهيدروكربونات البحرية 15
7 - السياحة والترفيه 16
8 - الموارد الجينية البحرية 22
9 - الطاقة البحرية المتجددة 22
10 - تحلية المياه 22
11 - إنتاج الملح 24
12 - الثغرات الرئيسية في المعارف وفي مجال بناء القدرات 25
13 - آفاق المستقبل 25
المراجع 26
الفصل 8 باء: صحة الإنسان وتأثرها بالمحيطات 31
النقاط الرئيسية 33

الصفحة

1 - مقدمة 33
2 - الجوانب العامة للعلاقة بين صحة الإنسان والمحيطات 33
3 - صحة المجتمعات الساحلية مقارنة بالمجتمعات المحلية الداخلية 39
4 - آثار التعرض لمياه البحر الملوثة 40
5 - مشاكل الصحة البشرية التي تسببها المأكولات المستخرجة من البحر 42
6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات 45
7 - آفاق المستقبل 46
المراجع 47

الجزء الخامس: اتجاهات الضغوط التي تتعرض لها البيئة البحرية 55

الفصل 9: الضغوط الناجمة عن التغيرات في المناخ والغلاف الجوي 57
النقاط الرئيسية 59
1 - مقدمة 59
2 - الضغوط المناخية: الحوادث المناخية القصوى والضغوط الناجمة عن التغيرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمحيطات 60
3 - بناء القدرات: الشبكة العالمية لرصد تحمض المحيطات) والشبكة العالمية لرصد الأكسجين في المحيطات 71
4 - موجز 72
المراجع 73

الفصل 10: التغيرات في المدخلات من المغذيات في البيئة البحرية 81
النقاط الرئيسية 83
1 - مقدمة 83
2 - الحالة المبلغ عنها في التقييم العالمي الأول للمحيطات 85
3 - الأنماط والاتجاهات على النطاق العالمي 86
4 - الأنماط والاتجاهات داخل المناطق الإقليمية 89
5 - آفاق المستقبل 98
المراجع 98

الفصل 11: التغيرات في مدخلات السوائل والغلاف الجوي إلى البيئة البحرية من الأرض (بما في ذلك من خلال المياه الجوفية)، والسفن والمنشآت البحرية 107
النقاط الرئيسية 109
1 - مقدمة 110
2 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات 110

الصفحة

3 - الملوثات العضوية الثابتة (بما في ذلك الملوثات المحمولة مع مياه الجريان السطحي الناجمة عن استخدام مبيدات الآفات الزراعية) 111
4 - الفلزات 121
5 - المواد المشعة 132
6 - المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية 138
7 - ملوثات الغلاف الجوي (أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت) 143
8 - الهيدروكربونات من المصادر البرية والسفن والمنشآت البحرية، بما في ذلك ترتيبات الاستجابة في ما يتعلق بالانسكابات وعمليات التصريف 145
9 - المواد الأخرى المستخدمة في المنشآت البحرية والتي يجرى تصريفها منها..... 147
10 - العلاقة بأهداف التنمية المستدامة 148
11 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف 149
12 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات..... 151
المراجع 152

الفصل 12: التغيرات في مدخلات النفايات الصلبة، بخلاف المواد المجروفة، وتوزعها في البيئة البحرية..... 165
النقاط الرئيسية 167
1 - الأنشطة التي تسفر عن تراكم القمامة البحرية، بما فيها المواد البلاستيكية ومعدات الصيد المتروكة والجسيمات الدقيقة والجسيمات النانوية، والتقديرات المتعلقة بالمصادر من البر والسفن والمنشآت البحرية..... 167
2 - إغراق النفايات في البحر، بما في ذلك القمامة المتولدة من السفن وحمأة مياه المجارير 184
المراجع 190

الفصل 13: التغيرات في التحات والترسب 197
النقاط الرئيسية 199
1 - مقدمة 199
2 - التغيرات في حالة تحات وترسب السواحل 200
3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 205
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة..... 205
5 - آفاق المستقبل..... 207
6 - الفجوات الرئيسية المتبقية في مجالي المعارف وبناء القدرات 208
المراجع..... 209

الفصل 14: التغيرات في البنى التحتية الساحلية والبحرية 215
النقاط الرئيسية 217

الصفحة

1 - مقدمة 217
2 - التغير الموثق في حالة البنى التحتية البحرية والساحلية 218
3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 221
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 222
5 - آفاق المستقبل 225
6 - الفجوات الرئيسية المتبقية في مجالي المعارف وبناء القدرات 226
المراجع 226

الفصل 15: التغيرات في أنشطة مصائد الأسماك وجني اللافقاريات البحرية البرية 229
النقاط الرئيسية 231
1 - مقدمة 231
2 - التفاوتات بين المصيد والتفريغ، وأهداف التنمية المستدامة، ومصائد الأسماك الصغيرة النطاق 235
3 - عمليات تفريغ اللافقاريات 239
4 - مستويات الصيد العرضي والآثار الجانبية 239
5 - خسائر الأسماك ما بعد الصيد 239
6 - إمكانية تعزيز مصائد الأسماك 240
7 - استخدام البروتين والزيوت البحرية في الزراعة وتربية الأحياء المائية 240
8 - الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم 241
9 - آفاق المستقبل 242
10 - الفجوات المعرفية الرئيسية 243
11 - الفجوات الرئيسية في بناء القدرات 243
المراجع 244

الفصل 16: التغيرات في تربية الأحياء المائية 251
النقاط الرئيسية 253
1 - الحالة الراهنة والتحسينات الرئيسية 253
2 - تربية الأحياء المائية والبيئة 256
3 - تربية الأحياء المائية والمجتمع 257
4 - الثغرات المتبقية الرئيسية في المعارف 258
5 - الثغرات المتبقية الرئيسية في مجال بناء القدرات 259
6 - آفاق المستقبل 259
المراجع 261

الصفحة

الفصل 17: التغيرات في جني الطحالب البحرية واستخدامها 263
النقاط الرئيسية 265
1 - مقدمة 265
2 - التغير الموثق في حالة إنتاج الطحالب البحرية واستخداماتها (2012-2017) 266
3 - عواقب التغيرات في جني الطحالب البحرية واستخدامها على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 269
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 269
5 - آفاق المستقبل 270
6 - الثغرات المتبقية الرئيسية في المعارف وفي مجال بناء القدرات 270
المراجع 271
الفصل 18: التغيرات في التعدين في قاع البحار 273
النقاط الرئيسية 275
1 - مقدمة 275
2 - التغيرات في حجم وأهمية التعدين في قاع البحار 278
3 - الجوانب البيئية 288
4 - الآثار الاقتصادية والاجتماعية 291
5 - الاحتياجات في مجال بناء القدرات 294
المراجع 295
الفصل 19: التغيرات في مجال التنقيب عن المواد الهيدروكربونية واستخراجها 299
النقاط الرئيسية 301
1 - مقدمة 301
2 - التنقيب عن الموارد الهيدروكربونية وإنتاجها في عرض البحر وسحب منصاتها من الخدمة 303
3 - الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتنقيب عن المواد الهيدروكربونية البحرية وإنتاجها وسحب منصاتها من الخدمة 306
4 - الثغرات الرئيسية في المعارف ومجال بناء القدرات 308
5 - دور صناعة الهيدروكربونات البحرية في تيسير صناعة الطاقة البحرية المتجددة 310
6 - خلاصة 311
المراجع 312
الفصل 20: الاتجاهات المتعلقة بالضوضاء البشرية المنشأ الداخلة إلى البيئة البحرية 315
النقاط الرئيسية 317

الصفحة

1 - مقدمة 317
2 - وصف الحالة البيئية 318
3 - وصف العواقب الاقتصادية والاجتماعية والتغيرات الاقتصادية أو الاجتماعية الأخرى 327
4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة 327
5 - آفاق المستقبل 329
6 - الثغرات المعرفية الرئيسية المتبقية 331
7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات 332
المراجع 333

الفصل 21: التطورات في مصادر الطاقة المتجددة 341

النقاط الرئيسية 343
1 - مقدمة 343
2 - حالة الطاقة البحرية المتجددة على مستوى العالم 344
3 - الآثار البيئية المحتملة لتنمية الطاقة البحرية المتجددة 350
4 - المنافع والآثار الاجتماعية - الاقتصادية لنشر الطاقة البحرية المتجددة 354
5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وبناء القدرات 355
6 - الاتجاهات المتوقعة في المستقبل 357
المراجع 358

الفصل 22: الأنواع المُغيرة 365

النقاط الرئيسية 367
1 – مقدمة 367
2 – خط الأساس الموثّق والتغيرات في الأنواع غير الأصلية 369
3 – عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر 370
4 – خطوط الأساس والتغيرات والعواقب الرئيسية المتعلقة بمناطق محددة 372
5 – آفاق المستقبل 378
6 – مسائل أخرى 379
المراجع 380

الفصل 23: التطورات المستجدة في استكشاف الموارد الجينية البحرية واستخدامها 387

النقاط الرئيسية 389
1 – مقدمة 389
2 – الاتجاهات بين عامي 2010 و 2020 390
3 - العواقب والتغيرات الاقتصادية والاجتماعية 394

الصفحة

4 – التطورات المعرفية الرئيسية المتعلقة بمناطق محددة وعواقبها..... 395
5 – الثغرات في بناء القدرات 396
6 – التحديات المنهجية واتجاهات المستقبل 397
7 – الموارد الجينية البحرية وأهداف التنمية المستدامة 399
المراجع..... 400

الفصل 24: الهيدرات البحرية – مسألة ناشئة محتملة..... 405

النقاط الرئيسية 407
1 – مقدمة 407
2 – ما هي الهيدرات البحرية؟ 407
3 – المخاطر المحتملة الناشئة من هيدرات الميثان البحرية 410
4 – الهيدرات البحرية كمصدر للطاقة 412
5 – الفجوات الرئيسية في مجالي المعارف وبناء القدرات 414
6 – آفاق المستقبل..... 415
المراجع..... 415

الفصل 25: الآثار التراكمية..... 419

النقاط الرئيسية 421
1 – مقدمة 421
2 – عمليات تقييم الآثار التراكمية 422
3 – التطبيقات الإقليمية لتقييمات الآثار التراكمية على البيئة البحرية: التوزيع والنُهج 426
4 – آفاق المستقبل..... 431
المراجع..... 437

الجزء السادس: الاتجاهات المتعلقة بالنهج الإدارية المتبعة حيال البيئة البحرية 445

الفصل 26: التطورات في تخطيط الحيز البحري..... 447

النقاط الرئيسية 449
1 – مقدمة 449
2 – أنواع تخطيط الحيز البحري 450
3 – تخطيط الحيز البحري: نهج تدريجي نحو إدارة النظم الإيكولوجية..... 451
4 – أدوات تخطيط الحيز البحري..... 452
5 – التقدم المحرز في تنفيذ تخطيط الحيز البحري 454
المراجع..... 460

الصفحة

الفصل 27: التطورات في نُهُج الإدارة 465

النقاط الرئيسية 467

1 - مقدمة 467

2 - نُهج الإدارة 468

3 - أوجه التقدم في نُهج إدارة المحيطات 473

4 - الأدوات الإدارية المستخدمة لدعم التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه، بما في ذلك بناء القدرة على الصمود 482

5 - المسائل الرئيسية الخاصة بمناطق معينة 484

6 - بناء القدرات 485

7 - الثغرات وآفاق المستقبل 486

8 - آفاق المستقبل 488

المراجع 489

الفصل 28: التطورات في فهم الفوائد الشاملة المتأتية من المحيط إلى البشر 495

النقاط الرئيسية 497

1 - مقدمة 497

2 - الفوائد وتوزيعها 502

3 - الخسائر التي تلحق بالبشر 503

4 - الأخطار المحدقة بخدمات النظم الإيكولوجية للمحيطات 503

5 - حماية المنافع المتأتية من المحيطات من خلال التعاون الإقليمي والدولي وتحسين تنفيذ القانون الدولي على النحو الوارد في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار 504

المراجع 507

المرفقات

المرفق الأول: الأعضاء الأصليون لأفرقة الكتابة التي أقرها المكتب 513

المرفق الثاني: قائمة المراجعين الأقران المعينين لكل فصل 521

الجزء الأول

موجز

الفصل 1
موجز عام

المساهمون: ماريا جواو بيبيانو، وهيلكونيدا كالومبونغ، وسناء شيبة، وكارين إيفانز، وكارلوس غارسيا - سوتو، وعثمان كيه كامارا، وإنريكي مارشوف، وعصام ياسين محمد، وهين أوجافير، وتشول بارك، ويلينيا راندرياناريسوا، ورينيسون روا، وجورن شميدت، وآلان سيمكوك، وأناستازيا ستراتي، وجوشوا توهوموابر، وكا ثانه فو، وجوينغ وانغ، وتايمون زايلنيسكي (فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية).

النقاط الرئيسية

- لا يزال فهم المحيطات يتحسن. فالابتكارات التي تحققت في مجال أجهزة الاستشعار ومنصات الرصد الذاتية التشغيل وسعت بقدر كبير نطاق عمليات رصد المحيطات. واتسع نطاق برامج الرصد الإقليمية مع تَحَسُّن التنسيق والتكامل.
- تحسنت بعض الاستجابات الرامية إلى تخفيف الضغوط الواقعة على المحيطات والتأثيرات المرتبطة بها أو الحد منها وذلك منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات[1]. وهذه الاستجابات تشمل توسيع وتنفيذ أطر الإدارة الرامية إلى حفظ البيئة البحرية، بما يشمل إنشاء مناطق بحرية محمية، والعمل في بعض المناطق على تحسين إدارة التلوث ومصائد الأسماك. غير أن كثيرا من الضغوط الناجمة عن الأنشطة البشرية لا تزال تتسبب في تدهور المحيطات، بما في ذلك تدهور الموائل الهامة، مثل أشجار المانغروف والشعاب المرجانية. وتشمل هذه الضغوط تلك المرتبطة بتغير المناخ؛ والصيد غير المستدام، بما في ذلك الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم؛ وإقحام الأنواع المُغيرة؛ وتلوث الغلاف الجوي الذي يسبب التحمض وفرط المغذيات؛ والمدخلات المفرطة من المغذيات والمواد الخطرة، التي تشمل البلاستيك، وجزيئات البلاستيك الدقيقة، وجزيئات البلاستيك المتناهية الدقة؛ وتزايد كَمّ الضوضاء البشرية المنشأ؛ وسوء الإدارة في تنمية المناطق الساحلية واستخراج الموارد الطبيعية منها.
- لا يزال هناك نقص في التقدير الكَمّيّ للتأثيرات الناجمة عن هذه الضغوط وآثارها التراكمية. وما فتئ الفشل بوجه عام في تحقيق الإدارة المتكاملة للاستخدامات البشرية للسواحل والمحيطات يزيد من المخاطر التي تهدد المنافع التي يستمدها البشر من المحيطات، ومنها ما يتعلق بالسلامة والأمن الغذائيين، وتوفير المواد، وصحة الإنسان ورفاهه، وسلامة السواحل، وصون خدمات النظم الإيكولوجية الرئيسية.
- إن تحسين إدارة الاستخدامات البشرية للمحيطات لكفالة الاستدامة سيتطلب تَحَسُّن التنسيق والتعاون لإتاحة تنمية القدرات في المناطق التي تفتقر إليها، وتحقيق الابتكارات في مجال التكنولوجيا البحرية، وإدماج نظم الرصد المتعددة التخصصات، وتنفيذ الإدارة والتخطيط المتكاملين، وتَحَسُّن سبل الوصول إلى المعارف والتكنولوجيات المتعلقة بالمحيطات وتبادلها.
- تترتب على جائحة مرض فيروس كورونا (كوفيد-19) آثار جسيمة على العديد من الأنشطة البشرية المضطلع بها في المحيطات. ولم تُقيَّم حتى الآن بشكل تام التداعيات الكاملة للجائحة على تفاعلات البشر مع المحيطات.

1 - مقدمة

تغطي المحيطات أكثر من 70 في المائة من سطح كوكب الأرض وتشكل 95 في المائة من الغلاف الحيوي. والتغييرات التي تشهدها المحيطات تُحرِّك نظم الطقس التي تؤثر في النظم الإيكولوجية البرية والبحرية على حد سواء. وتوفر المحيطات ونظمها الإيكولوجية أيضا منافع كبيرة للمجتمع العالمي، من بينها تنظيم المناخ، وحماية السواحل، والغذاء، والعمالة، والاستجمام، والرفاه الثقافي. ويتوقف تحصيل هذه المنافع، إلى حد كبير، على استمرار العمليات الجارية في المحيطات، والتنوع البيولوجي البحري، وخدمات النظم الإيكولوجية ذات الصلة.

[1] United Nations, *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I* (Cambridge, Cambridge University Press, 2017).

ومن منطلق القلق بشأن تدهور حالة المحيطات، أنشأت الدول الأعضاء في الأمم المتحدة، من خلال الجمعية العامة، العملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية. ويتمثل الهدف من العملية المنتظمة في توفير تقييم لحالة المحيطات في العالم، والخدمات التي توفرها والأنشطة البشرية التي تؤثر على حالتها. وأُنجِزَ التقييم العالمي الأول للمحيطات في عام 2015. وخلص التقييم إلى أن أجزاء كثيرة من المحيطات تدهورت بشكل خطير وأن المشاكل التي وصفها، إن لم تُعالَج، ستؤدي إلى حلقة مدمرة من التدهور تفقد فيها المحيطات قدرتها على توفير العديد من المنافع التي يعتمد عليها البشر. وفي إطار العمل المحدد للدورة الثانية من العملية المنتظمة، أُعدت ثلاث خلاصات تقنية بشأن عمليات محددة توجز محتوى التقييم العالمي الأول للمحيطات فيما يتعلق بتغير المناخ، والتنوع البيولوجي في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية، وهدف التنمية المستدامة 14 بشأن الحياة تحت الماء (انظر قرار الجمعية العامة 1/70).

ويتضمن التقييم العالمي الثاني للمحيطات تحديثاً للتقييم العالمي الأول يراعي التطورات والتغييرات التي عُلِمَ بحدوثها منذ عام 2015، ويُكمِّله بوصف المزيد من تفاعلات البشر مع المحيطات. وقد دُوّن الجزء الأعظم من نص التقييم قبل تفشي جائحة كوفيد-19 التي سيستغرق ظهور آثارها الكاملة بعض الوقت. وحسب الاقتضاء، يقدم التقييم العالمي الثاني تقييماً لكيفية مساهمة التطورات والتغيرات التي حدثت منذ صدور التقييم العالمي الأول في تحقيق أهداف التنمية المستدامة ذات الصلة. وتُبَيَّن فيه أيضا التطورات والتغيرات ذات الصلة بالأهداف المجتمعية لعقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (انظر القرار 73/72).

2 - العوامل المحرِّكة

يصف التقييم العالمي الثاني للمحيطات العوامل المحركة باعتبارها التطورات الاجتماعية والديمغرافية والاقتصادية التي تحدث في المجتمعات، بما فيها التغيرات التي تطرأ في أنماط العيش وأنماط الاستهلاك والإنتاج المرتبطة بها التي تفرض ضغوطاً على المحيطات (الفصل 4). وتتسم العلاقات بين العوامل المحركة والضغوط (وتأثيراتها) بالتعقيد والدينامية، حيث تؤدي أوجه الترابط بينها إلى تفاعلات تراكمية. وتتمثل العوامل المحركة التي حُدِّدَت في الفصل 4 فيما يلي:

(أ) **النمو السكاني والتغيرات الديمغرافية** - إذ يستمر تزايد عدد سكان العالم، وإن كان معدل هذه الزيادة قد تباطأ مقارنة بالمعدلات المسجلة في أواخر ستينيات القرن الماضي، وذلك بموازاة مع تزايد معدلات الهجرة الدولية. ويتباين حجم الضغط الذي يفرضه تزايد عدد سكان العالم على البيئة البحرية وفقا لمجموعة من العوامل، منها المكان الذي يعيش فيه الناس والطريقة التي يعيشون بها، وأنماط استهلاكهم، والتكنولوجيات المستخدمة في إنتاج الطاقة والأغذية والمواد وتوفير وسائل النقل وإدارة النفايات؛

(ب) **النشاط الاقتصادي** - فما زالت الاقتصادات تنمو على الصعيد العالمي، وإن كانت وتيرة نموها قد تباطأت بالمقارنة مع الوتيرة المبلغ عنها في التقييم العالمي الأول للمحيطات نتيجة تراجع الصناعات التحويلية والتجارة. وبما أن عدد سكان العالم قد ارتفع، فقد زاد الطلب على السلع والخدمات، واقترن ذلك بزيادات في استهلاك الطاقة واستخدام الموارد. وقد وضعت بلدان كثيرة استراتيجيات لتنمية الاقتصادات القائمة على المحيطات (الاقتصاد الأزرق)، أو هي بصدد وضعها. غير أن ثمة معوقا هاما يعترض

نمو اقتصادات المحيطات وهو التدهور الحالي في صحة المحيطات والضغوط التي تتعرض لها؛

(ج) **التقدم التكنولوجي** – فما زال التقدم في مجال التكنولوجيا يسهم في زيادة الكفاءة وتوسيع الأسواق وتعزيز النمو الاقتصادي. وقد أتاحت الابتكارات تحقيق نتائج متعلقة بالبيئة البحرية منها الإيجابي (مثل زيادة أوجه الكفاءة في توليد الطاقة) ومنها السلبي (مثل قدرات الصيد المفرطة في مصائد الأسماك)؛

(د) **هياكل الحوكمة المتغيرة وعدم الاستقرار الجغرافي السياسي** – فعلى الصعيدين الدولي والوطني، أسهم تَحَسُّن أساليب التعاون وتنفيذ سياسات فعالة عبر بعض المناطق في التقليل من بعض الضغوط المفروضة على المحيطات. لكن النزاعات التي تشهدها بعض المناطق على سبل الوصول إلى الموارد والحدود البحرية يمكن أن تؤدي إلى تقويض السياسات والاتفاقات التي تركز على الاستدامة؛

(هـ) **تغير المناخ** – تواصل ارتفاع انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ، الأمر الذي تسبب في حدوث المزيد من التغيرات المناخية الطويلة الأمد التي ستبقى آثارها الواسعة الانتشار لعدة قرون في جميع أنحاء المحيطات وستؤثر على المحيطات. وقد اعترف مؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ بآثار تغير المناخ في مقرره 1/م أ-21 الذي اعتمد بموجبه اتفاق باريس[2] الرامي إلى تعزيز الاستجابة العالمية للتهديدات الناجمة عن تغير المناخ.

وتأثير هذه العوامل المحركة الخمسة تأثير متفاوت على الصعيد العالمي. فالمجتمعات البشرية غير منتشرة بصورة منتظمة، ومعدل النمو السكاني يتفاوت فيما بين البلدان والمناطق. وقد ظلت أوجه التفاوت بين المناطق الجغرافية في النمو الاقتصادي تتزايد منذ ثمانينيات القرن الماضي. والاختلافات المرتبطة بذلك في مجال التقدم التكنولوجي تعني أن بإمكان بعض البلدان استخراج الموارد من مناطق كان يتعذر الوصول إليها في السابق، ومن ثم احتمال تزايد الضغوط في هذه المناطق. ولا تزال مناطق كثيرة، لا سيما تلك التي توجد فيها أقل البلدان نموا، تفتقر إلى سبل الوصول إلى التكنولوجيات التي يمكن أن تساعد في استخدام الموارد البحرية بصورة مستدامة[3]. وقد تؤدي النزاعات الإقليمية وحالات عدم الاستقرار الجغرافي السياسي إلى عرقلة تنفيذ المعاهدات والاتفاقات العالمية والإقليمية، وبالتالي تؤثر على النمو الاقتصادي ونقل التكنولوجيات وتنفيذ الأطر القائمة لإدارة استخدام المحيطات. والآثار المترتبة على تغير المناخ هي أيضا آثار متفاوتة، حيث ترتفع معدلات الاحترار عن المتوسط العالمي في بعض المناطق، منها المحيط المتجمد الشمالي (الفصل 5).

3 - تنظيف المحيطات

لا يزال غياب المعالجة المناسبة لمياه الصرف الصحي وانبعاث الملوثات الناجمة عن قطاعات الصناعة التحويلية والزراعة والسياحة ومصائد الأسماك والنقل البحري يشكلان ضغطا على المحيطات، مما يؤثر سلبا على الأمن الغذائي وسلامة الأغذية والتنوع البيولوجي البحري.

فالقمامة البحرية، من مواد متناهية الدقة إلى مواد جهرية، تمثل مشكلة أخرى، فهي، إلى جانب ما يسببه وجودها من أضرار، يمكن أن تنقل أيضا الملوثات والأنواع غير الأصلية على مدى مسافات طويلة (الفصول 10 إلى 12).

[2] انظر FCCC/CP/2015/10/Add.1، المقرر 1/م أ-21، المرفق.
[3] ما لم يُذكر خلاف ذلك، تُستخدم صفة "مستدام" و "الاستدامة" بالإشارة إلى جميع الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

3-1 - أوجه الترابط مع أهداف التنمية المستدامة وعقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة

الغاية 14-1 من أهداف التنمية المستدامة:

منع التلوث البحري بجميع أنواعه والحد منه بقدر كبير، ولا سيما التلوث الناجم عن الأنشطة البرية، بما في ذلك الحطام البحري، والتلوث بالمغذيات، بحلول عام 2025

النتيجة المتوخاة في إطار عقد علوم المحيطات:

محيطات نظيفة يتم فيها كشف مصادر التلوث والحد منها أو إزالتها

تنخفض تركيزات بعض الملوثات (مثل الملوثات العضوية الثابتة والفلزات) في بعض المناطق، غير أن المعلومات المتعلقة بالتركيزات غير متجانسة مكانيا. فلا تزال هناك ثغرات معرفية، ليس فيما يتعلق بالملوثات المعترف بها فحسب، بل أيضا فيما يتعلق بالملوثات الناشئة. وفي عدة مناطق، لا تزال الثغرات قائمة في القدرات اللازمة لتطبيق وإنفاذ سياسات متسقة ومتماسكة لمنع وصول مدخلات الملوثات إلى المحيطات والحد منها (الفصول 10 إلى 12 و 20).

ويرد في الجدول 1 الطرق المحددة التي سيساعد بها التقدم نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة في بلوغ الغاية 14-1. وترد في الجدول 2 الطرق المحددة التي سيساعد بها بلوغ هذه الغاية في إحراز تقدم نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة.

3-2 - التلوث بالمغذيات

استمر عموما تزايد مدخلات النيتروجين والفوسفور الناجمة عن الأنشطة البشرية التي تصل إلى النظم الإيكولوجية الساحلية من عمليات التصريف المباشر، والجريان السطحي للمياه، والأنهار، والغلاف الجوي، وإن كان تحسين مراقبة تصريفها يقلل من وصول المدخلات إلى بعض الكتل المائية. وبسبب المدخلات المفرطة من هذه المغذيات، أصبح فرط المغذيات يمثل مشكلة متزايدة وزادت أعداد المناطق المنقوصة الأوكسجين (التي تسمى أحياناً "المناطق الميتة") من أكثر من 400 منطقة في العالم في عام 2008 إلى حوالي 700 منطقة في عام 2019. وتشمل النظم الإيكولوجية الأكثر تأثرا الجزء الشمالي من خليج المكسيك، وبحر البلطيق وبحر الشمال، وخليج البنغال، وبحر الصين الجنوبي وبحر الصين الشرقي. ويُقدَّر أنَّ مدخلات النيتروجين الساحلية البشرية المنشأ ستتضاعف خلال النصف الأول من القرن الحادي والعشرين. وبالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن يتفاقم تناقص الأكسجين من خلال ما يترتب على تغير المناخ من زيادات في درجات حرارة المحيطات وتغيرات في تطبق المياه وفي التيارات البحرية (الفصل 5)، ولا سيما في المناطق الساحلية من أفريقيا، وأمريكا الجنوبية، وجنوب آسيا وجنوبها الشرقي، وأوقيانوسيا (الفصل 10).

3-3 - المواد الخطرة

استمر تزايد التنمية الصناعية وكثافة الزراعة، مما عرّض المحيطات إلى أنواع قائمة وأخرى جديدة من مدخلات المواد الخطرة. وتشمل الأنواع الجديدة من المدخلات المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية والمواد المتناهية الدقة التي لا يمكن إزالتها عن طريق معالجة مياه الصرف في العديد من أنحاء العالم. ويتزايد اكتشاف المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في مختلف المحيطات، بما في ذلك في المحيط المتجمد الشمالي والمحيط الجنوبي. ولوحظ أن عددا من هذه المنتجات يسبب ضررا للنباتات والحيوانات، ولكن نطاق هذا التأثير في الكائنات البحرية غير معروف، وهو ما يعزى أساسا إلى عدم رصدها بشكل عام (الفصل 11).

وعلى الرغم من أن اتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة[4] لها عموماً تأثير إيجابي على التركيزات

[4] United Nations, *Treaty Series*, vol. 2256, No. 40214.

العالمية، فإن الملوثات العضوية الثابتة لا تزال تُكتشَف في المناطق البحرية وفي الأنواع البحرية بعيدا عن مصادر إنتاجها واستخدامها. وقد ثبت أن حتى التركيزات المنخفضة تقلل من فرص نجاح الإنسال في الأنواع البحرية، بما فيها الفقمة التي تعيش في القطب الشمالي. وفي معظم مناطق المحيطات، ثمة نقص في المعلومات المتاحة بشأن الاتجاهات (الفصل 11).

وقد ساهمت اتفاقية ميناماتا بشأن الزئبق[5] عموماً في الحد من تركيزات الزئبق العالمية، حيث تشير الأدلة في معظم المناطق إلى أن مستوى تركيزات الزئبق في المحيطات بدأ يستقر. ومع ذلك، فقد أُبلغ عن زيادة طفيفة في تركيزات بعض الفلزات في كائنات المستويات العليا من السلسلة الغذائية. ومن أجل تقييم اتجاهات تركيز الفلزات على نحو أفضل، يلزم إجراء تحليلات موسعة للسلاسل الزمنية الساحلية على الصعيد العالمي، بما يشمل مستويات المواد الفلزية المتناهية الدقة في المحيطات (الفصل 11).

ولا تزال تركيزات معظم المواد المشعة تتناقص من خلال تحلّل المدخلات القديمة. فلم تقع أي حوادث نووية كبرى منذ عام 2011، ولا تزال عمليات التصريف من منشآت إعادة المعالجة النووية في أوروبا تتناقص بشكل كبير. ويستمر انبعاث النويدات المشعة بكميات أصغر من مفاعلات الطاقة النووية في 30 بلدا (الفصل 11).

وعلى الصعيد العالمي، استمر انخفاض عدد حوادث النقل البحري: ففي الفترة ما بين عامي 2014 و 2018، بلغ المتوسط السنوي لعدد السفن المفقودة التي تزيد حمولتها الإجمالية عن 100 طن 88 سفينة، مقارنةً بالمتوسط السنوي المسجل خلال السنوات الخمس السابقة والبالغ 120 سفينة. ويتحقق حاليا تقدم في الحد من تلوث الهواء الناجم عن السفن. وظل عدد حوادث الانسكاب النفطي منخفضا: فقد بلغ المتوسط السنوي للحوادث التي انسكبت فيها كميات تزيد عن سبعة أطنان من ناقلات نفطية فيما بين عامي 2010 و 2018 ما عدده ستة حوادث، مقارنةً بالمتوسط السنوي المسجل في العقد السابق والبالغ 18 حادثا. وتُطلِق منشآت النفط والغاز البحرية أيضا انبعاثات هيدروكربونية في البيئة البحرية، ولكن التأثيرات الطويلة الأمد لهذه الانبعاثات ما زالت غير معروفة (الفصلان 11 و 19).

3-4 - النفايات الصلبة

لا يوجد تقدير كمي على مستوى العالم لمعظم مدخلات النفايات الصلبة التي تصب في المحيطات (بما فيها القمامة البحرية) من جراء التصريف غير المتعمد للنفايات والإغراق المتعمد لها. ويشكل البلاستيك ما يصل إلى 80 في المائة من القمامة البحرية، حيث تقدر المدخلات البلاستيكية التي تصل سنوياً إلى المحيطات من الأنهار بما يتراوح بين 1,15 و 2,41 مليون طن. وقد سُجِّلَ وجود البلاستيك في أكثر من 1 400 نوع بحري. وتتوافر معلومات أقل عن آثار جزيئات البلاستيك الدقيقة (أي القطع التي يقل حجمها عن 5 ملم) وجزئيات البلاستيك المتناهية الدقة (أي القطع التي يقل حجمها عن 100 نانومتر)، وإن لوحظ أن جزئيات البلاستيك المتناهية الدقة تدخل إلى خلايا الكائنات الحية. وتنتج هاتان الفئتان من البلاستيك عن انحلال جزيئات البلاستيك وعن التصنيع المتعمد (على سبيل المثال، كمكونات في منتجات العناية الشخصية). ولا يزال مستوى إغراق حمأة مياه المجارير والنفايات العضوية وغير العضوية محدودا، حيث يستمر إغراق حمأة مياه المجارير في الانخفاض نتيجة تنفيذ اتفاقية منع تلوث البحار الناجم عن رمي النفايات ومواد أخرى فيها، لعام 1972 (اتفاقية لندن)[6] وبروتوكول عام 1996 الملحق بها[7] والعديد من الاتفاقيات الإقليمية. غير أن نقص الإبلاغ الواجب في إطار هذه الاتفاقات لا يزال مستمرا، مما يترتب عليه عدم يقين بشأن نطاق إغراق النفايات. ولا يزال إغراق الذخائر في البحر يشكل مخاطر منخفضة للنظام الإيكولوجي البحري، وللصيادين (عند اصطيادها

[5] UNEP(DTIE)/Hg/CONF/4، المرفق الثاني. دخلت الاتفاقية حيز النفاذ في 16 آب/أغسطس 2017.
[6] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1046, No. 15749.
[7] دخل بروتوكول لندن حيز النفاذ في 24 آذار/مارس 2006.

في الشباك). غير أن البحوث التي أجريت مؤخرا تشير إلى أن انبعاث مُركَّبات من الذخائر قد يسبب آثارا جينية أو أيضية شبه مميتة في الكائنات البحرية (الفصل 12).

3-5 - الضوضاء

تأتي الضوضاء البشرية المنشأ التي تؤثر في المحيطات من مصادر عديدة (منها السفن، واستكشاف واستخراج النفط والغاز، والأنشطة الصناعية، والسبر بالصدى)، وتختلف باختلاف الزمان والمكان. والمناطق الأكثر تضررا هي تلك التي تشهد استخداماً صناعياً كثيفاً، مثل خليج المكسيك وبحر الشمال والمحيط الأطلسي. وخلافا للعديد من المصادر الأخرى للتلوث البحري، لا تستمر الضوضاء بعد إزالة مصدر الصوت من البيئة. وقد ازداد فهم تأثيرات الضوضاء البشرية المنشأ على التنوع البيولوجي البحري خلال العقدين الماضيين، حيث لوحظت مجموعة من التأثيرات المباشرة وغير المباشرة في عدد من الأنواع التي تتراوح من العوالق الحيوانية إلى الثدييات البحرية. وقد تحسّن فهم هذه التأثيرات بموازاة مع تزايد الاعتراف بالحاجة إلى رصد الضوضاء التي تدخل البيئة البحرية وتحديد تأثيراتها وتقليلها. ولئن كانت بعض الجهود تُبذَل لتقليل الضوضاء الناتجة عن مجموعة متنوعة من المصادر، فإن الاستخدام المتزايد للمحيطات من المرجح أن يقوّض هذه الجهود (الفصل 20).

3-6 - الثغرات الرئيسية في المعارف ومجال بناء القدرات

يلزم بصفة عاجلة إيجاد طرق لتوحيد عمليات رصد الملوثات، بما فيها الضوضاء، وإعداد مجموعات البيانات، حتى يتسنى تقييم الاختلافات المكانية والزمانية في الملوثات وتحديد الأولويات. ويلزم بناء القدرات من أجل تقليل وصول الملوثات إلى المحيطات، ولا سيما من خلال اعتماد أنماط إنتاج أكثر نظافة، وتكنولوجيات أقل إحداثا للضوضاء، وتكنولوجيات لمعالجة مياه الصرف الصحي تكون أرخص وسهلة للنشر. وبغية الحد من ازدواجية الجهود، سيكون من المستصوب إنشاء قاعدة بيانات عامة بشأن المواد الخطرة ووضع أساس مرجعي للضوضاء البيئية من أجل دعم تقييم المخاطر ونمذجتها. وهناك في أجزاء كثيرة من العالم قصور في فهم نطاق التلوث البحري العابر للحدود، وخاصة فيما يتعلق بالملوثات المحمولة جوا؛ ومن ثمّ يلزم توفير بيانات أكثر دقة عن انبعاثاتها وكيفية نقلها. وأخيرا، يلزم التوصل إلى فهم أفضل بكثير لآثار الملوثات، بما في ذلك الضوضاء البشرية المنشأ، على البيئة البحرية (الفصول 10 إلى 12 و 20).

4 - حماية النظم الإيكولوجية البحرية

تنبع التهديدات الرئيسية للنظم الإيكولوجية البحرية من أنشطة بشرية مثل صيد الأسماك، وتربية الأحياء المائية، والنقل البحري، واستخراج الرمال والمعادن، واستغلال النفط والغاز، وتشييد البنية التحتية للطاقة المتجددة، وتطوير البنية التحتية الساحلية، والتلوث، بما يشمل انبعاث غازات الدفيئة.

4-1 - أوجه الترابط مع أهداف التنمية المستدامة وعقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة

الغاية 14-2 من أهداف التنمية المستدامة:

إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها، من أجل تجنب حدوث آثار سلبية كبيرة، بما في ذلك عن طريق تعزيز قدرتها على الصمود، واتخاذ الإجراءات اللازمة لإعادتها إلى ما كانت عليه من أجل تحقيق الصحة والإنتاجية للمحيطات، بحلول عام 2020

الغاية 14-5 من أهداف التنمية المستدامة:

حفظ 10 في المائة على الأقل من المناطق الساحلية والبحرية، بما يتسق مع القانون الوطني والدولي واستنادا إلى أفضل المعلومات العلمية المتاحة، بحلول عام 2020

النتيجة المتوخاة في إطار عقد علوم المحيطات:

محيطات صحية وقادرة على الصمود يتسنى فهم نظمها الإيكولوجية البحرية وحمايتها واستعادتها وإدارتها

لا يزال العديد من الأنواع والموائل البحرية تتأثر سلباً بالضغوط البشرية المنشأ الآخذة في التزايد. (الفصول 6 ألف – زاي، و 7 ألف – فاء؛ وانظر أيضا الفرع 5 أدناه). وثمة تحسن في فهم توزيع الأنواع والموائل وحالتها وكيفية تأثرها بالضغوط البشرية المنشأ. وفي عام 2020، تغطي المناطق البحرية المحمية 18 في المائة من مساحة المحيطات الواقعة ضمن نطاق الولايات القضائية الوطنية، والتي تمثل 8 في المائة تقريبا من المساحة الكلية للمحيطات، في حين أن نسبة 1 في المائة تقريبا من المناطق البحرية الواقعة خارج نطاق الولايات القضائية الوطنية أصبحت مشمولة بإجراءات الحماية (الفصل 27).

وترد في الجدول 1 الطرق المحددة التي سيساعد بها التقدم المحرز نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة في بلوغ الغايتين 14-2 و 14-5. وترد في الجدول 2 الطرق المحددة التي سيساعد بها بلوغ هاتين الغايتين في إحراز تقدم نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة.

وحماية النظم الإيكولوجية البحرية مضمّنة في العديد من الاتفاقات الدولية، مثل اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[8] واتفاقية التنوع البيولوجي[9]، وكذلك في الاتفاقيات الإقليمية والتشريعات الوطنية. وعلى الرغم من أهداف هذه الاتفاقات والاتفاقيات، لا تزال حالة العديد من الأنواع والموائل البحرية تتدهور على الصعيد العالمي، الأمر الذي يعرض أداء النظم الإيكولوجية للخطر. وبالإضافة إلى ذلك، يؤدي تغير المناخ إلى احترار المحيطات وتحمضها وحدوث تغيرات في دورانها ووجود تركيزات من الأكسجين المذاب فيها وتضخيم دورة الماء بها. ونتيجة لذلك، بات نقل المغذيات المرتبطة بالإنتاجية الأولية من المياه السطحية إلى أعماق البحار في تراجع. وعلى الصعيد العالمي، جُلِبَ حوالي 000 2 نوع من الأنواع البحرية إلى مواقع خارج نطاقها الطبيعي نتيجة الأنشطة البشرية (الفصول 5 و 6 ألف – زاي، و 7 ألف – فاء، و 22).

وينصب تركيز العديد من أطر الإدارة الرامية إلى حماية النظم الإيكولوجية البحرية على قطاع معين، ومن ثم يمكن أن تتباين أهدافها المتعلقة بحماية البيئة البحرية من قطاع إلى آخر. ويمكن أن تختلف أدوات الإدارة المستخدمة استنادا إلى المناطق (مثل المناطق البحرية المحمية، وحال توقف صيد الأسماك) أو دون الاستناد إلى المناطق (مثل ضوابط الانبعاثات العالمية، وضوابط كمية المصيد والجهد المبذول في الصيد، والقيود التقنية). وتبتعد نهج الإدارة أكثر فأكثر عن التركيز على الاستخدام القطاعي لتتجه إلى إدماج روابط متنوعة بين الجوانب الإيكولوجية والجوانب الاجتماعية والاقتصادية والثقافية. فنهج النظم الإيكولوجية يدمج الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية على الصعيد العالمي أو الإقليمي أو الوطني أو المحلي. والمعلومات الثقافية بدأت تشكل جزءا لا يتجزأ من أطر الإدارة، سواء في سياق الإدارة القائمة على المجتمعات المحلية، أو من أجل حماية البعد الثقافي للبيئة البحرية. ويمكن أن تكون هذه المعلومات متنوعة وغير ملموسة، مثل استخدام الموارد البحرية التقليدية، والمسارات البحرية، والمهارات الملاحية القديمة، والهويات البحرية، والأساطير، والطقوس، والمعتقدات والممارسات، والصفات الجمالية والملهمة، والتراث الثقافي، والأماكن ذات الأهمية الروحية والمواقع المقدسة و/أو الدينية (الفصل 27).

وفي بعض المناطق، وخاصة في جنوب شرق آسيا، يجري الأخذ بنهج "تنمية البنية التحتية الزرقاء"، وكذلك نُهج مثل الحلول القائمة على الطبيعة، في محاولة لمواءمة

[8] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1833, No. 31363.

[9] المرجع نفسه، المجلد 1760، الرقم 30619.

تنمية السواحل وحمايتها مع حماية الموائل والنظم الإيكولوجية (الفصول 8 ألف و 13 و 14).

4-2 - النظم الإيكولوجية الساحلية

على الرغم من الزيادات في عدد المناطق البحرية المحمية وتوسيع قائمة المواقع التي تندرج ضمن اتفاقية رامسار[10]، فإن أشجار المانغروف (عدا في البحر الأحمر) ومروج الأعشاب البحرية (لا سيما في جنوب شرق آسيا) لا تزال في انخفاض، حيث تم تحديد 19 في المائة من أشجار المانغروف و 21 في المائة من أنواع الأعشاب البحرية باعتبارها شبه معرضة للانقراض. وتؤثر آثار احترار المحيطات والأنشطة البشرية مجتمعةً بشكل متزايد على الشعاب المرجانية المدارية وشبه المدارية وغابات طحالب الكيلب على الصعيد العالمي. وفي السنوات الأخيرة، تعرضت الشعاب المرجانية لظواهر تبييض جماعي على أساس سنوي، في حين تأثرت غابات طحالب الكيلب بموجات الحر البحرية (الفصل 9)، مما تسبب في خسائر متسارعة (الفصول 6 زاي و 7 دال و 7 حاء).

وإجمالا، فإن نحو 6 في المائة من أنواع الأسماك المعروفة، وحوالي 30 في المائة من أنواع الأسماك من صُفيحيات الخياشيم، مصنفة باعتبارها شبه معرضة للانقراض أو معرضة للانقراض. وعلى الصعيد العالمي، تتباين حالة الثدييات البحرية، حيث إن 75 في المائة من الأنواع في بعض المجموعات (الخيلانيات، والدلافين في المياه العذبة، والدببة القطبية، وقضاعة البحر) هي أنواع مصنفة باعتبارها معرضة للانقراض أو مهددة بالانقراض أو مهددة بشدة بالانقراض. وثمة العديد من أنواع الحيتان الكبيرة التي تتعافى حاليا من ممارسات الصيد الماضية نتيجة لتدابير الحظر والأنظمة المفروضة في مجال الصيد التجاري وخطط الإنعاش الوطنية. وتتفاوت حالة حفظ الزواحف البحرية تفاوتا كبيرا: فقد ساهمت إجراءات الحماية في مناطق معينة في تزايد مجموعات بعض الأنواع؛ بينما تناقصت المجموعات في مناطق أخرى بسبب استمرار أو تزايد التهديدات. وقد ساءت حالة حفظ الطيور البحرية على الصعيد العالمي، حيث أصبح أكثر من 30 في المائة من الأنواع الآن مصنفة باعتبارها معرضة للانقراض أو مهددة بالانقراض أو مهددة بشدة بالانقراض (الفصل 6 جيم - واو).

4-3 - النظم الإيكولوجية في المحيطات المفتوحة وأعماق البحار[11]

لا تزال المحيطات المفتوحة تتأثر باحترار المحيطات، وتحمضها، وتناقص كمية الأكسجين فيها، والتلوث البحري بها. ويبدو أن المدخلات من المغذيات المستمدة من نهر الأمازون والتي حملها ارتفاع مياه القاع إلى المياه السطحية قبالة ساحل غرب أفريقيا قد غذت التكاثر الطحلبي الضخم من السرغس العائم: فقد بدأ التكاثر الطحلبي البالغ 20 مليون طن في التكوّن في عام 2011 في المحيط الأطلسي الاستوائي، وبحلول عام 2018، كان قد امتد ليغطي مساحة 850 8 كيلومترا عبر تلك المنطقة (الفصول 7 نون و 10 و 12).

وقد ازداد فهم توزيع الشعاب المرجانية في المياه الباردة، ومن المعروف أنها تتكون على امتداد الحواف القارية، والمرتفعات المتطاولة في منتصف المحيطات، والجبال البحرية في جميع أنحاء العالم. ولا تزال هي وغيرها من المعالم في أعماق البحار (الجبال البحرية والقمم والمرتفعات والخنادق والمنافث الحرارية المائية وفتحات النز البارد) مهددة من جراء الصيد وعمليات التنقيب عن النفط في البحار والتعدين في أعماق البحار والتلوث، بما في ذلك النفايات البلاستيكية، وبدرجة أقل من جراء تغير المناخ. وقد أدت بعض الجهود الرامية إلى كبح استخدام شباك الجر في قاع البحار، وإنشاء مناطق بحرية محمية حيث توجد شعاب المياه الباردة، إلى التمكن جزئيا من استعادة بعض التجمعات المرجانية المتضررة في المياه الباردة. ومع ذلك، يمكن أن يستغرق

[10] انظر: اتفاقية الأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية وخاصة بوصفها موئلًا للطيور المائية (United Nations, *Treaty Series*, vol. 996, No. 14583).

[11] انظر الفصل ٢، الفرع ٤، للاطلاع على تعريف مصطلحي "المحيطات المفتوحة" (open ocean) و "البحار العميقة" (deep sea).

تعافي هذه الموائل عقودا أو حتى قرونا، مما يجعل من الصعب تحديد اتجاهات التحسن (الفصول 7 هاء و 7 لام و 7 سين و7 عين).

4-4 - الثغرات الرئيسية في المعارف ومجال بناء القدرات

يجري منذ عام 2015، تحديد الأنواع الجديدة بمعدل نوع جديد واحد من الأسماك في الأسبوع، وهو ما يبرز حجم الأنواع المتبقية التي يتعين اكتشافها. وعلى الرغم من تحسن المعرفة بشأن تكوين النظم الإيكولوجية وأدائها منذ إصدار التقييم العالمي الأول، لا تزال هناك ثغرات، لا سيما فيما يتعلق بالنظم الإيكولوجية في أعماق البحار وأنواع العوالق البحرية والقاعية في المحيطات المفتوحة. ولا تزال هناك ثغرات أيضا في فهم الحالة البيولوجية والإيكولوجية للأنواع الساحلية، ولا سيما في المياه الإقليمية للبلدان النامية. ولا يوجد هيكل جيد التنظيم لدراسة حوالي 2 000 نوع من الأنواع غير الأصلية التي انتشرت في مناطق جديدة نتيجة للأنشطة البشرية وتأثيراتها على النظم الإيكولوجية الطبيعية. وجرى تقييم حالة حفظ أقل من 1 في المائة من أنواع الطحالب البحرية الكبيرة (الفصول 6 ألف - جيم و 6 زاي و 7 نون و 22).

وعلى الرغم من الاعتراف بنهج النظام الإيكولوجي على نطاق واسع بوصفه إطارا فعالا لإدارة الآثار البشرية، فإن هناك حاجة إلى مزيد من البحوث وبناء القدرات لتحقيق كامل إمكاناته في محيطات العالم. وفي العديد من المناطق، هناك نقص في المعلومات اللازمة لتحديد الروابط بين الأسباب والآثار الإيكولوجية من أجل موازنتها على أساس الأولويات الاجتماعية والاقتصادية في سياق اتخاذ القرارات. وسيساعد تعزيز التعاون في مجال الرصد على تقاسم القدرات عبر القطاعات والمؤسسات، وسيحقق أيضا المزيد من الكفاءة في الرصد والبيانات والمعلومات. ومن ثم فإن زيادة القدرة على فهم نُهج الإدارة وتنفيذها سوف يدعم الحكومات وأصحاب المصلحة الآخرين في فهم الخيارات المتاحة لإدارة المناطق البحرية وحوكمتها (الفصل 27).

5 - فهم المحيطات من أجل الإدارة المستدامة

لا يمكن تحقيق الاستخدام المستدام للمحيطات قبل اكتساب فهم عميق لعمليات المحيطات وأدائها، وكذلك المعرفة المتسقة بآثار الأنشطة البشرية على المحيطات (الفصلان 8 ألف و 27).

1-5 - أوجه الترابط مع أهداف التنمية المستدامة وعقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة

الغاية 14-3 من أهداف التنمية المستدامة:

تقليل تحمض المحيطات إلى أدنى حد ومعالجة آثاره، بما في ذلك من خلال تعزيز التعاون العلمي على جميع المستويات

الغاية 14-أ من أهداف التنمية المستدامة:

زيادة المعارف العلمية، وتطوير قدرات البحث، ونقل التكنولوجيا البحرية، مع مراعاة معايير اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية ومبادئها التوجيهية المتعلقة بنقل التكنولوجيا البحرية، من أجل تحسين صحة المحيطات، وتعزيز إسهام التنوع البيولوجي البحري في تنمية البلدان النامية، ولا سيما الدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا

النتيجة المتوخاة من عقد علوم المحيطات:

إيجاد محيطات يمكن التنبؤ بحالتها بحيث تفهم المجتمعات ظروفها المتغيرة وتستطيع أن تستجيب لها

النتيجة المتوخاة من عقد علوم المحيطات:

إيجاد محيطات يسهل الوصول إليها، مع إمكانية الحصول على البيانات والمعلومات والتكنولوجيا والابتكارات بشكل مفتوح ومنصف

النتيجة المتوخاة من عقد علوم المحيطات:

إيجاد محيطات ملهمة وجذابة بحيث تفهمها المجتمعات وتثمن قيمتها من حيث تحقيق الرفاه البشري والتنمية المستدامة

يتواصل إدخال ثاني أكسيد الكربون إلى المحيطات، وإن كان ذلك بطريقة غير منتظمة، مما يؤدي إلى تحمض المحيطات. وإلى جانب الضغوط الأخرى، يؤثر ذلك سلبا على طائفة واسعة من الكائنات الحية، ولا سيما تلك التي تشكل أصداف كربونات الكالسيوم، وهو ما يمكن أن يؤدي إلى تغيير التنوع البيولوجي وهيكل النظام الإيكولوجي. ويزيد تحمض المحيطات، بالاقتران مع ارتفاع درجات الحرارة وارتفاع مستويات سطح البحر، وتناقص الأكسجين في المحيطات، وتزايد الأحداث المناخية القصوى، من تهديد الإمداد بالسلع والخدمات التي توفرها النظم الإيكولوجية الساحلية (الفصلان 5 و 9).

ويزداد بسرعة أكبر الفهم العلمي للمحيطات وأدائها والآثار المترتبة عليها. غير أنه لا تزال هناك ثغرات في المعارف ومجال بناء القدرات في أجزاء كثيرة من المحيطات، ولا سيما في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية. والتحديد الكمي للآثار التراكمية للضغوط على المحيطات أمرٌ حديث النشأة، وكذلك التحديد الكمي للمؤشرات الشاملة والموحدة لصحة المحيطات. ولا تزال القدرة على تمكين الناس من الوصول إلى الفهم العلمي واستخدامه شرط ضروري من أجل تطبيق نُهج متكاملة لإدارة الآثار البشرية على المحيطات (الفصول 3 و 25 و 27).

وترد في الجدول 1 الطرق المحددة التي سيساعد بها التقدم المحرز نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة في بلوغ الغايتين 14-3 و 14-أ، وترد في الجدول 2 الطرق المحددة التي سيساعد بها بلوغ هاتين الغايتين في إحراز تقدم نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة.

5-2 - الفهم العلمي على الصعيد العالمي

أتاحت الابتكارات التي تحققت في مجالي التكنولوجيا والهندسة فيما يتعلق بأجهزة الاستشعار ومنصات الرصد الذاتية التشغيل جمع بيانات المحيطات بدرجة عالية من الاستبانة المكانية والزمنية، ووسعت نطاق عمليات الرصد تلك لتشمل مناطق نائية. وبدورها تساهم أجهزة الاستشعار التي تتسم بالفعالية من حيث التكلفة وبسهولة الاستخدام، إلى جانب تطبيقات الأجهزة المحمولة، وتعزيز مشاركة المواطنين ونشر أجهزة الاستشعار على متن السفن غير العلمية، في توسيع نطاق عمليات جمع الملاحظات المتعلقة بالمحيطات. وقد أدت تلك التطورات إلى زيادة فهم النظم الفيزيائية والكيميائية الأرضية الأحيائية في المحيطات، وكيفية تغير المحيط تبعا لتغير المناخ، وكذلك إلى تعزيز القدرات في مجال نمذجة المحيطات على النطاقين العالمي والإقليمي (الفصلان 3 و 5).

وقد ساهم تعزيز الربط الشبكي وتنسيق برامج الرصد الإقليمية في زيادة تطوير عمليات الرصد العالمية للمحيطات ضمن نظام متكامل. ويجري أيضاً وضع معايير أساليب الرصد و/أو مواءمتها من خلال مبادرات دولية. وأنشئت أيضا منابر لتبادل أفضل الممارسات في رصد المحيطات وتشاطر البيانات وإقامة الحوارات المجتمعية بهدف تحسين الاستخدام الفعال لبيانات المحيطات لما فيه صالح المجتمع (الفصل 3).

5-3 - الإدارة المستدامة

على مدى العقدين الماضيين، وُضع العديد من الأطر من أجل تقييم التفاعلات بين الأنشطة البشرية والأحداث الطبيعية ("الآثار التراكمية")، باستخدام نُهج ومصطلحات مختلفة، وجرى تطبيقها على نطاقات مختلفة. وهي تشمل، إلى جانب تقييمات أخرى للبيئة، تقييمات الأثر البيئي والتقييمات البيئية الاستراتيجية، وتشكل أدوات مفيدة يُسترشد بها في التخطيط المكاني البحري وإدارة الموارد البحرية (الفصول 25 إلى 27).

ويشمل كل من التخطيط المكاني البحري وأطر الإدارة طائفة من العمليات، ولكن هدفهما الموحد يتمثل في تحديد مستخدمي البيئة البحرية، والتخطيط لأنشطة هؤلاء المستخدمين، وتنفيذ شكل من أشكال التنظيم لهذا الاستخدام لضمان الاستدامة. وبوجه عام، تم تطوير التخطيط المكاني البحري بأقصى قدر من الفعالية بمشاركة جميع السلطات المعنية وأصحاب المصلحة، وشمل منظورات اقتصادية وبيئية واجتماعية. ويُعترف بصورة متزايدة في أطر الإدارة بالمنظورات الاجتماعية والقيم الاجتماعية والثقافية، ولكن التوفيق بين القيم المتعددة وغير المتجانسة يشكل تحديا. وتتسنى معالجة القيم المتعددة على أفضل وجه بإشراك المجتمعات المتضررة، ومن ثم الحاجة إلى الاعتراف بالإدارة المجتمعية التي تراعي الأبعاد الثقافية للبحار في إطار نُهج النظام الإيكولوجي في الإدارة. وقد أدى الفهم المتزايد للحقوق والحيازات والاستخدامات التقليدية والعرفية الأصلية لبيئات البحار الشاطئية إلى حفز الاعتراف بنقاط القوة في الإدارة المجتمعية. والثقافة يمكن أن يكون لها تأثير قوي، سواء بوصفها عاملاً يتعين إدارته ورصده، أو كأساس يمكن أن تستند إليه نهج النظام الإيكولوجي التي تُدمج الإدارة في سياق التنمية المستدامة (الفصلان 26 و 27).

5-4 - الثغرات الرئيسية في المعارف ومجال بناء القدرات

لا تزال هناك تفاوتات على الصعيد العالمي في المعارف التي من شأنها دعم الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية. ومعظم البحوث والمعلومات المتاحة (استنادا إلى عدد المنشورات) تتعلق بشمال المحيط الأطلسي وشمال المحيط الهادئ والمحيط المتجمد الشمالي. وتحد التفاوتات في البنى الأساسية والقدرات المهنية من البحوث المتعلقة بالمحيطات، مما يؤدي إلى تفاوتات إقليمية ووطنية في الفهم العلمي. ومن أجل تحسين رصد التغيرات الهامة التي تطرأ في البيئات الفيزيائية والكيميائية الأرضية الأحيائية وتأثيراتها على النظم الإيكولوجية والمجتمع، يلزم تعزيز التكامل بين نظم الرصد المتعددة التخصصات وتحسين النماذج. ويلزم أيضا الابتكار في استراتيجيات التمويل للحفاظ على هذه النظم (الفصل 3).

وتركز تقييمات الآثار التراكمية في معظمها على الأنشطة القائمة والسابقة في البيئة البحرية. وبالمثل، نُفذ قدر كبير من التخطيط المكاني البحري في المناطق التي لا تزال الأنشطة فيها جارية، كما أن العديد من أطر الإدارة تطبق على الأنشطة الحالية المتعلقة باستخراج الموارد واستخدامها، مما يجعلها ذات أثر رجعي بطبيعتها. وهناك حاجة إلى تقييمات تسمح باستطلاع المستقبل، من أجل الاسترشاد بها في تخطيط الأنشطة المستقبلية ودعم الإدارة التي تتكيّف مع الظروف المستقبلية، وتحافظ على النظم الإيكولوجية والرفاه البشري. وتطوير هذه النُهج ليس أمراً بسيطاً، ويتطلب جهداً كبيراً. ومن الضروري زيادة القدرات في مجال التعاون عبر الحدود، وتعزيز القدرة على وضع السياسات العلمية، وزيادة التنسيق بين العلوم الاجتماعية والطبيعية، وبين العلم والمجتمع المدني، بما في ذلك الصناعة والاعتراف بأهمية المعارف التقليدية والثقافة والتاريخ الاجتماعي لدعم الإدارة الكلية (الفصول 25 إلى 27).

6 - تعزيز السلامة من أخطار المحيطات

هناك مجموعة واسعة من الأحداث التي تجري في أعماق المحيطات وفوقها، تهدد أولئك الذين يعيشون بالقرب منها أو يعملون فوقها أو يعتمدون عليها من أجل الحصول على الغذاء. ومن أمثلة هذه الأحداث الأمواج السنامية، والمد العاصفي، والأمواج العاتية، والزوابع، والأعاصير، والأعاصير المدارية، والفيضانات الساحلية، والتحات، وموجات الحر البحرية، وتكاثر الطحالب الضارة. وتؤدي المحيطات دورا هاما في دفع

التقلبات الهيدرولوجية، مثل فترات الجفاف والمطر فوق الأرض، على مقاييس زمنية تتراوح بين فترات داخل الموسم الواحد وفترات تمتد من سنة إلى أخرى (وفترات أطول من ذلك) (الفصل 9). وهذه الأحداث، إلى جانب مختلف آثار المواد الخطرة والمغذيات المفرطة، تنطوي على إمكانية تهديد الأمن الغذائي وإعاقة التنمية الاقتصادية المستدامة.

6-1 - أوجه الترابط مع أهداف التنمية المستدامة وعقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة

الغاية 14-1 من أهداف التنمية المستدامة:

منع التلوث البحري بجميع أنواعه والحد منه بقدر كبير، ولا سيما التلوث الناجم عن الأنشطة البرية، بما في ذلك الحطام البحري، والتلوث بالمغذيات، بحلول عام 2025

الغاية 14-3 من أهداف التنمية المستدامة:

تقليل تحمض المحيطات إلى أدنى حد ومعالجة آثاره، بما في ذلك من خلال تعزيز التعاون العلمي على جميع المستويات

النتيجة المتوخاة من عقد علوم المحيطات:

إيجاد محيطات آمنة تكون فيها الحياة وسبل كسب العيش محمية من الأخطار المتصلة بالمحيطات

تزداد موجات الحر البحرية والأعاصير المدارية والأعاصير والزوابع من حيث تواترها وشدتها نتيجة لتغير المناخ، ولكن يمكن الحد من هذه الزيادة بفضل الجهود المبذولة للتخفيف من آثار تغير المناخ. وكما ذكر أعلاه، فإن المحيطات تدفع أيضا التقلبات الهيدرولوجية فوق الأرض. ويؤدي بناء السدود والخزانات، في بعض المناطق، إلى خفض إمدادات الرواسب إلى الساحل بأكثر من 50 في المائة، مما يؤدي إلى تحات الدلتات والسواحل المتلاصقة. ونتيجة للتلوث بالمغذيات، أصبح تكاثر الطحالب الضارة أكثر تواترا. ولا يزال يتزايد عدد الملوثات في المحيطات، وبالتالي ما فتئت الخلائط التي تتعرض لها الكائنات الحية والتي تندمج في النظم الغذائية تزداد تعقيدا (الفصول 9 إلى 11 و 13).

وترد في الجدول 1 الطرق المحددة التي سيساعد بها التقدم المحرز نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة في بلوغ الغايتين 14-1 و 14-3، وترد في الجدول 2 الطرق المحددة التي سيساعد بها بلوغ هاتين الغايتين في إحراز تقدم نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة.

6-2 - الأخطار الناجمة عن المحيطات

بالإضافة إلى التهديدات المستمرة التي تشكلها ظواهر مثل الأمواج السنامية، فإن تغير المناخ يؤثر بشكل متزايد على المناطق والمجتمعات المحلية المرتبطة بها التي لم تتعرض من قبل لارتفاع مستوى سطح البحر. ويمكن أن تؤدي هذه الزيادات أيضا إلى تفاقم التحات الساحلي. وفي العقود الأخيرة، ازدادت نسبة التهطال والرياح والأحداث القصوى ذات الصلة بمستوى سطح البحر والمرتبطة بالأعاصير المدارية، كما ازدادت النسبة السنوية العالمية من الأعاصير المدارية من الفئة 4 أو 5. وهناك مخاطر متزايدة تهدد المواقع التي لم تتعرض تاريخيا للعواصف بسبب سلك العواصف مسارات غير مسبوقة. وقد ثبت أن إدارة المخاطر الناجمة عن تغير مسارات العواصف وشدتها مهمة صعبة بسبب صعوبات الإنذار المبكر وعزوف السكان المتضررين عن الاستجابة (الفصلان 9 و 13).

وعلى مدى العقدين الماضيين، أثرت موجات الحر البحرية سلبا على الكائنات البحرية والنظم الإيكولوجية في جميع أحواض المحيطات. ومن المتوقع أن تزيد هذه الأحداث من حيث تواترها ومدتها ونطاقها المكاني وكثافتها في ظل الاحترار العالمي في المستقبل، وهو ما سيستنفد قدرة بعض الكائنات البحرية ومصائد الأسماك والنظم الإيكولوجية على الصمود، مع ما يترتب على ذلك من تأثي متتالية على الاقتصادات والمجتمعات. وتنشأ مشاكل متزايدة عن التحات الساحلي، الذي يدفعه، على سبيل المثال، انخفاض إمدادات الرواسب النهرية إلى الساحل بسبب تغير إدارة الأنهار، والتعدين الرملي في المناطق

الساحلية، وحجز الرواسب الشاطئية بواسطة الهياكل الساحلية. وتتفاقم هذه المشاكل من جراء التغييرات التي تطرأ في ملامح المناطق الساحلية بعد تدمير أشجار المانغروف والمستنقعات المالحة والجزر الحاجزة. وزادت مدخلات النيتروجين والفوسفور في النظم الإيكولوجية الساحلية عن طريق الجريان السطحي النهري والترسب الجوي بسبب استخدام الأسمدة الاصطناعية واحتراق الوقود الأحفوري والمدخلات المباشرة للنفايات البلدية. ويؤدي ذلك إلى زيادة في تكاثر الطحالب الضارة، بما في ذلك ظواهر تكاثر الطحالب السامة، التي يمكن أن تؤدي، في جملة أمور، إلى أن تسمم الصدفيات والأسماك، مما يسبب الشلل وأمراض أخرى لدى البشر (الفصول 9 و 10 و 13).

3-6 - الثغرات الرئيسية في المعارف ومجال بناء القدرات

إن تحسين فهم المحيط وترابطه مع الغلاف الجوي من الأمور الضرورية لتحسين سلامة الإنسان من الظواهر الجوية القصوى. وبالمثل، يلزم فهم أفضل لحجم التلوث والديناميات الساحلية ومدى تطورها وتوزيعها. ويحدد إطار سنداي للحد من مخاطر الكوارث للفترة 2015-2030[12] الحاجة إلى تعزيز ومواءمة نظم الإنذار للحد من المخاطر المرتبطة بأخطار المحيطات. وينبغي إحراز تقدم في نظم التنبؤ بالأخطار، وتوسيع نطاق التخطيط والإنذارات في حالات الطوارئ، وتنفيذ أطر التأهب لكفالة استجابة سريعة للمجتمعات المتضررة. ويلزم وجود نظم متكاملة تسمح بالتنبؤ بالأخطار المتعددة وكشفها والتصدي لها (الفصول 9 إلى 14).

7 - الغذاء المستدام المستمد من المحيطات

يوفر البروتين الحيواني المستمد من البحار نحو 17 في المائة من جميع البروتينات الحيوانية التي يستهلكها البشر، ويدعم نحو 12 في المائة من سبل عيش الإنسان. ويُستمد هذا البروتين إلى حد كبير من مصائد الأسماك الطبيعية، وإن كانت مساهمة تربية الأحياء المائية في الأمن الغذائي تتزايد بسرعة، وهي تنطوي على إمكانات للنمو تفوق تلك التي تنطوي عليها مصائد الأسماك. وتضع ممارسات الصيد ضغوطا متعددة على البيئة البحرية في العديد من المناطق، كما أن التوسع في تربية الأحياء المائية يفرض ضغوطا جديدة أو متزايدة على النظم الإيكولوجية البحرية، لا سيما في المناطق الساحلية (الفصول 15 إلى 17).

1-7 - أوجه الترابط مع أهداف التنمية المستدامة وعقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة

الغاية 14-4 من أهداف التنمية المستدامة:

تنظيم الصيد على نحو فعال، وإنهاء الصيد المفرط والصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم وممارسات الصيد المدمرة، وتنفيذ خطط إدارة قائمة على العلم، من أجل إعادة الأرصدة السمكية إلى ما كانت عليه في أقرب وقت ممكن، لتصل على الأقل إلى المستويات التي يمكن أن تتيح إنتاج أقصى غلة مستدامة وفقا لما تحدده خصائصها البيولوجية، بحلول عام 2020

الغاية 14-6 من أهداف التنمية المستدامة:

حظر بعض أشكال الإعانات المقدمة لمصائد الأسماك التي تسهم في الإفراط في قدرات الصيد وفي صيد الأسماك، وإلغاء الإعانات التي تساهم في الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، والإحجام عن استحداث إعانات جديدة من هذا

[12] قرار الجمعية العامة 69/283، المرفق الثاني.

القبيل، مع التسليم بأن المعاملة الخاصة والتفضيلية الملائمة والفعالة للبلدان النامية وأقل البلدان نموا ينبغي أن تكون جزءا لا يتجزأ من مفاوضات منظمة التجارة العالمية بشأن الإعانات المخصصة لمصائد الأسماك[13]، بحلول عام 2020

الغاية 14-7 من أهداف التنمية المستدامة:

زيادة الفوائد الاقتصادية التي تتحقق للدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا من الاستخدام المستدام للموارد البحرية، بما في ذلك من خلال الإدارة المستدامة لمصائد الأسماك، وتربية الأحياء المائية، والسياحة، بحلول عام 2030

الغاية 14-ب من أهداف التنمية المستدامة:

توفير إمكانية وصول صغار الصيادين الحرفيين إلى الموارد البحرية والأسواق

النتيجة المتوخاة: عقد علوم المحيطات:

إيجاد محيطات منتجة تدعم الإمدادات الغذائية المستدامة واقتصاد المحيطات المستدام

وترد في الجدول 1 الطرق المحددة التي سيساعد بها التقدم نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة في بلوغ الغايات 14-4 و 14-6 و 14-7 و 14-ب، وترد في الجدول 2 الطرق المحددة التي سيساعد بها بلوغ هذه الغايات في التقدم المحرز نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة.

7-2 - صيد الأسماك البحرية

زادت الكمية التقديرية لعمليات تفريغ مصائد الأسماك البحرية على الصعيد العالمي بنسبة 3 في المائة لتصل إلى 80,6 مليون طن، بقيمة 127 بليون دولار (بأسعار عام 2017) بين عامي 2012 و 2017. ويصنف نحو 33 في المائة من الأرصدة السمكية في العالم، ولا سيما في المستويات العليا من السلسلة الغذائية، على أنها مصيدة بمستويات غير مستدامة من الناحية البيولوجية، مع صيد ما يقرب من 60 في المائة من الأرصدة السمكية بأقصى قدر من الاستدامة[14] ولا تزال استدامة العديد من مصائد الأسماك في العالم متعثرة بسبب الاستغلال المفرط، وقدرات الصيد المفرطة، والإدارة غير الفعالة، والإعانات الضارة، والصيد العرضي، ولا سيما الأنواع المهددة والمعرضة للانقراض والمحمية، والصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، مع استمرار تدهور الموائل وفقدان الأعتدة مما يفرض مزيدا من الضغوط على البيئة البحرية. ويقدر أن الصيد المفرط أدى إلى خسارة سنوية قدرها 88,9 بليون دولار في صافي الأرباح. ولا تزال أسواق الأسماك تشهد عولمة متسارعة، مما يزيد من هشاشة مصائد الأسماك الصغيرة النطاق في مواجهة استنفاد الأرصدة السمكية الهامة على الصعيد المحلي. واستمرت المفاوضات الجارية تحت رعاية منظمة التجارة العالمية بشأن تخفيض الإعانات الضارة المقدمة لمصائد الأسماك، وإن لم يتم التوصل بعد إلى اتفاق قاطع. ووقع أقل من 40 في المائة من الدول على الاتفاق بشأن التدابير التي تتخذها دولة الميناء لمنع الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم وردعه والقضاء عليه[15] لعام 2009. وقد حددت منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة في المبادئ التوجيهية الطوعية لتأمين مصائد الأسماك المستدامة الصغيرة النطاق في سياق الأمن الغذائي والقضاء على الفقر سبل تطبيق تكنولوجيا المعلومات للمساعدة على توسيع نطاق الفرص المتاحة لمصائد الأسماك الصغيرة النطاق في مجالات مثل السلامة، وتبادل المعارف المحلية، وبناء القدرات، والحوكمة، كما أن الاستخدام المتزايد لنُهج حقوق الإنسان يتيح فرصا لتمكين هذه المصائد (الفصل 15).

ومن الأمور الواعدة ما تبين من أن التقييمات العلمية للأرصدة وأساليب إدارتها تؤدي إلى نتائج أكثر استدامة في عدد من المناطق. ويجري حاليا تطبيق نُهج جديدة في بعض المناطق لتحديد الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم. وقد أظهرت البحوث التي أجريت مؤخرا أنه في حال توافر هياكل الحوكمة الملائمة، يمكن أن يقل متوسط الوقت اللازم لتجديد الأرصدة التي تعرضت

[13] مع مراعاة المفاوضات الجارية في إطار منظمة التجارة العالمية، وخطة الدوحة للتنمية، والولاية المنصوص عليها في الإعلان الوزاري لهونغ كونغ.
[14] تُستخدم عبارة "الصيد بأقصى قدر من الاستدامة" هنا بالمعنى الموضح في الفصل 15.
[15] Food and Agriculture Organization of the United Nations, document C 2009/REP and Corr.1–3, appendix E.

للصيد المفرط عن 10 سنوات، وإذا ما نُفذت الإصلاحات اللازمة، فإن 98 في المائة من الأرصدة التي أُفرط في صيدها يمكن أن تُعتبر سليمة بحلول منتصف القرن الحادي والعشرين.

ومن المتوقع أن تشمل آثار تغير المناخ زيادة في حدة الأخطار الطبيعية وفي تواترها، وهو ما يؤثر على توزع المجموعات السمكية ووفرتها محليا. وقد تتأثر الدول النامية المعتمدة على مصائد الأسماك تأثرا شديدا، ونظرا للتغيرات المتوقعة في توزّع الأنواع وما يترتب على ذلك من زيادات متوقعة في عمليات هجرة الأرصدة السمكية عبر الحدود، قد تحتاج الإدارة الدولية في المستقبل إلى مراعاة عمليات إعادة التوزّع هذه (الفصل 15).

7-3 - تربية الأحياء المائية

يستمر نمو قطاع تربية الأحياء المائية بوتيرة أسرع من قطاعات الإنتاج الغذائي الرئيسية الأخرى، على الرغم من تباطؤ هذا النمو على مدى العقد الماضي. وقد بلغت قيمة هذا القطاع 249,6 بليون دولار في عام 2017. وهو يدعم سبل عيش 540 مليون شخص، بلغت نسبة النساء منهم 19 في المائة في عام 2014. وتكمن أهمية هذا النمط من إنتاج الأغذية في ارتفاع محتواه من البروتين والمغذيات الدقيقة الضرورية العالية والأحماض الدهنية. وانخفض اعتماد تربية الأحياء المائية على دقيق السمك من 4,20 ملايين طن في عام 2005 إلى 3,35 ملايين طن في عام 2015. ومن المرجح أن تكون استدامة قطاع تربية الأحياء المائية مرتبطة ارتباطاً وثيقاً باستمرار الإمدادات من البروتينات الحيوانية والنباتية الأرضية والزيوت ومصادر الكربوهيدرات لتوفير العلف المائي. ولا تزال الأمراض تشكل تحدياً في تربية الأحياء المائية على الصعيد العالمي، وهي من العوامل الرئيسية الرادعة لتطوير تربية الأحياء المائية بالنسبة للعديد من الأنواع. وعلى العموم، تحسن الأداء البيئي لتربية الأحياء المائية بشكل ملحوظ خلال العقد الماضي. وتشمل التحديات التي يتعين مواجهتها في توسيع نطاق الإنتاج في هذا القطاع الحد من التأثيرات المترتبة على النظم الإيكولوجية الساحلية القيّمة مثل أشجار المانغروف، وتوفير العلف بصورة مستدامة من مصادر خارجية، وإدارة أمراض الأسماك، وآثار الأسماك الهاربة على الأنواع الأصلية (الفصل 16).

7-4 - إنتاج الأعشاب البحرية

تصل نسبة الأعشاب البحرية الموجهة للاستهلاك البشري المباشر 80 في المائة من مجموع حصاد الأعشاب البحرية. ومنذ عام 2012، ارتفع معدل الحصاد العالمي للأعشاب البحرية بحوالي 2,6 في المائة سنوياً، معظمه من قطاع تربية الأحياء المائية، ليصل إلى 32 مليون طن في عام 2017، بقيمة تقدر بمبلغ 12 بليون دولار. وإضافة إلى الاستخدام الغذائي للأعشاب البحرية، فإنها تستخدم بشكل متزايد في التطبيقات الصناعية، مثل مستحضرات التجميل والمستحضرات الصيدلانية والمغذيات المعززة، وكعلف للماشية. وتبلغ زراعة الطحالب الكبيرة نسبة 96 في المائة من إجمالي إنتاج قطاع تربية الأحياء المائية. وتشمل الفوائد المتأتية من الإنتاج توفير أغذية عالية الجودة، وإيجاد فرص عمل جديدة، وزيادة الدخل لسكان المناطق الساحلية. وبالإضافة إلى ذلك، يدعم هذا الإنتاج احتجاز الكربون وإنتاج الأكسجين، ويقلل من فرط المغذيات (الفصل 17).

7-5 - الثغرات الرئيسية في المعارف ومجال بناء القدرات

ثمة فهم محدود لمدى إسهام الظروف المتغيرة في حدوث تحولات في هياكل النظم الإيكولوجية البحرية وأدائها، والتأثيرات اللاحقة على الإنتاج البحري. وقد أُدخلت تحسينات على النُّهج المتبعة في تقييم مصائد الأسماك وحصر مساهماتها في البيئات التي لا تتوافر فيها البيانات بالقدر الكافي، ولكن يلزم القيام بمزيد من العمل لسد الثغرات في مجال بناء القدرات اللازمة لمصائد الأسماك الساحلية في المناطق النامية. ولا تزال العلوم المتعلقة بإنسال الأرصدة السمكية في مراحلها الأولى، ولكنها تبين أن ثمة إمكانية زيادة غلة الصيد إلى نسبة تتجاوز ما

يمكن تحقيقه من خلال استغلال الأرصدة الطبيعية وحدها. ومع ذلك، هناك نقص في فهم العواقب الإيكولوجية. وتشمل الثغرات في مجال بناء القدرات اللازمة لإدارة مصائد الأسماك تلك المرتبطة بتحديد التأثيرات المترتبة على الأنواع المستهدفة وإدراج الآثار المترتبة على الأنواع الأخرى كجزء من أطر الإدارة. وتعوق الثغرات المستمرة في مجال بناء قدرات البلدان النامية قدرتها أيضا على المشاركة في المفاوضات الإقليمية والدولية من أجل التوصل إلى توافق في الآراء بشأن الممارسات الإدارية من أجل الحفاظ على الأرصدة السمكية السليمة.

ومن أجل حفز التنمية المستدامة لقطاع تربية الأحياء المائية، هناك حاجة إلى تحسين الخدمات الإرشادية. وينبغي أن يشمل تدريب مقدمي خدمات الإرشاد أساليب إيصال المعلومات، فضلا عن تقنيات الزراعة العملية، لمساعدتهم في تعزيز دعمهم للمزارعين من أجل تحسين ممارساتهم الإنتاجية. ولا بد من تضافر جهود دوائر تكنولوجيا المعلومات ووسائط الإعلام ورابطات المزارعين ووكالات التنمية وموردي القطاع الخاص وغيرهم لتعزيز التدريب القطاعي. وسيكون من الضروري دعم إنشاء هياكل تربية الأحياء المائية وتربية الأحياء البحرية في أعالي البحار من خلال توفير خدمات بحرية كافية لضمان استدامة العمليات وسلامتها. ولا تزال هناك ثغرات معرفية كثيرة فيما يتعلق بإنتاج الأعشاب البحرية على نطاق واسع والآثار المحتملة لتغيّر المناخ. ويجري بذل بعض الجهود لسد هذه الثغرات في المعارف وفي مجال بناء القدرات. ولا يزال التركيب البيولوجي للعديد من أنواع الأعشاب البحرية غير معروف، حتى بالنسبة للأنواع التي يجري حاليا حصادها أو زرعها (الفصول 15 إلى 17).

8 - الاستخدام الاقتصادي المستدام للمحيطات

يدعم المحيط مجموعة واسعة من الأنشطة الاقتصادية، بما في ذلك النقل البحري كجزء من التجارة العالمية، والسياحة والترفيه، واستخراج الموارد الطبيعية مثل الهيدروكربونات والمعادن الأخرى، وتوفير الطاقة المتجددة، واستخدام الموارد الجينية البحرية.

8-1 - أوجه الترابط مع أهداف التنمية المستدامة وعقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة

الغاية 14-2 من أهداف التنمية المستدامة:

إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها، من أجل تجنب حدوث آثار سلبية كبيرة، بما في ذلك عن طريق تعزيز قدرتها على الصمود، واتخاذ الإجراءات اللازمة لإعادتها إلى ما كانت عليه من أجل تحقيق الصحة والإنتاجية للمحيطات، بحلول عام 2020؛

الغاية 14-7 من أهداف التنمية المستدامة:

زيادة الفوائد الاقتصادية التي تتحقق للدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا من الاستخدام المستدام للموارد البحرية، بما في ذلك من خلال الإدارة المستدامة لمصائد الأسماك، وتربية الأحياء المائية، والسياحة، بحلول عام 2030

الغاية 14-ج من أهداف التنمية المستدامة:

تعزيز حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها استخداما مستداما عن طريق تنفيذ القانون الدولي بصيغته الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار التي تضع الإطار القانوني لحفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، كما تشير إلى ذلك الفقرة 158 من وثيقة "المستقبل الذي نصبو إليه"

لقد شهد الاستخدام الاقتصادي للمحيطات زيادة على الصعيد العالمي. وثمة العديد من البلدان التي تعكف على وضع، أو وضعت بالفعل استراتيجيات لزيادة أنشطة بحرية مثل الطاقة البحرية المتجددة وتربية الأحياء المائية والتكنولوجيا الأحيائية البحرية والسياحة

الساحلية والتعدين في قاع البحار (قطاعات النمو في "الاقتصاد الأزرق" - وهو مصطلح يمكن أن يشمل وسائل النقل البحري ومصائد الأسماك المستدامة بيئيا). ومع ذلك، يظل هناك تفاوت كبير جدا في توزيع الفوائد الاقتصادية المستمدة من المحيطات بين مختلف أنحاء العالم (الفصول 4 و 8 ألف و 18 و 28).

وترد في الجدول 1 الطرق المحددة التي سيساعد بها التقدم المحرز نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة في بلوغ الغايات 14-2 و 14-7 و 14-ج في جملة غايات أخرى. وترد في الجدول 2 الطرق المحددة التي سيساعد بها بلوغ هذه الغايات في إحراز تقدم نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة.

8-2 - التعدين في قاع البحار

زادت أنشطة التعدين التي تجري لاستخراج الرمال والحصى في قاع البحار داخل حدود الولاية الوطنية بغية تكملة المصادر البرية المتناقصة. ويمكن أن يكون لحجم الاستخراج آثار كبيرة على البيئة البحرية المحلية كما يمكن أن يسبب تحات السواحل. ولا يزال حجم أنشطة التعدين الرئيسية الأخرى (مثل أنشطة التنقيب عن الماس والفوسفات وركاز الحديد والقصدير) ثابتا إلى حد ما. وأصبح التعدين في أعماق البحار في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية على وشك أن يتحول إلى واقع تجاري، غير أن استغلال الكثير من الموارد المعدنية يتطلب تكنولوجيا متقدمة، وبالتالي يقتصر إلى حد كبير على من تتوافر لديه إمكانية الحصول على هذه التكنولوجيا (الفصل 18).

8-3 - استخراج الهيدروكربونات البحرية

يشهد قطاع النفط والغاز في المناطق البحرية توسعا على الصعيد العالمي ليمتد إلى المياه العميقة والبالغة العمق. ومن المرجح أن يتركز النمو خلال العقد القادم في مناطق مثل شرق البحر الأبيض المتوسط والمناطق الواقعة قبالة ساحل غيانا والساحل الغربي لأفريقيا. وتشهد المناطق التي بلغت مرحلة النضج مثل بحر الشمال وخليج المكسيك استنفاد بعض الموارد وما ينتج عن ذلك من زيادة في وقف تشغيل المنشآت البحرية، وإن كان يمكن استخدام بعضها لأغراض إنتاج الطاقة البحرية المتجددة. ويستمر تطور تقنيات الاستخراج للحد من تأثيرها في البيئة البحرية (الفصل 19).

8-4 - النقل البحري

تعكس الزيادة المسجلة في حمولة البضائع التي تنقلها شركات الشحن البحري الدولية نموا في التجارة العالمية في أعقاب الانتعاش الذي شهده الاقتصاد العالمي بعد عام 2012. غير أن هذا النمو حدث في ظل خلفية تنافسية ضعيفة. ولا تزال نسبة كبيرة من الحمولة العالمية مدرجة في عدد صغير نسبيا من نظم التسجيل، ولا تزال ملكية أنشطة الشحن البحري ومقاليد التحكم فيها تتركز في أيدي شركات تنتمي إلى عدد صغير نسبيا من البلدان. ويترتب على هذا التركيز آثار هامة على تطوير الموانئ في المستقبل، إذ يمكن أن يؤدي إلى انخفاض عدد الموانئ الرئيسية التي تعمل كمراكز توزيع للتجارة بين القارات واقتصار ذلك على الموانئ الأكبر حجما. وقد سُجل انخفاض طفيف في العدد الإجمالي للحوادث المتعلقة بمحاولات وأعمال القرصنة والسطو المسلح ضد السفن بين عامي 2015 و 2019 (الفصل 8 ألف).

8-5 - السياحة والترفيه

يتسم السفر الدولي وأنشطة السياحة المرتبطة به بالأهمية من الناحية الاقتصادية في أجزاء كثيرة من العالم، ولا سيما فيما يتعلق بنوع السياحة القائمة على "الشمس والبحر والرمال" والتي تتركز في المناطق البحرية الساحلية. وفي جميع المناطق السياحية، يكون التأثير الرئيسي المترتب على البيئة البحرية ناجما عن التنمية الساحلية، بما في ذلك نسبة الأراضي التي تغطيها المنشآت، مثل الفنادق والمطاعم ومحلات البيع بالتجزئة والبنية التحتية للنقل، بما في ذلك المطارات ومحطات القطارات، والحاجة إلى دفاعات ساحلية

"مدرعة" وإنارة الشوارع والصرف الصحي. ولا تزال أنشطة الغطس والغوص ومشاهدة الحياة البرية تشكل عناصر مهمة في قطاع السياحة الساحلية (الفصل 8 ألف).

8-6 - الموارد الجينية البحرية

لا تزال الموارد الجينية البحرية محور تركيز طائفة متنامية من التطبيقات التجارية وغير التجارية. وقد أدى الانخفاض السريع في تكاليف ترتيب المتواليات الجينية وتوليفها، وكذلك التطورات السريعة في هندسة التمثيل الغذائي والبيولوجيا التركيبية، إلى الحد من الاعتماد على أخذ العينات المادية من المحيطات. ولا يزال الإسفنج والطحالب موضع اهتمام كبير بسبب الخصائص النشطة حيوياً لمكوناتها الطبيعية (الفصل 23).

8-7 - الطاقة البحرية المتجددة

يشهد قطاع الطاقة البحرية المتجددة (طاقة الرياح البحرية، وطاقة المد والجزر والتيارات البحرية، وطاقة الأمواج، والطاقة الحرارية للمحيطات، وطاقة التناضح، وطاقة الكتلة الأحيائية البحرية) تطورا ونموا بمعدلات متفاوتة. ومن بين مصادر الطاقة هذه، بلغت تكنولوجيا الرياح البحرية مرحلة النضج وأصبحت متقدمة من الناحية التقنية. وعلى الرغم من أنها لم تكن تمثل في عام 2018 سوى 1 في المائة من إجمالي مصادر الطاقة المتجددة، فإنها تنمو بسرعة: فبين عامي 2017 و 2018، شكلت 4 في المائة من إجمالي النمو في مجال الطاقة المتجددة. ومن عام 2017 إلى عام 2018، سجلت نموا بنسبة 59 في المائة في آسيا وبنسبة 17 في المائة في أوروبا. وفي العقد القادم، يمكن أن تكون آسيا والولايات المتحدة الأمريكية محركين رئيسيين لتنمية قطاع الطاقة الريحية البحرية ومنشآتها. وقد بلغت محولات طاقة المد والجزر مرحلة تحقيق الجدوى التجارية، في حين يجري حاليا تطوير تكنولوجيات الطاقة البحرية المتجددة الأخرى. ومن بين مصادر الطاقة البحرية المتجددة الناشئة، تعد الطاقة الشمسية البحرية أكثر المصادر الواعدة لأن مكونات التكنولوجيا ذات الصلة متطورة بشكل جيد (الفصل 21).

8-8 - الثغرات الرئيسية في المعارف ومجال بناء القدرات

تعتمد جميع الصناعات البحرية بشكل كبير على التكنولوجيا لكي تعمل بأمان ودون الإضرار بالبيئة البحرية. وفيما يتعلق بالموارد الجينية البحرية، لا يزال مجال بناء القدرات يطرح مشكلة، حيث إن معظم العمل المضطلع به في هذا المجال يجري في عدد قليل من البلدان. وهناك ضرورة لبناء المهارات في العديد من البلدان لتمكينها من تخطيط وتطوير قطاع "الاقتصاد الأزرق" فيها على نحو مستدام، وإدارة الأنشطة البشرية ذات الصلة (الفصول 8 ألف، و 14، و 18، و 19، و 21، و 23، و 25، و 27).

9 - التنفيذ الفعال للقانون الدولي على النحو المبين في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار

إن التنفيذ الفعال للقانون الدولي كما يتجلى في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار (التي تحدد الإطار القانوني الذي يجب أن تُنفذ في حدوده جميع الأنشطة التي تجري في المحيطات والبحار)، أمر أساسي لحفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، ولحماية العديد من خدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها المحيطات للأجيال الحالية والمقبلة على حد سواء.

9-1 - أوجه الترابط مع أهداف التنمية المستدامة وعقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة

الغاية 14-ج من أهداف التنمية المستدامة:

تعزيز حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها استخداما مستداما عن طريق تنفيذ القانون الدولي بصيغته الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار التي تضع الإطار القانوني لحفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، كما تشير إلى ذلك الفقرة 158 من وثيقة "المستقبل الذي نصبو إليه"

لقد اتُخذت بالفعل خطوات على جميع المستويات لتعزيز تنفيذ القانون الدولي على النحو الوارد في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، بما في ذلك من خلال زيادة مستوى مشاركة الدول في العديد من المعاهدات العالمية والإقليمية التي تكمل أحكامها. وتشمل الأمثلة على الصعيد العالمي الاتفاقيات الدولية مثل اتفاقية لندن وبروتوكول لندن، والاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن لعام 1973، بصيغتها المعدلة بموجب بروتوكول عام 1978 الملحق بها وبروتوكول عام 1997[16] (بما في ذلك مرفقه السادس المتعلق بخفض انبعاثات الكبريت من السفن، الذي دخل حيز النفاذ في عام 2020)، واتفاق الفاو بشأن التدابير التي تتخذها دولة الميناء لمنع الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم وردعه والقضاء عليه، والذي دخل حيز النفاذ في عام 2016 (الفصول 8 ألف و 11 و 21 و 15 و 28).

ولا تزال هناك تحديات رئيسية تحول دون ضمان المشاركة في الصكوك الدولية، ومعالجة نقص الموارد والقدرات، وتعزيز التعاون بين القطاعات، وكفالة التنسيق وتبادل المعلومات على جميع المستويات، ووضع صكوك جديدة للتصدي للتحديات الناشئة في الوقت المناسب (الفصل 28).

وترد في الجدول 1 الطرق المحددة التي سيساعد بها التقدم المحرز نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة في بلوغ الغاية 14-ج. وترد في الجدول 2 الطرق المحددة التي سيساعد بها بلوغ هذه الغاية في إحراز تقدم نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة.

9-2 - تنفيذ القانون الدولي على النحو المبين في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار

يندرج إدماج الأبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية في صميم اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار. وتقيم الاتفاقية توازناً دقيقاً بين الحاجة إلى التنمية الاقتصادية والاجتماعية عن طريق استخدام المحيطات ومواردها وضرورة حفظ هذه الموارد وإدارتها على نحو مستدام، وحماية البيئة البحرية والحفاظ عليها. والأخذ بالنهج المتكامل لإدارة المحيطات، على النحو المبين في الاتفاقية، شرط أساسي لتعزيز التنمية المستدامة، حيث تفتقر النهج القطاعية والمجزأة إلى الاتساق، وقد تؤدي إلى حلول لها فائدة محدودة فيما يتعلق بحفظ المحيطات ومواردها واستخدامها المستدام.

وفي العديد من الميادين، تكمل الاتفاقية صكوك قطاعية أكثر تخصصا. وبالإضافة إلى اتفاقَيها التنفيذيين[17]، هناك صكوك قانونية عالمية وإقليمية عديدة تغطي العديد من جوانب استخدام المحيطات. ولن تتحقق الفعالية في حفظ المحيطات ومواردها والاستدامة في استخدامها إلا من خلال التنفيذ الكامل والفعال لهذه المجموعة من نصوص القانون الدولي. وينبغي أن تركز الإجراءات والجهود في المقام الأول على ثغرات التنفيذ أو أي ثغرات تنظيمية، لا سيما في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية.

[16] انظر https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx.

[17] الاتفاق المتعلق بتنفيذ الجزء الحادي عشر من اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار المؤرخة 10 كانون الأول/ديسمبر 1982، واتفاق تنفيذ ما تتضمنه اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار المؤرخة 10 كانون الأول/ديسمبر 1982 من أحكام بشأن حفظ وإدارة الأرصدة السمكية المتداخلة المناطق والأرصدة السمكية الكثيرة الارتحال.

9-3 - الثغرات التنفيذية والتنظيمية

لا تزال القدرات المتعلقة بالموارد، بما في ذلك القدرات المالية، تشكل عائقا كبيرا يعرقل حماية البيئة البحرية والحفاظ عليها وجهود البحث العلمي البحري، في حين أن القيود التكنولوجية كثيرا ما تشكل عائقا أمام التنفيذ الفعال لالتزامات الدول. وهناك أيضا ثغرات فيما يتعلق بتحديد أنواع المواد المشمولة بالصكوك ذات الصلة (مثلا غياب قواعد شاملة بشأن البلاستيك وجزيئات البلاستيك الدقيقة) أو النطاق الجغرافي لتطبيق الصكوك ذات الصلة (مثل التغطية الجغرافية من جانب المنظمات والترتيبات الإقليمية المعنية بإدارة مصائد الأسماك) (الفصلان 27 و 28). ويفتقر العديد من الدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا إلى سبل الوصول إلى المعارف الموسعة والموارد البشرية الماهرة اللازمة لإدارة المحيطات، وكثيرا ما تكون الموارد اللازمة لإدارة المناطق البحرية الواسعة الخاضعة لولايتها محدودة. وسيكفل سد هذه الثغرات تحقيق أقصى قدر من الفوائد الاقتصادية بطريقة مستدامة بيئيا. وهناك تحديات خاصة في مجال إنفاذ التدابير الإدارية في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية بسبب الثغرات التنظيمية والافتقار إلى التنسيق بين القطاعات. وتجري حاليا مناقشة هذه المسائل في الأمم المتحدة في سياق المفاوضات الحكومية الدولية بشأن وضع صك دولي ملزم قانونا في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار بشأن حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستخدامه على نحو مستدام (الفصلان 27 و 28).

الجدول 1

مساهمة أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة في تحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة

الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
تنظيف المحيطات		
الغاية 14-1: منع التلوث البحري بجميع أنواعه والحد منه بقدر كبير، ولا سيما التلوث الناجم عن الأنشطة البرية، بما في ذلك الحطام البحري، والتلوث بالمغذيات، بحلول عام 2025	الهدف 6: ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة	تحسين إدارة مياه الصرف الصحي
	الهدف 7: ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة	تحسين مصادر الطاقة وأوجه كفاءتها وما يرتبط بذلك من خفض في مستوى الانبعاثات
	الهدف 11: جعْل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة	تحقيق الاستدامة في التوسع الحضري والحد من الأثر البيئي للمدن
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	الإدارة السليمة بيئيا للمواد الكيميائية وجميع النفايات، بما في ذلك الحد من توليد النفايات
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذِ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات

الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
حماية النظم الإيكولوجية البحرية		
الغاية 14-2: إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها، من أجل تجنب حدوث آثار سلبية كبيرة، بما في ذلك عن طريق تعزيز قدرتها على الصمود، واتخاذ الإجراءات اللازمة لإعادتها إلى ما كانت عليه من أجل تحقيق الصحة والإنتاجية للمحيطات، بحلول عام 2020	الهدف 6: ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة	تحسين إدارة مياه الصرف الصحي وحماية الأراضي الرطبة وإصلاحها
	الهدف 7: ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة	تحسين مصادر الطاقة وأوجه كفاءتها وما يرتبط بذلك من خفض في مستوى الانبعاثات
	الهدف 9: إقامة بُنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع المستدام الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار	استخدام التكنولوجيات النظيفة وما يرتبط بها من خفض في مستوى الانبعاثات
الغاية 14-5: حفظ 10 في المائة على الأقل من المناطق الساحلية والبحرية، بما يتسق مع القانون الوطني والدولي، واستنادا إلى أفضل المعلومات العلمية المتاحة، بحلول عام 2020	الهدف 11: جعْل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة	تحقيق الاستدامة في التوسع الحضري والحد من الأثر البيئي للمدن
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	إدارة الموارد الطبيعية واستخدامها بصورة مستدامة والحد من النفايات على طول سلاسل الإمداد
	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغيّر المناخ وآثارهأ	تنفيذ تدابير للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه والحد من آثاره
	الهدف 15: حماية النظم الإيكولوجية البرّية وترميمها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي	الحد من تدهور الموائل الطبيعية ومن فقدان التنوع البيولوجي، ومنع انقراض الأنواع
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذِ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على الموارد العلمية والتكنولوجية والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات
فهم المحيطات من أجل الإدارة المستدامة		
الغاية 14-3: تقليل تحمض المحيطات إلى أدنى حد ومعالجة آثاره، بما في ذلك من خلال تعزيز التعاون العلمي على جميع المستويات	الهدف 9: إقامة بُنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع المستدام الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار	تعزيز البحث العلمي، ورفع مستوى القدرات التكنولوجية للقطاعات الصناعية في جميع البلدان، ولا سيما البلدان النامية، وتشجيع الابتكار
الغاية 14-أ: زيادة المعارف العلمية، وتطوير قدرات البحث، ونقل التكنولوجيا البحرية، مع مراعاة معايير اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية ومبادئها التوجيهية المتعلقة بنقل التكنولوجيا البحرية، من أجل تحسين صحة المحيطات، وتعزيز إسهام التنوع البيولوجي البحري في تنمية البلدان النامية، ولا سيما الدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثارهأ	تنفيذ تدابير للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه والحد من آثاره
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات

الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
تعزيز السلامة من أخطار المحيطات		
الغاية 14-1: منع التلوث البحري بجميع أنواعه والحد منه بقدر كبير، ولا سيما التلوث الناجم عن الأنشطة البرية، بما في ذلك الحطام البحري، والتلوث بالمغذيات، بحلول عام 2025	الهدف 1: القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان	الحد من التعرض للأحداث المناخية القصوى الناجمة عن المناخ والتأثر بها، وبناء القدرة على الصمود أمام الصدمات والكوارث البيئية
	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	تعزيز القدرة على التكيف مع تغير المناخ، والظواهر الجوية القصوى، وغيرها من الكوارث
	الهدف 6: ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة	الحد من التلوث وتحسين إدارة مياه الصرف الصحي وحماية النظم الإيكولوجية ذات الصلة بالمياه وترميمها
	الهدف 11: جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة	خفض عدد الأشخاص المتضررين من الكوارث، وتعزيز التخطيط الإنمائي على الصعيدين الوطني والإقليمي وتنفيذ سياسات وخطط متكاملة للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه، وضمان القدرة على الصمود في مواجهة الكوارث، ووضع وتنفيذ إدارة شاملة لمخاطر الكوارث
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	الإدارة السليمة بيئياً للمواد الكيمائية وجميع النفايات
	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره[أ]	تعزيز القدرة على الصمود والقدرة على التكيف في مواجهة الكوارث الطبيعية المتصلة بالمناخ وغيرها من الكوارث، وتقديم الدعم لأغراض الحد من الآثار والإنذار المبكر
	الهدف 15: حماية النظم الإيكولوجية البرّية وترميمها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي	حفظ النظم الإيكولوجية الأرضية والنظم الإيكولوجية للمياه العذبة الداخلية وترميمها واستخدامها على نحو مستدام، والحد من تدهور الموائل
الغذاء المستدام المستمد من المحيطات		
الغاية 14-4: تنظيم الصيد على نحو فعال، وإنهاء الصيد المفرط والصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم وممارسات الصيد المدمرة، وتنفيذ خطط إدارة قائمة على العلم، من أجل إعادة الأرصدة السمكية إلى ما كانت عليه في أقرب وقت ممكن، لتصل على الأقل إلى المستويات التي يمكن أن تتيح إنتاج أقصى غلة مستدامة وفقا لما تحدده خصائصها البيولوجية، بحلول عام 2020	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	زيادة الإنتاجية الزراعية (بما في ذلك تربية الأحياء المائية وتربية الأحياء البحرية)، وضمان الإنتاج الغذائي المستدام، والحفاظ على النظم الإيكولوجية وعلى التنوع الجيني للأنواع البرية
	الهدف 8: تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع	تحسين كفاءة استخدام الموارد في الاستهلاك والإنتاج

الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
الغاية 14-6: حظر بعض أشكال الإعانات المقدمة لمصائد الأسماك التي تسهم في الإفراط في قدرات الصيد وفي صيد الأسماك، وإلغاء الإعانات التي تساهم في الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، والإحجام عن استحداث إعانات جديدة من هذا القبيل، مع التسليم بأن المعاملة الخاصة والتفضيلية الملائمة والفعالة للبلدان النامية وأقل البلدان نموا ينبغي أن تكون جزءا لا يتجزأ من مفاوضات منظمة التجارة العالمية بشأن الإعانات المخصصة لمصائد الأسماك(ب) بحلول عام 2020 الغاية 14-7: زيادة الفوائد الاقتصادية التي تتحقق للدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا من الاستخدام المستدام للموارد البحرية، بما في ذلك من خلال الإدارة المستدامة لمصائد الأسماك، وتربية الأحياء المائية، والسياحة، بحلول عام 2030 الغاية 14-ب: توفير إمكانية وصول صغار الصيادين الحرفيين إلى الموارد البحرية والأسواق	الهدف 9: إقامة بُنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع المستدام الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار	تعزيز البحث العلمي وتطوير التكنولوجيا والبحث والابتكار في البلدان النامية
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	الإدارة المستدامة والاستخدام الفعال للموارد الطبيعية، والحد من الخسائر في الأغذية على امتداد سلاسل الإنتاج والإمداد، بما في ذلك الفاقد بعد الصيد، وتعزيز القدرات العلمية والتكنولوجية للمضي قدما نحو أنماط استهلاك وإنتاج أكثر استدامة، وتنفيذ أدوات لرصد تأثيرات التنمية المستدامة على استدامة السياحة التي توفر فرص العمل وتعزز الثقافة والمنتجات المحلية، والتخلص تدريجيا من الإعانات الضارة، حيثما وجدت، على نحو يعكس آثارها البيئية
	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغيّر المناخ وآثاره	تنفيذ تدابير للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه والحد من آثاره
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذِ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات
الاستخدام الاقتصادي المستدام للمحيطات		
الغاية 14-2: إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها، من أجل تجنب حدوث آثار سلبية كبيرة، بما في ذلك عن طريق تعزيز قدرتها على الصمود، واتخاذ الإجراءات اللازمة لإعادتها إلى ما كانت عليه من أجل تحقيق الصحة والإنتاجية للمحيطات، بحلول عام 2020 الغاية 14-7: زيادة الفوائد الاقتصادية التي تتحقق للدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا من الاستخدام المستدام للموارد البحرية، بما في ذلك من خلال الإدارة المستدامة لمصائد الأسماك، وتربية الأحياء المائية، والسياحة، بحلول عام 2030	الهدف 6: ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة	تحسين إدارة مياه الصرف الصحي وحماية الأراضي الرطبة وإصلاحها
	الهدف 7: ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة	تحسين مصادر الطاقة وأوجه كفاءتها وما يرتبط بذلك من خفض في مستوى الانبعاثات
	الهدف 11: جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة	تحقيق الاستدامة في التوسع الحضري والحد من الأثر البيئي للمدن
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	إدارة الموارد الطبيعية واستخدامها بصورة مستدامة

الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
الغاية 14-ج: تعزيز حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها استخداما مستداما عن طريق تنفيذ القانون الدولي بصيغته الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار التي تضع الإطار القانوني لحفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، كما تشير إلى ذلك الفقرة 158 من وثيقة "المستقبل الذي نصبو إليه"	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره[أ]	تنفيذ تدابير للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه والحد من آثاره
	الهدف 15: حماية النظم الإيكولوجية البرّية وترميمها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي	الحد من تدهور الموائل الطبيعية ومن فقدان التنوع البيولوجي، ومنع انقراض الأنواع
	الهدف 16: التشجيع على إقامة مجتمعات مسالمة لا يُهمّش فيها أحد من أجل تحقيق التنمية المستدامة، وإتاحة إمكانية وصول الجميع إلى العدالة، وبناء مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة وشاملة للجميع على جميع المستويات	تعزيز سيادة القانون على الصعيدين الوطني والدولي
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات
التنفيذ الفعال للقانون الدولي على النحو المبين في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار		
الغاية 14-ج: تعزيز حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها استخداما مستداما عن طريق تنفيذ القانون الدولي بصيغته الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار التي تضع الإطار القانوني لحفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، كما تشير إلى ذلك الفقرة 158 من وثيقة "المستقبل الذي نصبو إليه"	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	كفالة استدامة نظم الإنتاج الغذائي، وحفظ النظم الإيكولوجية، وتعزيز القدرة على التكيّف مع تغير المناخ وعلى مواجهة الظواهر الجوية القصوى وحالات الجفاف والفيضانات وغيرها من الكوارث
	الهدف 3: ضمان تمتّع الجميع بأنماط عيش صحية وبالرفاهية في جميع الأعمار	الحد من المواد الكيميائية الخطرة والتلوث والتلويث
	الهدف 6: ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة	الحد من التلوث وتحسين إدارة مياه الصرف الصحي وحماية النظم الإيكولوجية ذات الصلة بالمياه وترميمها
	الهدف 11: جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة	حماية التراث الثقافي والطبيعي وصونه
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	الإدارة السليمة بيئياً للمواد الكيميائية وجميع النفايات طيلة مراحل وجودها، وفقاً للأطر الدولية المتفق عليها
	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره[أ]	إدماج التدابير المتعلقة بتغير المناخ في السياسات والاستراتيجيات والخطط الوطنية
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تعزيز اتساق السياسات من أجل تحقيق التنمية المستدامة

أ مع الإقرار بأن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ هي المنتدى الحكومي الدولي الأساسي للتفاوض بشأن الاستجابة العالمية لتغير المناخ.

ب مع مراعاة المفاوضات الجارية في إطار منظمة التجارة العالمية، وخطة الدوحة للتنمية، والولاية المنصوص عليها في الإعلان الوزاري لهونغ كونغ.

الجدول 2

مساهمة الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة في إحراز تقدم نحو تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة

الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
الغاية 14-1: منع التلوث البحري بجميع أنواعه والحد منه بقدر كبير، ولا سيما التلوث الناجم عن الأنشطة البرية، بما في ذلك الحطام البحري، والتلوث بالمغذيات، بحلول عام 2025	الهدف 3: ضمان تمتّع الجميع بأنماط عيش صحية وبالرفاهية في جميع الأعمار	الحد من المواد الكيميائية الخطرة والتلوث والتلويث
	الهدف 6: ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة	الحد من التلوث ومن تسرب المواد الكيميائية والمواد الخطرة ومياه الصرف الصحي
	الهدف 11: جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة	تحقيق الاستدامة في التوسع الحضري والحد من الأثر البيئي للمدن
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	الإدارة السليمة بيئيا للمواد الكيميائية وجميع النفايات، بما في ذلك الحد من توليد النفايات
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذِ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات
الغاية 14-2: إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها، من أجل تجنب حدوث آثار سلبية كبيرة، بما في ذلك عن طريق تعزيز قدرتها على الصمود، واتخاذ الإجراءات اللازمة لإعادتها إلى ما كانت عليه من أجل تحقيق الصحة والإنتاجية للمحيطات، بحلول عام 2020	الهدف 1: القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان	الحد من التعرض للأحداث المناخية القصوى الناجمة عن المناخ والتأثر بها، وبناء القدرة على الصمود أمام الصدمات والكوارث البيئية
	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	زيادة الإنتاجية الزراعية (بما في ذلك تربية الأحياء المائية وتربية الأحياء البحرية)، وضمان الإنتاج الغذائي المستدام، والحفاظ على النظم الإيكولوجية وعلى التنوع الجيني للأنواع البرية
	الهدف 8: تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع	توفير الفرص لتحقيق النمو الاقتصادي المستدام والسياحة المستدامة
	الهدف 11: جعْل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة	حفظ ودعم النظم الإيكولوجية التي توفر الحماية للمجتمعات الساحلية في مواجهة الكوارث
	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغيّر المناخ وآثارهأ	المساهمة في تعزيز القدرة على الصمود أمام المخاطر المتصلة بالمناخ

الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
الغاية 14-3: تقليل تحمض المحيطات إلى أدنى حد ومعالجة آثاره، بما في ذلك من خلال تعزيز التعاون العلمي على جميع المستويات	الهدف 1: القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان	الحد من التعرض للصدمات والكوارث البيئية وبناء القدرة على مجابهتها
	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	كفالة استدامة نظم إنتاج الأغذية، والحفاظ على النظم الإيكولوجية، وتعزيز القدرة على التكيف مع تغير المناخ، وتعزيز التعاون في مجال البحث والتطوير التكنولوجي
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	دعم البلدان النامية في تعزيز قدراتها العلمية والتكنولوجية
	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغيّر المناخ وآثاره[أ]	تنفيذ تدابير للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه والحد من آثاره
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذِ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات
الغاية 14-4: تنظيم الصيد على نحو فعال، وإنهاء الصيد المفرط والصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم وممارسات الصيد المدمرة، وتنفيذ خطط إدارة قائمة على العلم، من أجل إعادة الأرصدة السمكية إلى ما كانت عليه في أقرب وقت ممكن، لتصل على الأقل إلى المستويات التي يمكن أن تتيح إنتاج أقصى غلة مستدامة وفقا لما تحدده خصائصها البيولوجية، بحلول عام 2020	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	زيادة الإنتاجية الزراعية (بما في ذلك تربية الأحياء المائية وتربية الأحياء البحرية)، وضمان الإنتاج الغذائي المستدام، والحفاظ على النظم الإيكولوجية وعلى التنوع الجيني للأنواع البرية
	الهدف 8: تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع	دعم الأنشطة الإنتاجية
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	تحقيق الإدارة المستدامة والاستخدام الفعال للموارد الطبيعية، والحد من الخسائر في الأغذية على امتداد سلاسل الإنتاج والإمداد، بما في ذلك الفاقد بعد الصيد، وتعزيز القدرات العلمية والتكنولوجية للمضي قدما نحو أنماط استهلاك وإنتاج أكثر استدامة، والتخلص تدريجيا من الإعانات الضارة
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تعزيز الشراكات من أجل التنمية المستدامة
الغاية 14-5: حفظ 10 في المائة على الأقل من المناطق الساحلية والبحرية، بما يتسق مع القانون الوطني والدولي واستنادا إلى أفضل المعلومات العلمية المتاحة، بحلول عام 2020	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	الحفاظ على النظم الإيكولوجية، وتعزيز القدرة على التكيف مع تغير المناخ، وتعزيز التعاون في مجال البحث والتطوير التكنولوجي
	الهدف 11: جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة	حفظ ودعم النظم الإيكولوجية التي توفر الحماية للمجتمعات الساحلية في مواجهة الكوارث

الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
	الهدف 15: حماية النظم الإيكولوجية البرّية وترميمها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي	الحد من تدهور الموائل الطبيعية ومن فقدان التنوع البيولوجي، ومنع انقراض الأنواع
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذِ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات
الغاية 14-6: حظر بعض أشكال الإعانات المقدمة لمصائد الأسماك التي تسهم في الإفراط في قدرات الصيد وفي صيد الأسماك، وإلغاء الإعانات التي تساهم في الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، والإحجام عن استحداث إعانات جديدة من هذا القبيل، مع التسليم بأن المعاملة الخاصة والتفضيلية الملائمة والفعالة للبلدان النامية وأقل البلدان نموا ينبغي أن تكون جزءا لا يتجزأ من مفاوضات منظمة التجارة العالمية بشأن الإعانات المخصصة لمصائد الأسماك[ب] بحلول عام 2020	الهدف 8: تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع	دعم الأنشطة الإنتاجية
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	تحقيق الإدارة المستدامة والاستخدام الفعال للموارد الطبيعية، والحد من الخسائر في الأغذية على امتداد سلاسل الإنتاج والإمداد، بما في ذلك الفاقد بعد الصيد، وتعزيز القدرات العلمية والتكنولوجية للمضي قدما نحو أنماط استهلاك وإنتاج أكثر استدامة، والتخلص تدريجيا من الإعانات الضارة
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذِ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تعزيز الشراكات من أجل التنمية المستدامة
الغاية 14-7: زيادة الفوائد الاقتصادية التي تتحقق للدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا من الاستخدام المستدام للموارد البحرية، بما في ذلك من خلال الإدارة المستدامة لمصائد الأسماك، وتربية الأحياء المائية، والسياحة، بحلول عام 2030	الهدف 1: القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان	الحد من التعرض للصدمات والكوارث البيئية وبناء القدرة على مجابهتها
	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	زيادة في الإنتاجية الزراعية (بما في ذلك تربية الأحياء المائية وتربية الأحياء البحرية)، وضمان الإنتاج الغذائي المستدام، والحفاظ على النظم الإيكولوجية وعلى التنوع الجيني للأنواع البرية
	الهدف 8: تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع	توفير الفرص لتحقيق النمو الاقتصادي المستدام والسياحة المستدامة
	الهدف 9: إقامة بُنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع المستدام الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار	تعزيز البحث العلمي، ورفع مستوى القدرات التكنولوجية للقطاعات الصناعية في جميع البلدان، ولا سيما البلدان النامية، وتشجيع الابتكار
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	تحقيق الإدارة المستدامة والاستخدام الفعال للموارد الطبيعية، وتعزيز القدرات العلمية والتكنولوجية
	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغيّر المناخ وآثاره[أ]	تنفيذ تدابير للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه والحد من آثاره

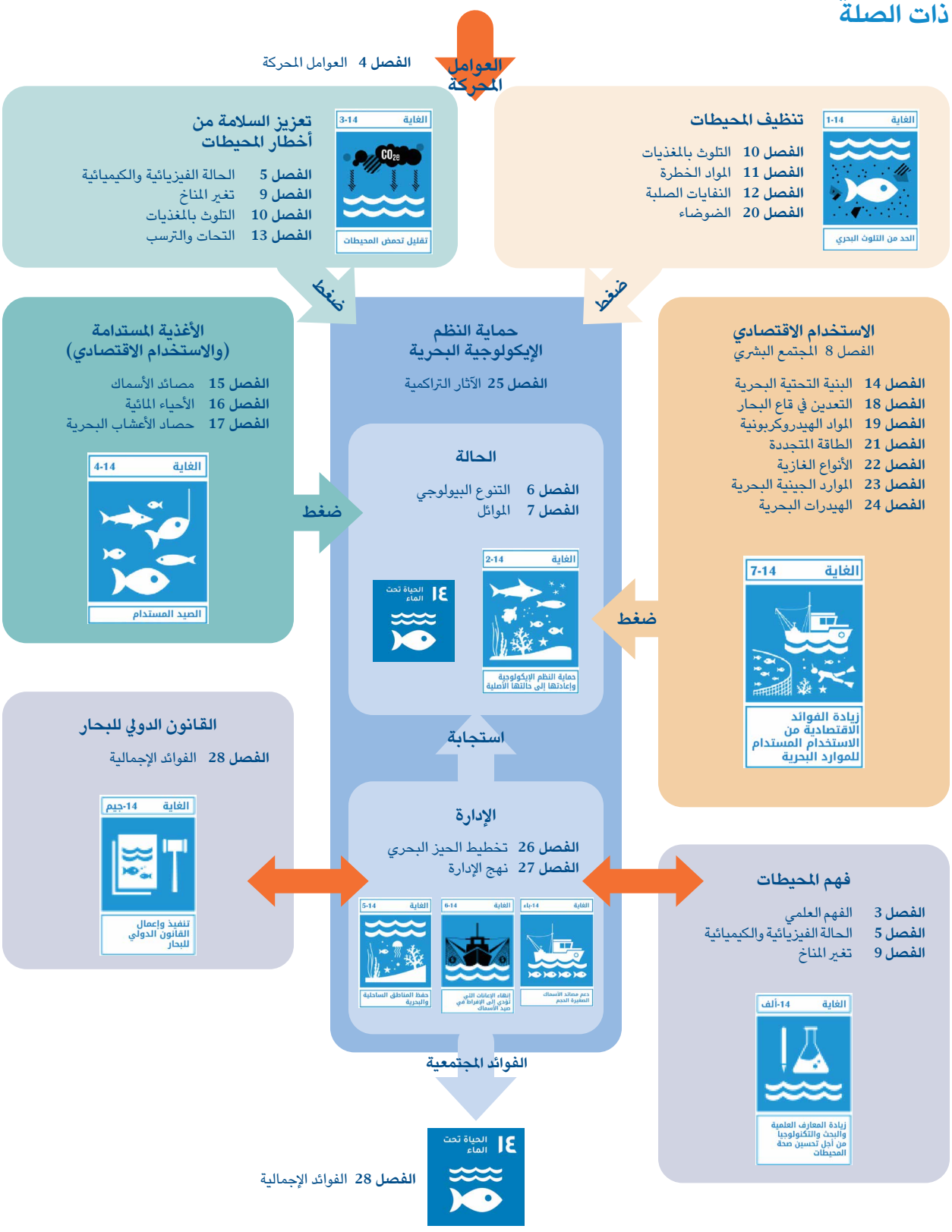
الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذِ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات
الغاية 14-أ: زيادة المعارف العلمية، وتطوير قدرات البحث، ونقل التكنولوجيا البحرية، مع مراعاة معايير اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية ومبادئها التوجيهية المتعلقة بنقل التكنولوجيا البحرية، من أجل تحسين صحة المحيطات، وتعزيز إسهام التنوع البيولوجي البحري في تنمية البلدان النامية، ولا سيما الدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا	الهدف 9: إقامة بُنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع المستدام الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار	تعزيز البحث العلمي، ورفع مستوى القدرات التكنولوجية للقطاعات الصناعية في جميع البلدان، ولا سيما البلدان النامية، وتشجيع الابتكار
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	تحقيق الإدارة المستدامة والاستخدام الفعال للموارد الطبيعية، وتعزيز القدرات العلمية والتكنولوجية
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذِ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات
الغاية 14-ب: توفير إمكانية وصول صغار الصيادين الحرفيين إلى الموارد البحرية والأسواق	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	زيادة الإنتاجية الزراعية (بما في ذلك تربية الأحياء المائية وتربية الأحياء البحرية)، وضمان الإنتاج الغذائي المستدام، والحفاظ على النظم الإيكولوجية وعلى التنوع الجيني للأنواع البرية
	الهدف 8: تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع	تحسين كفاءة استخدام الموارد في الاستهلاك والإنتاج
	الهدف 9: إقامة بُنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع المستدام الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار	تعزيز البحث العلمي وتطوير التكنولوجيا والبحث والابتكار في البلدان النامية
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	الإدارة المستدامة والاستخدام الفعال للموارد الطبيعية، وتنفيذ أدوات لرصد تأثيرات التنمية المستدامة على السياحة المستدامة التي توفر فرص العمل وتعزز الثقافة والمنتجات المحلية
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تحسين فرص الحصول على العلم والتكنولوجيا والابتكار، وتعزيز تبادل المعارف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات
الغاية 14-ج: تعزيز حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها استخداما مستداما عن طريق تنفيذ القانون الدولي بصيغته الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار التي تضع الإطار القانوني لحفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، كما تشير إلى ذلك الفقرة 158 من وثيقة "المستقبل الذي نصبو إليه"	الهدف 2: القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة	كفالة استدامة نظم الإنتاج الغذائي، وحفظ النظم الإيكولوجية، وتعزيز القدرة على التكيّف مع تغير المناخ وعلى مواجهة الظواهر الجوية القصوى وحالات الجفاف والفيضانات وغيرها من الكوارث
	الهدف 3: ضمان تمتّع الجميع بأنماط عيش صحية وبالرفاهية في جميع الأعمار	الحد من المواد الكيميائية الخطرة والتلوث والتلويث
	الهدف 6: ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة	الحد من التلوث وتحسين إدارة مياه الصرف الصحي وحماية النظم الإيكولوجية ذات الصلة بالمياه وترميمها

الغايات المدرجة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة	أهداف التنمية المستدامة التي تساهم في تحقيق الهدف 14	الآلية
	الهدف 7: ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة	تحسين مصادر الطاقة وأوجه كفاءتها وما يرتبط بذلك من خفض في مستوى الانبعاثات
	الهدف 11: جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة	تحقيق الاستدامة في التوسع الحضري والحد من الآثار البيئية للمدن وحماية وصون التراث الثقافي والطبيعي
	الهدف 12: ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة	إدارة الموارد الطبيعة واستخدامها بصورة مستدامة، والإدارة السليمة بيئياً للمواد الكيميائية وجميع النفايات طيلة مراحل وجودها، وفقاً للأطر الدولية المتفق عليها
	الهدف 13: اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره[أ]	تنفيذ تدابير للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه والحد من آثاره وإدماج تدابير تغير المناخ في السياسات والاستراتيجيات والخطط الوطنية
	الهدف 15: حماية النظم الإيكولوجية البرّية وترميمها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي	الحد من تدهور الموائل الطبيعية، وفقدان التنوع البيولوجي، ومنع انقراض الأنواع
	الهدف 16: التشجيع على إقامة مجتمعات مسالمة لا يُهمّش فيها أحد من أجل تحقيق التنمية المستدامة، وإتاحة إمكانية وصول الجميع إلى العدالة، وبناء مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة وشاملة للجميع على جميع المستويات	تعزيز سيادة القانون على الصعيدين الوطني والدولي
	الهدف 17: تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيطُ الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة	تعزيز اتساق السياسات من أجل تحقيق التنمية المستدامة

أ مع الإقرار بأن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ هي المنتدى الحكومي الدولي الأساسي للتفاوض بشأن الاستجابة العالمية لتغير المناخ.

ب مع مراعاة المفاوضات الجارية في إطار منظمة التجارة العالمية، وخطة الدوحة للتنمية، والولاية المنصوص عليها في الإعلان الوزاري لهونغ كونغ.

رسم بياني بالأهداف الفرعية في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة والفصول ذات الصلة



الجزء الثاني
مقدمة

الفصل 2
نهج التقييم

المساهمون: ماريا جواو بيبيانو، وهيلكونيدا كالومبونغ، وسناء شيبة، وكارين إيفانز، وكارلوس غارسيا – سوتو، وعثمان كيه كامارا، وإنريكي مارشوف، وعصام ياسين محمد، وهين أوجافير، وتشول بارك، ويلينيا راندرياناريسوا، ورينيسون رُوا، ويورن شميدت، وآلان سيمكوك، وأناستازيا ستراتي، وجوشوا توهوموار، وكا ثانه فو، وجوينغ وانغ، وتايمون زيلنيسكي (فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية – الاقتصادية).

النقاط الرئيسية

- الغرض من التقييم العالمي الثاني للمحيطات هو تحديث التقييم العالمي الأول للمحيطات من خلال إيجاد فهم للتغيرات التي حدثت في المحيطات في العالم منذ عام 2010 والاتجاهات المرتبطة بها.
- يقدم التقييم أيضا لمحة عامة عن فهم بعض الجوانب التي لم يشملها بالكامل التقييمُ العالمي الأول، مثل المدخلات من الضوضاء البشرية المنشأ، والهيدرات البحرية، والآثار التراكمية، والتخطيط المكاني البحري، ونهج الإدارة.
- يتبع التقييم نهجا معدَّلا إزاء إطار العوامل المحرِّكة – الضغوط – الحالة – التأثير – الاستجابة، بدعم من سلسلة من حلقات العمل الهادفة إلى تحديد المعلومات والمدخلات الخاصة بكل منطقة في التقييم، وعملية استعراض الأقران، وعملية الاستعراض من جانب الدول.

1 - الغرض من التقييم العالمي الثاني للمحيطات

يُستمَد الغرض من التقييم العالمي الثاني للمحيطات من المبادئ التي توجه العملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية – الاقتصادية، وهدفها ونطاقها على النحو المبين في المقررات ذات الصلة التي اتخذتها الجمعية العامة للأمم المتحدة، والفريق العامل المخصص الجامع التابع للجمعية العامة المعني بالعملية المنتظمة، ومكتبه. ويُحدَّد الهدف العام في توصيات الفريق العامل بشأن الإطار المقترح للعملية المنتظمة (A/64/347، المرفق):

> من شأن العملية المنتظمة أن تحظى بالاعتراف في إطار الأمم المتحدة بوصفها الآلية العالمية لاستعراض حالة البيئة البحرية، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية والاقتصادية، على أساس مستمر ومنهجي، من خلال توفير تقييمات منتظمة على الصعيدين العالمي وفوق الإقليمي وتوفير رؤية متكاملة بشأن الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية. ومن شأن هذه التقييمات أن تدعم اتخاذ القرار المستنير وأن تسهم بالتالي في الإدارة المستدامة للأنشطة البشرية التي تؤثر على المحيطات والبحار، وفقا للقانون الدولي، بما في ذلك اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار وغيرها من الصكوك والمبادرات الدولية السارية.

وقد أيدت الجمعية العامة توصيات الفريق العامل في قرارها 71/64، وأعادت الجمعية تأكيد المبادئ التي توجه العملية المنتظمة وهدفها ونطاقها في قرارها 257/71.

وفيما يتعلق بالمبادئ التي توجه العملية المنتظمة، يفيد الفريق العامل في توصياته بما يلي:

سوف تسترشد العملية المنتظمة بالقانون الدولي، بما في ذلك اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار وغيرها من الصكوك والمبادرات الدولية السارية، وستتضمن إشارة إلى المبادئ التالية:

(أ) النظر إلى المحيطات بوصفها جزءا من المنظومة الأرضية برمتها؛

(ب) تقييم نواتج التقييم والعملية نفسها بانتظام من جانب الدول الأعضاء لدعم الإدارة التكيفية؛

(ج) استخدام الأسس العلمية السليمة وتشجيع التفوق العلمي؛

(د) إجراء تحليل منتظم لكفالة الكشف في مرحلة مبكرة عن المسائل الناشئة والتغيرات والثغرات الكبيرة في المعارف؛

(هـ) مواصلة تعزيز القدرات العلمية والتقييمية، بما في ذلك تشجيع وتطوير أنشطة بناء القدرات ونقل التكنولوجيا؛

(و) إقامة صلات فعالة مع واضعي السياسات وغيرهم من المستخدِمين؛

(ز) ضم جميع أصحاب المصلحة في أنشطة الاتصال والمشاركة عن طريق التماس الوسائل المناسبة التي يمكنهم المشاركة من خلالها، ومنها التمثيل الملائم والتوازن الإقليمي على جميع الأصعدة؛

(ح) الاعتراف بالمعارف والمبادئ التقليدية والأصلية واستغلالها؛

(ط) الشفافية والمساءلة عن العملية المنتظمة ونواتجها؛

(ي) تبادل المعلومات على جميع الأصعدة؛

(ك) إقامة صلات فعالة مع عمليات التقييم القائمة والبناء عليها، وبخاصة على الصعيدين الإقليمي والوطني؛

(ل) الالتزام بالتمثيل الجغرافي العادل في جميع أنشطة العملية المنتظمة.

وخلال الدورة الأولى، تَمثَّل نطاق العملية المنتظمة والتقييم العالمي الأول للمحيطات في وضع تقييم أساسي لجميع جوانب المحيطات – أي الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية. وقررت الجمعية العامة، في قرارها 73/72، توسيع نطاق الدورة الثانية ليشمل تقييمَ الاتجاهات السائدة وتحديد الثغرات.

ويهدف هذا التقييم، الذي هو أول متابعة للتقييم الأول، إلى تقديم لمحة عامة على الصعيد العالمي عن الاتجاهات السائدة منذ عام 2010 في جميع جوانب المحيطات. وإضافة إلى ذلك، يتضمن تقارير عن بعض جوانب المحيطات التي لم تكن مشمولة بالكامل في التقييم العالمي الأول، بما في ذلك المدخلات من الضوضاء البشرية المنشأ، والهيدرات البحرية، والآثار التراكمية، والتخطيط المكاني البحري، ونهج الإدارة.

2 - الجمهور الرئيسي المستهدف بالتقييم العالمي الثاني للمحيطات وإطار التقييم

العملية المنتظمة مسؤولة أساسا أمام الجمعية العامة (انظر A/65/358). وفي ضوء هدف العملية المنتظمة المتمثل في "أن تدعم اتخاذ القرار المستنير وأن تسهم بالتالي في الإدارة المستدامة للأنشطة البشرية التي تؤثر على المحيطات والبحار"، فإن الجمهور الرئيسي المستهدف بهذا التقييم يتمثل في الأشخاص في جميع القطاعات الذين يتخذون قرارات ستؤثر على البيئة البحرية. ومن الضروري أن يكون هذا الجمهور قادرا على الحصول على لمحة عامة عن البيئة البحرية برمتها، فضلا عن التركيز على الجوانب الأكثر صلة بمجال عمل كل فئة من فئات هذا الجمهور.

وقد اتبع هذا التقييم إطار العوامل المحرِّكة – الضغوط – الحالة – التأثير – الاستجابة، على النحو الذي جرى تناوله في الفصل 3 من التقييم العالمي الأول، مع إدخال بعض التعديلات. وقد نتج ذلك النهج المعدَّل عن المناقشات التي دارت في الجولة الأولى من حلقات العمل الإقليمية (المبينة أدناه) بشأن هيكل التقييم. وبالتالي، يرد في هذا التقييم:

(أ) تحديد للعوامل المحرِّكة ذات الصلة للتغير في المحيطات (الجزء 3)؛

(ب) وصف للاتجاهات في الحالة الراهنة للعناصر الرئيسية للبيئة البحرية، مثل مجموعات الأنواع، وأنواع الموائل والمجتمع البشري، بما في ذلك الصناعات البحرية (الجزء 4)؛

(ج) تحديد للضغوط وآثارها على المحيطات، بما في ذلك العناصر الاجتماعية - الاقتصادية ذات الصلة (الجزء 5)؛

(د) وصف للتطورات في تدابير الإدارة المعتمدة استجابةً لتلك الضغوط والآثار (الجزء 6).

وفي بقية هذا الجزء، يتم إيراد لمحة عامة عن الفهم العلمي الحالي للمحيطات، لتقديم المعلومات الأساسية لإجراء التقييم.

3 - إعداد التقييم العالمي الثاني للمحيطات

وفقا لاختصاصات وطرائق عمل فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية، للدورة الثانية من العملية المنتظمة، والتوجيهات المقدمة إلى المساهمين التي أعدها فريق الخبراء، أعد هذا التقييم فريق الخبراء وأفرقة الصياغة المختارة من مجموعة الخبراء.

وقد شُكِّل فريق الخبراء للإشراف على العمل اللازم لإجراء هذا التقييم. ويتألف فريق الخبراء من خبراء ترشحهم كل مجموعة من المجموعات الإقليمية للدول الأعضاء في الأمم المتحدة. أما الخبراء الذين كتبوا فرادى فصول التقييم واستعرضوا مشاريع تلك الفصول فقد اختيروا من كل من فريق الخبراء ومجموعة من الخبراء. وتضم هذه المجموعة خبراء عملوا في مجموعة الخبراء خلال الدورة الأولى للعملية المنتظمة وخبراء إضافيين رشحتهم الدول خصيصا للدورة الثانية.

وبدأت عملية إعداد هذا التقييم بقيام فريق الخبراء بتحديد هيكل التقييم. وتألف هيكل أولي، يستند إلى هيكل التقييم العالمي الأول، من موجز تليه أربعة أجزاء تركز على عناصر المحيطات: المحيطات ودورانها؛ والشبكة الغذائية؛ والبحار الساحلية والجرفية والمحيطات المفتوحة. ونوقش هذا الهيكل المقترح في جولة أولى من خمس حلقات عمل إقليمية عُقدت في عام 2017، جرى فيها بيان نتائج التقييم العالمي الأول، واستعراض التقييمات الإقليمية الأخيرة، وتحديد الأولويات الإقليمية لإدراجها في هذا التقييم. واستنادا إلى مدخلات من المشاركين في حلقات العمل، نقَّح فريقُ الخبراء الهيكلَ المقترح للتقييم لكي يعالج مسألتين رئيسيتين تمت إثارتهما وهما: أن يتبع بشكل أكثر وضوحا إطار العوامل المحرِّكة - الضغوط - الحالة - التأثير - الاستجابة المعترف به دوليا (Smeets and Weterings, 1999) وأن يشمل تغطية محددة للمسائل الإدارية. وقد تَجسَّد هذا الهيكل المنقَّح في المخطط العام لهذا التقييم، الذي نظر فيه وعدَّله ووافق عليه الفريق العامل المخصص الجامع في اجتماعه العاشر.

ودعما لوضع الفصول، عُقدت جولة ثانية من حلقات العمل الإقليمية في عام 2018، حضرها أعضاء فريق الخبراء وخبراء (بمن فيهم أعضاء مجموعة الخبراء والأعضاء المقترحون لأفرقة الصياغة) رشحتهم الدول، ولا سيما تلك الموجودة في المناطق المعنية. وركزت حلقات العمل على وضع فصول محددة من التقييم مع إبراز المشاركين للمدخلات الإقليمية، والاحتياجات الإقليمية في مجال بناء القدرات، ومسائل أخرى.

وكفل فريق الخبراء وجود قوائم مناسبة بأعضاء أفرقة الصياغة، وقدمها إلى مكتب الفريق العامل المخصص الجامع للموافقة عليها. واعتُمدت مجموعة من الأساليب

لتحديد الأعضاء المحتملين في أفرقة الصياغة: فقد كان العديد من الخبراء الذين يتمتعون بالخبرة في المجال موجودين بالفعل في مجموعة الخبراء ووافقوا على المشاركة في الصياغة عندما اتصل بهم الفريق؛ وشارك بعض الأعضاء في حلقة واحدة من حلقات العمل الإقليمية ورُشِّحوا فيما بعد لعضوية مجموعة الخبراء؛ وأُضيف بعضهم بناء على طلب للحصول على خبرة محددة من جانب الفريق أو بترشيح ذاتي. واضطلعت أفرقة الصياغة في المقام الأول بأعمالها من خلال التداول عن بُعد والمراسلات.

وقد وضع فريقُ الخبراء التوجيهاتِ المقدمة إلى المساهمين التي أشارت إلى جملة أمور منها الحاجة إلى السعي إلى تقديم لمحة عامة على الصعيد العالمي، وكيفية وصف المخاطر، وكيفية التعامل مع عدم اليقين، والأخلاقيات الواجبة في إعداد وتقييم المواد للعملية المنتظمة (UNGA, 2017b؛ و UNGA, 2018). وقدم العضو الرئيسي والعضو الرئيسي المشارك من الفريق عن كل فصل توجيهات بشأن الأنواع المقبولة من المعلومات والتوازن المطلوب داخل الفصل. وكان من المتوقع من أعضاء فريق الصياغة الخاص بكل فصل أن يولوا الاهتمام للتوازن العام لمشروع الفصل، وأن يكفلوا، قدر استطاعتهم، أن يكون كل فصل مستندا إلى أفضل البيانات والمعلومات المتاحة، وأن تكون الاستنتاجات الواردة في الفصل سليمة ومدعومة جيدا بالأدلة.

وقد أُرسل مشروع كل فصل، بعد الانتهاء منه واعتباره مناسبا لاستعراض الأقران، ليخضع للاستعراض من جانب ما لا يقل عن اثنين من المستعرضين الأقران من مجموعة الخبراء. وقد تصرف المستعرضون الأقران بصفة مستقلة تماما ولم يشاركوا في صياغة الفصل الذي استعرضوه. وقد طُلب إليهم تقييم كل فصل من حيث التوازن العام، والنظر فيما إذا كانت أفضل البيانات والمعلومات المتاحة قد استُخدمت، وفيما إذا كانت الاستنتاجات سليمة ومدعومة جيدا بالأدلة.

وبعد استعراض الأقران وتنقيح فرادى الفصول لاحقا من جانب أفرقة الصياغة، تم تجميع الفصول وتحريرها من أجل إعداد وثيقة متكاملة لتقديمها إلى الدول كي تستعرضها. وبعد ذلك الاستعراض، واصلت أفرقة الصياغة تنقيح الفصول، وجرى تجميع مشروع تقييم نهائي. وقد قدم فريق الخبراء ذلك المشروع إلى الفريق العامل المخصص الجامع كي يأذن بتقديمه إلى الجمعية العامة.

4 - المصطلحات

من الهام التمييز بين المصطلحات المستخدمة في الوصف العلمي للمحيطات والمصطلحات القانونية المستخدمة لوصف حقوق الدول وواجباتها في المحيطات. فباستثناء بعض الجوانب المتعلقة بالجرف القاري الواقع على بُعد مسافة تتجاوز 200 ميل بحري، فإن حدود المناطق البحرية التي حددتها اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار لا تستند إلى معايير جيومورفية.

وفي هذا التقييم، ما لم يُذكر خلاف ذلك، يشير مصطلح "الجرف القاري" إلى الجرف القاري الجيومورفي، وليس إلى الجرف القاري على النحو المحدد في الاتفاقية (انظر على وجه الخصوص الفصول 7 ياء، و 7 ميم، و7 نون).

وعادة ما يُعرَّف الجرف القاري الجيومورفي من حيث الامتداد المغمور لقارة أو جزيرة ما حتى أبعد نقطة يوجد عندها انقطاع ملحوظ في المنحدر، وحيث يبدأ المنحدر القاري في انحداره نحو المرتفع القاري أو السهل السحيق (Hobbs, 2003).

وبالمثل، يشير مصطلح "المحيطات المفتوحة" إلى العمود المائي في مناطق المياه العميقة التي تقع وراء الجرف القاري الجيومورفي (أي باتجاه البحر). وهي تغطي العمود المائي بأكمله (منطقة أعالي البحار) في المناطق الواقعة وراء الجرف القاري الجيومورفي.

ويشير مصطلح "أعماق البحار" إلى قاع البحار في مناطق المياه العميقة التي تقع وراء الجرف القاري الجيومورفي (أي باتجاه البحر). وهي المنطقة القاعية التي تقع في المياه العميقة (عموما مياه بعمق يتجاوز 200 متر).

وعلاوة على ذلك، يشير مصطلح "المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية" إلى أعالي البحار والمنطقة (أي قاع البحار والمحيطات وباطن أرضها، خارج حدود الولاية الوطنية) على النحو المحدد في الاتفاقية.

5 - شكر وتقدير

من المهم جدا الإشارة إلى أن الموارد وفرت من الميزانية العادية للأمم المتحدة لإجراء هذا التقييم. وقد أحدث ذلك فرقا كبيرا في سياق الاضطلاع بهذا العمل.

ولم يحصل أي من أعضاء فريق الخبراء أو مجموعة الخبراء على أي أجر لقاء عملهم.

وتعرب العملية المنتظمة عن امتنانها لكل من أستراليا وإستونيا وإكوادور وألمانيا وإندونيسيا وأوكرانيا وبالاو والبرازيل والبرتغال وبولندا وتايلند وجمهورية تنزانيا المتحدة وجمهورية كوريا وغانا وقطر ومالطة والمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية ونيوزيلندا والولايات المتحدة الأمريكية واليابان واليونان على الدعم الذي قدمته لهذا التقييم. وقدمت الدعم للتقييم أيضا اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات واللجنة الدائمة لجنوب المحيط الهادئ وجهة مانحة خاصة مجهولة الهوية. كما تعرب العملية المنتظمة عن امتنانها لإستونيا وأيرلندا وجمهورية كوريا وهولندا ونيوزيلندا على التبرعات التي قدمتها للصندوق الاستئماني للعملية المنتظمة خلال الدورة الثانية.

المراجع

Hobbs, Carl, III (2003). "Continental Shelf". In *Encyclopedia of Geomorphology*, ed. Andrew Goudie, Routledge, London and New York.

Smeets, E., and R. Weterings (1999). Environmental indicators: typology and overview. Technical report No. 25/1999. European Environment Agency, Copenhagen.

United Nations, Ad Hoc Working Group of the Whole of the General Assembly on the Regular Process for Global Reporting and Assessment of the State of the Marine Environment, including Socioeconomic Aspects. Report on the work of the Ad Hoc Working Group of the Whole to recommend a course of action to the General Assembly on the regular process for global reporting and assessment of the state of the marine environment, including socioeconomic aspects (A/64/347, annex, paras. 7 and 9).

United Nations General Assembly (UNGA) (2010). Resolution 64/71, para. 177. See also resolution 72/73, para. 302.

_____(2016). Resolution 71/257 (Oceans and the Law of the Sea), para. 299.

_____(2017a). Resolution 72/73 (Oceans and the Law of the Sea), paras. 304 and 330.

_____(2017b). Guidance for Contributors: Part I (A/72/494, annex IV).

_____(2018). Guidance for Contributors: Part II (A/73/74, annex II).

الفصل 3

الفهم العلمي للمحيطات

المساهمون: بينغ تشاو (منظم الاجتماعات)، وباولو أنتونس هورتا، ونيني بي تريس بونيفاس، وسناء شيبة (عضوة رئيسية مشاركة)، ومحمد زهيدور رحمان شودري، وكارلوس فرانسيسكو أندرادي، وأنطونيو دي ناتالي، وكارين إيفانز، وكارلوس غارسيا-سوتو (عضو رئيسي مشارك)، وإنريكي ر. مارشوف، وكولن موفات، وجوسلين مبيمبا كازادي، وهين أوجافير، ورينيسون روا (عضو رئيسي)، ويورن شميدت (عضو رئيسي مشارك)، وهوينسود سينيابتو، وسيكو تيديان بانغورا، وكيدونغ يين، وتايمون زيلنيسكي (عضو رئيسي مشارك)، وتشانغ- إيك جانغ.

النقاط الرئيسية

أدت الابتكارات التي تحققت في مجالي التكنولوجيا والهندسة فيما يتعلق بأجهزة الاستشعار ومنصات الرصد الذاتية التشغيل إلى زيادة كبيرة في عمليات رصد المحيطات، وأتاح جمع الملاحظات بدرجة عالية من الاستبانة المكانية والزمنية.

جرى تعزيز الربط الشبكي والتنسيق لبرامج الرصد الإقليمية، مما مكن بشكل أفضل من تنسيق الجهود وتكاملها وتوحيد أساليب الرصد ومواءمتها.

لا تزال هناك تفاوتات في الفهم على الصعيد العالمي وثغرات في المعارف على المستوى الإقليمي القاري، ولا سيما في جميع أنحاء أفريقيا وأمريكا الجنوبية وأوقيانوسيا.

معظم شبكات الرصد لا تغطي الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والثقافية للمحيطات، ونتيجة لذلك، لا توجد ملاحظات متاحة للجمهور تركز على هذه الجوانب بصيغ موحدة على الصعيدين الإقليمي والعالمي؛ وقد تتوفر هذه الملاحظات من خلال العمل على الحسابات القومية التكميلية.

1 - مقدمة

يرد في هذا الفصل وصفٌ للتغيرات المتصلة بالقاعدة العلمية لفهم البيئة البحرية. ويُعتبر العلم القائم على الأدلة الأساس لفهم جميع جوانب العالم. وللعلوم الطبيعية أهمية خاصة لاكتشاف البيئة والارتقاء بفهمها، في حين أن للعلوم الاجتماعية والعلوم الإنسانية أهميةً لفهم القيم الممنوحة للبيئة البحرية والسلوك البشري في استخدام المحيطات وتقدير قيمتها على حد السواء. ويكون لهذه التخصصات، حال الجمع بينها، دور أساسي في فهم التحديات التي تواجه البشرية، من أفراد ومجتمعات محلية ومجتمعات، في مجال تحقيق الاستخدام المستدام للبيئة البحرية بما يحافظ على تلك القيم ويكفل الحفاظ على البيئة البحرية. ويجري التشجيع على نحو متزايد على الأخذ بالنهج المتعدد التخصصات والنهج المشترك بين التخصصات في مجال العلوم البحرية، وهناك خطط تمويل جديدة تدعم هذين النهجين تنفذ من قبل عدة هيئات تمويل دولية، مثل شبكة BiodivERsA[1] ومبادرة JPI Ocean[2] ومنتدى بلمونت[3]، ووكالات وطنية، وفي إطار جهود ومبادرات الدبلوماسية العلمية[4، 5].

ويقدم هذا الفصل لمحة عامة عن أوجه التقدم المحرز في مجال العلوم التي يقوم عليها فهم المحيطات، وكذلك التغيرات في القدرات العلمية منذ صدور التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017c). ويلخص هذا الفصل التطورات الجديدة في مجال العلوم والتقدم المحرز فيما يتعلق بالقدرات العلمية، ويستند إلى الفصل 3 من التقييم العالمي الأول، المتعلق بالفهم العلمي لخدمات النظم الإيكولوجية (United Nations, 2017a)، والفصل 30 منه المتعلق بالبحوث العلمية البحرية (United Nations, 2017b). غير أن هذا الفصل لا يقدم معلومات محدّثة عن مفهوم خدمات النظم الإيكولوجية أو تفاصيل بشأن المفهوم الجديد المتمثل في الإسهامات التي تقدمها الطبيعة للبشر، والوارد في التقرير الأخير الصادر عن المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات المعني بالتنوع البيولوجي

1 انظر www.biodiversa.org.
2 انظر http://jpi-oceans.eu.
3 انظر www.belmontforum.org.
4 انظر https://allatlanticocean.org/main.
5 انظر https://meetings.pices.int.

وخدمات النظم الإيكولوجية (Pascual and others, 2017)، حيث تدرج في الفصل 28 من هذا التقييم.

ويتناول هذا الفصل أيضا التطورات الأعم الحاصلة منذ صدور التقييم العالمي الأول فيما يتعلق بتخصصات محددة والكيفية التي أسهمت بها تلك التطورات في تغيير فهم المحيطات (انظر الفرع 2). وهو يلخص التغيرات الرئيسية الخاصة بكل منطقة (انظر الفرع 3)، ويتناول التغيرات التي قد يُتوقع حدوثها في السنوات القادمة (انظر الفرع 4)، ويقدم لمحة عامة عن الثغرات القائمة في المعارف (انظر الفرع 5) والثغرات في مجال بناء القدرات (انظر الفرع 6).

2 - وصف التغيرات التي طرأت على البيانات والتكنولوجيا والنماذج منذ صدور التقييم العالمي الأول للمحيطات وآثارها على الفهم العام، بما في ذلك الآثار الاجتماعية والاقتصادية

بعد صدور تقرير فالديس وآخرين (International Oceanographic Commission (UNESCO-IOC), 2017a)، جرى تحديد التغيرات ومدى الزيادة في الفهم العلمي في ثماني فئات عالية من تخصصات البحوث العلمية البحرية، هي: (أ) وظائف وعمليات النظم الإيكولوجية البحرية؛ (ب) والمحيطات والمناخ؛ (ج) والقشرة المحيطية والمخاطر الجيولوجية البحرية؛ (د) والنمو الأزرق؛ (ه) وصحة المحيطات؛ (و) وصحة الإنسان ورفاهه؛ (ز) وتكنولوجيا وهندسة المحيطات؛ (ح) وعمليات رصد المحيطات والبيانات البحرية. وأتاحت الابتكارات التي تحققت في مجالي التكنولوجيا والهندسة فيما يتعلق بأجهزة الاستشعار (مثلا Wang and others, 2019) ومنصات الرصد الذاتية التشغيل (Zolich and others, 2019) جمع البيانات بدرجة عالية من الاستبانة المكانية والزمنية، ووسعت نطاق عمليات الرصد تلك لتشمل مناطق نائية (Camus and others, 2019). وتيسر أجهزة الاستشعار التي تتسم بالفعالية من حيث التكلفة وبسهولة الاستخدام، إلى جانب تطبيقات الأجهزة المحمولة، وتعزيز مشاركة المواطنين (مثلا Simoniello and others, 2019) ونشر أجهزة الاستشعار على متن السفن غير العلمية، توسيع نطاق عمليات جمع الملاحظات المتعلقة بالمحيطات (Jiang and others, 2019). وأدى ذلك إلى زيادة فهم الأنظمة الفيزيائية والبيوجيوكيميائية في المحيطات (مثلا Moore and others, 2019) وأفاد في مواصلة تطوير القدرات في مجالي الإنذار المبكر والتنبؤ بالأخطار (Luther and others, 2017). وجرى تطوير مجموعات بيانات وأساليب تتعلق بالتقييم الدقيق لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن الأنشطة البشرية وإعادة توزيعها في الغلاف الجوي والمحيطات والغلاف الحيوي الأرضي (Le Quéré and others, 2018).

وأدت أوجه التقدم المحرز في تكنولوجيا الحوسبة وفي النُّهج الإحصائية المتبعة في تحليل مجموعات البيانات الكبيرة، من خلال التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي على سبيل المثال، إلى إحراز تقدم في الاستشعار عن بعد وفي فائدة مجموعات البيانات المتعلقة بالمحيطات، ولا سيما في رصد مصائد الأسماك ومراقبتها (Toonen and Bush, 2020) وفي إدارة الغزو الأحيائي (Koerich and others, 2020). وتؤدي أوجه التقدم المحرز في النُّهج الجينومية لرصد المحيطات، من خلال طرق الحمض النووي البيئي على سبيل المثال (Ruppert and others, 2019)، إلى تعزيز فهم توزيع الأنواع وتكوينها (Canonico and others, 2019) في المحيطات، وتوفير رؤى أفضل عن الشبكات الغذائية والروابط الغذائية والربط بين الأنواع في جميع المناطق. واستُحدِثت أطر وأدوات جديدة تحدد وتقيم التأثير

التراكمي للضغوط المتعددة على النظم الإيكولوجية البحرية (Stelzenmüller and others, 2018؛ انظر أيضا الفصل 25) وتتيح استكشاف خيارات الإدارة من أجل التنمية المستدامة للمجتمع البشري (Halpern and others, 2017؛ و Audzijonyte and others, 2019). وأُطلقت مشاريع، مثل مشروع قاع البحار لعام 2030[6] المشترك بين مؤسسة نيبون ومجموعة الخريطة العامة لأعماق المحيطات، الذي يحدد كهدف طموح رسم خريطة لقيعان المحيطات بالكامل بحلول عام 2030.

ولمواصلة تطوير عمليات الرصد العالمية للمحيطات في إطار نظام متكامل، ولضمان قابلية البيانات المتعلقة بالمحيطات للمقارنة، يجري التشجيع على الربط الشبكي والتنسيق لبرامج الرصد الإقليمية (Moltmann and others, 2019). ويجري توحيد ومواءمة أساليب الرصد من خلال مبادرات دولية، مثل مبادرة المتغيرات المناخية الأساسية للنظام العالمي لرصد المناخ (Bojinski and others, 2014) ومبادرة المتغيرات الأساسية للمحيطات للنظام العالمي لرصد المحيطات (Miloslavich and others, 2018). واقتُرحت للمحيطات خدمات ومبادئ بيانات يمكن العثور عليها، والاطلاع عليها، واستعمالها بشكل متبادل، وإعادة استخدامها (Tanhua and others, 2019a)، وأنشئت أيضا منصات لتبادل أفضل الممارسات في مجالات رصد المحيطات وتبادل البيانات والحوار المجتمعي (Pearlman and others, 2019)، بغية تحسين الاستخدام الفعال للبيانات المتعلقة بالمحيطات بما يعود بالنفع على المجتمع.

3 - التغيرات والنتائج الرئيسية الخاصة بكل منطقة

3-1 - المحيط المتجمد الشمالي

ينشر مجلس القطب الشمالي، بما في ذلك برنامج رصد وتقييم القطب الشمالي وبرنامج رصد التنوع البيولوجي القطبي التابع لبرنامج الحفاظ على الثروة النباتية والحيوانية للمنطقة القطبية الشمالية، بانتظام تقارير عن حالة البيئة الأرضية وبيئة المياه العذبة والبيئة البحرية في القطب الشمالي. وقدمت التقارير الأخيرة عن حالة التنوع البيولوجي في القطب الشمالي (Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF), 2017) وعن تحمض المحيطات (Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 2018) وعن آثار تغير المناخ (AMAP, 2019) معلومات جديدة عن التغيرات السريعة التي تشهدها البيئة البحرية في القطب الشمالي، بما في ذلك تزايد تصريفات الأنهار المرتبطة بانخفاض التغطية الجليدية، والتي أدت إلى زيادة في الكربون والمغذيات، وبالتالي في الإنتاج الأولي في المناطق الساحلية. ولهذه التغيرات في الإنتاج وفي توقيت وكثافة تكاثر الطحالب البحرية آثار عميقة على الشبكة الغذائية بأكملها. وأدى احترار القطب الشمالي أيضا إلى إدخال 20 نوعاً وحدوث تغيرات في نطاق توزيع 59 نوعاً أخرى جرى التأكد منها في بحر تشوكشي وبحر بوفورت في السنوات الخمس عشرة الماضية. وتفيد بيانات الرصد أن تحمض المحيطات يؤثر بشدة على الشبكة الغذائية في القطب الشمالي، بما في ذلك الأنواع التجارية مثل سمك القد (AMAP, 2019). وعلى الرغم من التغيرات الكبيرة في المحيط المتجمد الشمالي، هناك العديد من المناطق وعناصر النظام الإيكولوجي التي لا تزال غير مدروسة بالقدر الكافي ولا تخضع للرصد الطويل الأجل (CAFF, 2017).

[6] انظر https://seabed2030.gebco.net.

3-2 - شمال المحيط الأطلسي وبحر البلطيق والبحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال

أحرز البرنامج المشترك للبحث والتطوير لبحر البلطيق[7] تقدما كبيرا في تحسين فهم بحر البلطيق. ولوحظت مؤخرا بعض الانعكاسات الكبرى في الاتجاهات، مثل عودة المفترسات العليا واستعادة بعض الأرصدة السمكية وانخفاض المدخلات من المغذيات والمواد الضارة في بحر البلطيق (Reusch and others, 2018). واستُحدث مؤخراً لبحر البلطيق نموذج حيزي صريح شامل للنظام الإيكولوجي في إطار أتلانتيس، يهدف إلى تقييم آثار الضغوط الناشئة عن الأنشطة البشرية على النظام الإيكولوجي البحري (Bossier and others, 2018). وفي التقييم الشامل الثاني لصحة النظام الإيكولوجي لبحر البلطيق، بينت لجنة حماية البيئة البحرية في منطقة بحر البلطيق أنه على الرغم من وجود علامات تحسن محدودة في حالة بحر البلطيق، فإن أهداف خطة عمل بحر البلطيق وغاياتها الإيكولوجية لم تتحقق بعد. وأُدرجت في التقييم أيضا النتائج المستمدة من التحليلات الاقتصادية والاجتماعية بالنسبة للمواضيع التي تتوافر فيها معلومات على المستوى دون الإقليمي (Helsinki Commission, 2018).

وتنشر لجنة حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي[8] من وقت لآخر معلومات مستكملة عن حالة البيئة البحرية. ووفقا لتقييم اللجنة (Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 2017)، توسعت المناطق البحرية المحمية، وحدث انخفاض في مستوى الملوثات وتصريف المواد المشعة، ولا سيما من منشآت النفط والغاز. ومع ذلك، ظل فرط المغذيات يمثل مشكلة، ولوحظت زيادة في القمامة البحرية، وخاصة المواد البلاستيكية. وعلى الرغم من تزايد أعداد بعض الثدييات البحرية، مثل الفقمة الشائعة (Phoca vitulina) والفقمة الرمادية (Halichoerus grypus)، تتناقص الأعداد بالنسبة لبعض الثدييات البحرية الأخرى، مثل خنزير البحر الشائع (Phocoena) والدلافين الكبيرة (Tursiops truncatus). ويتناقص أكثر من ربع أنواع الطيور البحرية التي تم تقييمها، ولا تزال موائل قاع البحار تتأثر بالصيد بشباك الجر القاعية.

وبموجب اتفاقية حماية البيئة البحرية والمنطقة الساحلية للبحر الأبيض المتوسط[9]، يجري وضع عدد من خطط العمل المفصَّلة جيدا التي تستهدف القضايا ذات الأولوية بالنسبة للبحر الأبيض المتوسط. ومن بين هذه القضايا التلوث، وحفظ الموائل والأنواع، وتغير المناخ، والإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية، والاستخدام المستدام للموارد.

واكتُشفت مؤخرا أعداد كبيرة من دوامات "المناطق الميتة" المحلية التي تشهد نقص الأكسجين في الجزء الشرقي للمنطقة المدارية من شمال المحيط الأطلسي. وفي شمال خط عرض 12 درجة شمالا، تجلب هذه الدوامات مياه البحر المنخفضة الملوحة من منطقة المجرى الصاعد للحدود الشرقية لشمال المحيط الأطلسي إلى أعالي البحار، أما في جنوب خط عرض 12 درجة شمالا، فيبدو أن هذه الدوامات تتولد في المحيط المفتوح (Schütte and others, 2016a). وتؤدي زيادة تركيزات الكلوروفيل المرتبطة بزيادة استهلاك الأكسجين في جوف الدوامات إلى زيادة في الاستهلاك الكلي للأكسجين في شرق المنطقة المدارية المفتوحة من شمال المحيط الأطلسي. ويُعتقد أن يسهم ذلك في تشكيل منطقة الحد الأدنى من الأكسجين الضحلة في المنطقة (Schütte and others, 2016b).

[7] انظر www.bonusportal.org.
[8] انظر www.ospar.org.
[9] انظر www.unep.org/unepmap.

3-3 - جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى

أُحرز تقدم كبير في رصد وفهم آثار التغيرات المناخية المتقارنة المتعددة في المنطقة المدارية من المحيط الأطلسي وفي التنبؤ بها، مثل هطول الأمطار القارية، ونشاط الأعاصير، والإنتاجية البيولوجية البحرية، وموجات الحر الشديد، ودوران الغلاف الجوي مع المنطقة الاستوائية من المحيط الهادئ، والارتباط بالظواهر الاجتماعية والتأثير فيها، ومدخلات المياه العذبة من الأمازون (Foltz and others, 2019؛ و Rodrigues and others, 2019). وانتقلت محطات التنبؤ والبحوث العائمة المثبتة في المنطقة المدارية من المحيط الأطلسي[10] إلى الجيل التالي من العوامات المثبتة لتوسيع نطاق قدرتها على إجراء البحوث والتنبؤات المتعلقة بالمحيطات والمناخ وتعزيزها. وتم الحصول على المزيد من بيانات الرصد الموقعي من خلال عمليات المسح الهيدروغرافي والتطوعي المتكررة باستخدام السفن. وشهد ارتفاع مياه القاع إلى السطح تراخيا طويل الأمد في المناطق الساحلية من السنغال، مما أدى إلى تكاثر طحالب الدياتوم. ومن المتوقع أن يؤدي ذلك إلى نقص الأكسجين وفقدان النيتروجين في المنطقة (Machu and others, 2019). ويلزم تحسين فهم أسباب تكاثر طحالب السرغس وحركتها وآثارها الإيكولوجية في البحر الكاريبي (Wang and Hu, 2017).

وأُحرز تقدم في نظم الإنذار المبكر للشعاب المرجانية، ولا سيما من خلال إقامة شراكات جديدة، بما في ذلك شراكة مركز الجماعة الكاريبية لتغير المناخ والإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي. وبموجب هذا الاتفاق، يقدم المختبر الأطلسي لعلوم المحيطات والأرصاد الجوية، الذي يمول جزئيا من برنامج الحفاظ على الشعاب المرجانية، خدمات المشورة ودعم نظم المعلومات، بما في ذلك برمجة عوامات جمع البيانات ونقل البيانات إلى المختبر.

3-4 - المحيط الهندي وبحر العرب وخليج البنغال والبحر الأحمر وخليج عدن والخليج الفارسي

يُعزى التقدم المحرز في فهم المحيط الهندي ونظمه الإيكولوجية منذ صدور التقييم العالمي الأول بدرجة كبيرة إلى البعثة الدولية الثانية لدراسة المحيط الهندي، التي بدأت عملها منذ عام 2015 والتي مُدِّدت في عام 2020 لمدة خمس سنوات أخرى (Hood and others, 2015؛ و Hood and others, 2019). ولاحظت المبادرة التعاونية المتعددة الجنسيات اتساع نطاق الاستنفاد الجوفي للأكسجين على امتداد الحدود الغربية لبحر العرب، مما أدى إلى تحول كبير في النظم الإيكولوجية في كل من بحر العرب وخليج البنغال (Gomes and others, 2014؛ و Bristow and others, 2017). واكتشفت البعثة أيضا أخاديد مغمورة جديدة وأتاحت تحسين فهم الموائل القاعية لحقل العقيدات السحيقة في حوض المحيط الهندي الأوسط، والحافة القارية الغربية لبحر العرب، والمناطق الغربية من خليج البنغال (Hood and others, 2019). ولوحظت أيضا في إطار البعثة التغيرات الهائلة في الحالة البيوجيوكيميائية والنظم الإيكولوجية للخليج الفارسي والناجمة عن الأنشطة البشرية، والقياسات الأولى المبلغ عنها للإنتاج الأولي وامتصاص النيتروجين وتنوع العوالق النباتية على نطاق جميع المناطق البيوجيوكيميائية في المنطقة الوسطى القليلة المغذيات من المحيط الهندي (Hood and others, 2015).

وأدى استعراض أجراه نظام رصد المحيط الهندي إلى إعادة تصميم مراسي شبكة العوامات البحثية الراسية لتحليل الرياح الموسمية الأفريقية والآسيوية والأسترالية والتنبؤ بها لتشمل مواقع جديدة في بحر العرب وثمانية مواقع إضافية مقررة خارج المنطقة الاقتصادية الخالصة للهند مباشرة. وتوفر المراسي بيانات شبه آنية في مجال علم المحيطات والأرصاد الجوية وهي متاحة مباشرة لمراكز التنبؤ بالمناخ والطقس لأغراض نمذجة

[10] انظر http://pirata.ccst.inpe.br/en/home.

المناخ والتنبؤ بالطقس (Hermes and others, 2019). وتوفر أعداد متزايدة من عوامات آرغو المزودة بأجهزة الاستشعار البيوجيوكيميائية التي تستخدم في إطار النظام رؤى بشأن العمليات الرئيسية المرتبطة بتكاثر العوالق وبمناطق الحد الأدنى من الأكسجين (Hermes and others, 2019).

ويشكل تيار التدفق المباشر الإندونيسي، وهو تسرب لمياه المنطقة المدارية الغربية للمحيط الهادئ إلى المنطقة المدارية الجنوبية الشرقية للمحيط الهندي من خلال البحار الإندونيسية، مسارا مهما لنقل الإشارات المناخية واختلالاتها في محيطات العالم (Fan and others, 2018؛ و Feng and others, 2017؛ و Iwatani and others, 2018؛ و Lee and others, 2019؛ و Maher and others, 2018؛ و Zhou and others, 2016). ولا يزال هناك قدر كبير من عدم اليقين حول قياس ونمذجة التقلبات الفيزيائية والبيوجيوكيميائية داخل البحار الإندونيسية.

3-5 - شمال المحيط الهادئ

وسعت عناصر شمال المحيط الهادئ من النظام المتكامل لرصد المحيطات نطاق قدرتها في مجال رصد المناطق الساحلية وبدأت في إدماج تخصصات العلوم الاجتماعية. وأفضى ذلك إلى تحسين فهم آلية حدوث موجة الحر الشديد التي وقعت في ألاسكا في الفترة 2014-2016 ولآثارها الإيكولوجية (Yang and others, 2019).

ومنذ صدور التقييم العالمي الأول، تعزز منظمة العلوم البحرية لشمال المحيط الهادئ[11] دورها في تنسيق شبكات الرصد الإقليمية في شمال المحيط الهادئ وتعمل بوصفها منبرا لتبادل المعارف فيما بين العلماء وهمزة الوصل بين العلم ومقرري السياسات. وفي الفترة التي تلت صدور التقييم العالمي الأول، أصدرت منشورين خاصين: الأول بشأن تحمض المحيطات وتناقص الأكسجين في شمال المحيط الهادئ (Christian and Ono, 2019) والآخر بشأن آثار الحطام البحري الناجم عن أمواج تسونامي التي وقعت في عام 2011 في اليابان (Clarke Murray and others, 2019). وعملت أيضا على تحسين فهم إمكانية التنبؤ بالمناخ والنظم الإيكولوجية، والعوامل المحركة لتكاثر الطحالب وقناديل البحر، والنظم الإيكولوجية البحرية والخدمات التي تقدمها، ورفاه الإنسان، والمفترسات العليا (Watanuki and others, 2016؛ و Makino and Perry, 2017؛ و Trainer, 2017؛ و Uye and Brodeur, 2017؛ و Zhang and others, 2015؛ و Jang and Curchitser, 2018). وتصدر المنظمة بصفة دورية تقريرا عن حالة النظم الإيكولوجية لشمال المحيط الهادئ بهدف استعراض وتلخيص حالة واتجاهات النظم الإيكولوجية البحرية في شمال المحيط الهادئ تراعي فيه العوامل التي تؤدي، أو يُتوقع أن تؤدي، إلى حدوث تغير في المستقبل القريب. ويجري حاليا إعداد التقرير الثالث، الذي سيتضمن تفاصيل اتجاهات الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لشمال المحيط الهادئ طوال العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين.

ووسعت الصين بصورة كبيرة نطاق قدراتها وإمكاناتها في مجال البحوث البحرية، بما في ذلك منصات الاستشعار عن بعد ومنصات الرصد الموقعي والبنى الأساسية البرية (Chen and Lei, 2019)، مما أدى إلى تحسين قدرة الرصد في المياه قُبالة جنوب شرق آسيا. وأسهم هذا النظام في دعم التقدم المحرز في التعاون الإقليمي في مجال التنمية المستدامة وفي البحوث البحرية والمناخية.

3-6 - جنوب المحيط الهادئ

ساعد الفهم الجديد لآثار تغير المناخ واحترار المحيطات في تحديد النقاط الساخنة الرئيسية في جنوب المحيط الهادئ، بما في ذلك جنوب شرق أستراليا وغرب جزر غالاباغوس وشرق ميكرونيزيا وممر دريك، حيث تشهد المناطق احترارا بمعدلات أعلى من المتوسط العالمي[12]. وفي

[11] انظر https://meetings.pices.int.
[12] انظر www.marinehotspots.org.

الوقت ذاته، أُحرز تقدم في وصف وفهم موجات الحر البحرية وآثارها على النظم الإيكولوجية البحرية (Oliver and others, 2018؛ و Fordyce and others, 2019). ولم تكشف تقييمات الجزر المرجانية التي أجريت في جميع أنحاء المنطقة عن وجود أي دلائل واسعة النطاق على زعزعة الاستقرار من الناحية الفيزيائية في مواجهة ارتفاع مستوى سطح البحر، مع بقاء مساحة اليابسة مستقرة (Duvat, 2018). وتجمع نظم الرصد في المنطقة حاليا سلاسل زمنية لطائفة من عمليات رصد المحيطات، بما في ذلك البيئة الفيزيائية والكيميائية والإنتاجية البيولوجية والحيوانات البحرية التي يجري الإبلاغ عن اتجاهاتها وتغيراتها[13].

وأقيمت شراكات إقليمية جديدة بين أعضاء اللجنة الدائمة لجنوب المحيط الهادئ (إكوادور، وبيرو، وشيلي، وكولومبيا) بهدف رصد التقلبات الأوقيانوغرافية والمناخية والتنبؤ بها[14]. وفي التقرير الأخير عن نظام رصد المحيط الهادئ المداري[15]، قدمت توصيات بشأن إعادة تصميم محطة عائمة مثبتة[16] يمكن أن تحسن عمليات الرصد في المناطق المدارية في المحيط الهادئ.

وتصدر حكومة أستراليا تقريرا كل خمس سنوات عن حالة البيئة الأسترالية، وصدر آخرها في عام 2016 (Clark and Johnston, 2016؛ و Evans and others, 2016؛ و Evans and others, 2018)، واستنتج في التقارير المواضيعية المتعلقة بالمناطق البحرية والساحلية أن الحالة العامة للبيئات الساحلية والبحرية الأسترالية يمكن اعتبارها جيدة. غير أن الآثار التاريخية لعدد من الضغوط التي تعرضت لها تلك البيئات، مثل الصيد التجاري والترفيهي، والضغوط المستمرة الناجمة عن الأنشطة التي تدار حاليا بطريقة غير ملائمة، مثل تغير المناخ والحطام البحري، أدت إلى حدوث تدهور في تلك البيئات ولا تزال تؤثر تأثيرا سلبيا عليها. ونتيجة لذلك، اعتبرت التوقعات المتعلقة بالبيئة الساحلية والبحرية متباينة وتعتمد إلى حد كبير على تصاعد مسار الضغوط المتصلة بالمناخ والتوسع المستمر في نطاق التنمية الساحلية والبحرية.

وتصدر نيوزيلندا أيضا بانتظام تقريرا عن حالة البيئة البحرية فيها، وأصدرت تقريرين، منذ صدور التقييم العالمي الأول، في عامي 2016 و 2019[17]. وقد سلط التقرير الأخير الضوء على المسائل الجارية، بما في ذلك الخطر الذي يهدد العديد من الأنواع والموائل، وتزايد مدخلات التلوث، شأنها في ذلك شأن تراكم الرواسب في البيئة البحرية، وتزايد أنشطة القوارب والنقل البحري، مما يؤدي إلى انتشار الأنواع غير المحلية وانتشار التلوث، وزيادة تنمية السواحل، وحدوث تغير غير مسبوق في البيئة البحرية يرتبط بتغير المناخ. وتجدر الإشارة إلى أن التقرير سلط الضوء على أن الأثر التراكمي لهذه الضغوط هو المشكلة الأكثر إلحاحا التي تواجه المحيطات.

3-7 - المحيط الجنوبي

في المحيط الجنوبي، يقوم نظام الرصد في المحيط الجنوبي، وهو مبادرة مشتركة بين اللجنة العلمية المعنية بالبحوث الخاصة بأنتاركتيكا واللجنة العلمية لبحوث المحيطات أنشئت في عام 2011، بتيسير جمع بيانات عمليات الرصد الأوقيانوغرافية الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الأساسية. وتيسر شبكات أنشطة الرصد الإقليمية العاملة في إطار نظام الرصد في المحيط الجنوبي تبادل المعلومات، ونقل التكنولوجيا، وتوحيد القياسات وتبادل البيانات[18]. ومن بين الأدوات التي طورها هذا النظام منصة تفاعلية متاحة للاستخدام على شبكة الإنترنت تتيح للمستخدمين استكشاف مجموعات البيانات المتصلة بالمنطقة القطبية وتيسير تبادل المعلومات العلمية. وهناك قاعدة بيانات تتعلق بالبعثات

13 انظر www.imosoceanreport.org.au.
14 انظر http://met.igp.gob.pe/elnino/enfen/index.html.
15 انظر http://tpos2020.org.
16 انظر www.pmel.noaa.gov/gtmba/mission.
17 انظر www.mfe.govt.nz.
18 انظر http://soos.aq/activities/cwg/soflux.

المقبلة إلى المحيط الجنوبي تتيح للمستخدمين التعرف على البعثات، مثل الأسفار أو الرحلات الجوية أو الرحلات البحرية، التي من المقرر القيام بها للمساعدة في تيسير تنسيق الأنشطة الميدانية (Newman and others, 2019). والنظام يدعم التقدم المحرز في عدد بيانات الرصد التي يتم جمعها منذ صدور التقييم العالمي الأول، لا سيما فيما يتعلق برصد الزيادات في درجة حرارة المحيط (Roemmich and others, 2015)، والزيادات في الرياح الغربية التي تهب فوق المجرى القطبي لأنتاركتيكا (Gent, 2016)، وانخفاض درجة ملوحة المحيط، ولا سيما بالقرب من القارة (Schmidtko and others, 2014). وأدى نشر أجهزة الاستشعار الكيميائية الأحيائية إلى زيادة قياسات الكلوروفيل أ والنيترات والأكسجين والضوء والخواص البصرية ودرجة الحموضة في جميع أنحاء المحيط الجنوبي (Newman and others, 2019). وتجمع حاليا عوامات آرغو الحيوية المجهزة للعمل في الجليد معلومات عن الدورات البيوجيوكيميائية خلال فترات التغطية بالجليد (Briggs and others, 2017)، وتسهم المراكب الانسيابية في جمع بيانات عمليات رصد المحيطات (Newman and others, 2019). ومع تغير النظم الإيكولوجية، لوحظت آثار متفاوتة على المفترسات البحرية؛ وانخفضت بعض مجموعات طيور بطريق آديلي (Pygoscelis adeliae) وطيور البطريق الشريطي الذقن (Pygoscelis antarcticus)، في حين زادت مجموعات بعض طيور بطريق جنتو (Pygoscelis papua) (Trivelpiece and others, 2011؛ و Hinke and others, 2017؛ انظر أيضا الفصل 7). ويستمر الاضطلاع بالرصد الطويل الأجل للأنواع البحرية، بما في ذلك طيور البطريق والفقم، في إطار اتفاقية حفظ الموارد البحرية الحية لأنتاركتيكا، كجزء من إدارة مصائد الكريل، بما يزيد فهم سلوكها في البحث عن المأكل وخصائصها الديمغرافية (Newman and others, 2019).

4 - التوقعات فيما يتعلق بالفهم العلمي للمحيطات

سيساعد إجراء المزيد من البحوث العلمية في تقييم مدى تحقيق الغايات المحددة في إطار الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة، ولا سيما خلال عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة[19]. وفي إطار هذا العقد، يعتبر اتباع نُهج مبتكرة للعلوم، تشمل العديد من التخصصات والعديد من قطاعات المجتمع، أمرا ضروريا لتحقيق خطة التنمية المستدامة لعام 2030. وفيما يتعلق برصد المحيطات والسواحل بصفة عامة، قدم مؤتمر رصد المحيطات لعام 2019 (OceanObs'19)[20] مجموعة من التوصيات التي تركز، في جملة أمور، على استمرار عمليات رصد المحيطات؛ والتواصل مع المستخدمين وأصحاب المصلحة؛ وتحديد منافع عمليات الرصد العائدة على المجتمع؛ ومواصلة تطوير المؤشرات المتعلقة بالمحيطات؛ وتعزيز اتباع النُّهج المتعددة التخصصات في مجال البحث. وقد بدأ العمل على وضع خرائط طريق لمواصلة تطوير نظام عالمي لرصد المحيطات يشمل عمليات الرصد اللاأحيائية والأحيائية ويدمجها ويتجاوز تكنولوجيات الرصد التقليدية (Speich and others, 2019). وإلى جانب التقدم المحرز في مجالي تكنولوجيا الحوسبة والطرق التحليلية، ستساعد نواتج دراسات طرق الحمض النووي البيئي في تحليل عمليات رصد التنوع البيولوجي، بما ينتج عنه تحسين إدخال المعلومات في نماذج النظم الإيكولوجية واستخدامها في الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية.

[19] انظر قرار الجمعية العامة 72/73؛ وانظر أيضا www.oceandecade.org.
[20] انظر www.oceanobs19.net/sessions.

ودخلت الاتفاقية الدولية لمراقبة وتصريف مياه صابورة السفن ورواسبها حيز التنفيذ في عام 2017[21]. وتهدف الاتفاقية إلى منع انتشار الكائنات المائية الضارة من منطقة إلى أخرى عن طريق وضع معايير وإجراءات لتصريف ومراقبة مياه صابورة السفن ورواسبها. ويلزم القيام بمزيد من العمل العلمي لتوليد الأدلة والمعارف اللازمة، بما في ذلك استناداً إلى عمليات الرصد وتطوير التكنولوجيا، لمساعدة المديرين وأصحاب المصلحة، بما في ذلك السلطات الحكومية، على تنفيذ الاتفاقية.

5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

تتصل التحديات العلمية التي ستواجه في المستقبل القريب بمواضيع من قبيل فهم وتوقع الأحداث المتصلة بظاهرة النينيو/التذبذب الجنوبي ونقاط التحول في النظم الإيكولوجية البحرية، والتحديد الكمي للآثار التراكمية للضغوط المتعددة التي تتعرض لها البيئات البحرية، ووضع نُهج للإدارة التكيفية وإضفاء طابع عملي أكبر عليها، وتشجيع النظر في المعارف المحلية والتقليدية ومعارف الشعوب الأصلية وإدماجها على نطاق أوسع لدى تقييم النظم الإيكولوجية البحرية وإدارتها.

ولا تزال هناك تفاوتات في الفهم على الصعيد العالمي وثغرات في المعارف على المستوى الإقليمي القاري. فغالبية البحوث والمعلومات المتيسرة (استنادا إلى عدد المنشورات) تتصل بشمال المحيط الأطلسي وشمال المحيط الهادئ والمحيط المتجمد الشمالي. أما المناطق الأخرى، ولا سيما أفريقيا وأمريكا الجنوبية وأوقيانوسيا (UNESCO-IOC, 2017b)، فالمعلومات المتاحة عنها أقل.

ويعد نشر القياسات المجمعة في الوقت المناسب أمرًا هامًّا جدًّا للاستخدام الفعال للبيانات في إطار النظم المترابطة الحالية للرصد والتنبؤ فيما يتعلق بالمحيطات. ويعد هذا الجانب من جوانب إتاحة البيانات وبرنامج مراقبة الجودة عنصرين أساسين للاستفادة على أفضل وجه من عمليات رصد المحيطات.

وفي الوقت الحالي، لا تغطي معظم شبكات الرصد العالمية الجوانبَ الاقتصادية والاجتماعية والثقافية للمحيطات، ونتيجة لذلك، لا توجد معاينات متواصلة متاحة للجمهور تركز على هذه الجوانب من النظم البحرية بصيغ موحدة على المستويين الإقليمي والعالمي (Evans and others, 2019). ويتطلب تجميع المعلومات الاقتصادية والاجتماعية والثقافية في صيغ يمكن استخدامها للإدراج في إطار للتقييم بغرض التجميع على المستوى العالمي جهداً كبيراً يتجاوز، في كثير من الأحيان، قدرة الأفراد أو مجموعات الأفراد المنخرطين في المساهمة في هذا التقييم. وهذا مجال سيؤدي فيه توسيع نطاق أطر الرصد الحالية لتشمل الرصد المستمر والموحد للجوانب الاقتصادية والاجتماعية والثقافية للمحيطات، إلى تحسن كبير في التقييمات المضطلع بها في إطار التقييم العالمي (Evans and others, 2019). وقد أوضح المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات المعني بالتنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية الحاجة إلى زيادة القدرة، ليس على رصد التنوع البيولوجي فحسب، بل أيضا على فهم وظائفه وأثر الأنشطة البشرية عليه، بما في ذلك تغير المناخ (IPBES, 2019). ومن أهداف المتغيرات التي يجري تطويرها في إطار النظام العالمي لرصد المحيطات توسيع نطاق عمليات رصد الضغوط التي تتعرض لها النظم الإيكولوجية البحرية من جراء الأنشطة البشرية

[21] المنظمة البحرية الدولية، الوثيقة BWM/CONF/36، المرفق؛ انظر أيضا الرابط التالي: https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx.

لتشمل الضوضاء في المحيطات والحطام البحري، بما في ذلك المواد البلاستيكية. ويمكن أن تساعد نواتج التقييم العالمي في توجيه عملية تحديد هذه المتغيرات، ويمكن أن توفر، في إطار ذلك، مساراً مشتركا لإدخال مزيد من التحسينات على عمليات الرصد التي تسهم في إعداد التقييمات المقبلة.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

يتوقف التقدم المحرز في الفهم العالمي للمعارف العلمية على توحيد الجهود المبذولة للمشاركة في البحوث في جميع المناطق القارية على الصعيد العالمي. ويتوقف كذلك توحيد الجهود البحثية المبذولة على الصعيد العالمي على مدى نشر وتبادل الهياكل الأساسية المتقدمة والقدرات البشرية العلمية المتخصصة والتكنولوجيا عن طريق الشراكات. ويتطلب العديد من تخصصات العلوم الطبيعية، مثل علوم الأوقيانوغرافيا الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والجيولوجيا البحرية، سفناً للبحوث أو معدات متخصصة أخرى وتكنولوجيا حديثة متطورة وتلقي الدعم من مختبرات برية مجهزة بمعدات حديثة بهدف دعم الدراسات الاستقصائية البحثية في كامل نطاق عمق المحيطات على الصعيد العالمي. وثمة حاجة إلى تقديم مزيد من الدعم من خلال استخدام السواتل في دراسات المحيطات التي تجرى بالاستشعار عن بعد. وثمة حاجة أيضا إلى الابتكار لاستحداث أدوات وأساليب تتسم بفعالية التكلفة لعمليات الرصد الموقعية.

وفي الوقت الراهن، هناك اختلال في مستوى الفهم العلمي على الصعيد الإقليمي نظرا للتفاوتات في قدرات الهياكل الأساسية الإقليمية وفي القدرات البشرية المهنية المتخصصة. وتؤثر هذه التفاوتات بالتالي على إمكانيات المشاركة في بحوث المحيطات التنافسية، وتؤدي بدورها إلى التفاوتات الملحوظة في الفهم العلمي للمحيطات على الصعيد الإقليمي.

ولتحسين قدرات التنبؤ بظاهرة النينيو/التذبذب الجنوبي وغيرها من تقلبات المناخ في المحيطات، يلزم تعزيز نظم رصد المحيطات وتشجيع إقامة الشراكات مع البلدان في المناطق من أجل تعزيز القدرات المحلية[22]. ومن أجل رصد التغيرات الهامة التي تطرأ على البيئات الفيزيائية والبيوجيوكيميائية وآثارها على النظم الإيكولوجية والمجتمع، هناك حاجة إلى مزيد من التكامل في عمليات الرصد المتعددة التخصصات، وتقليل مستوى عدم اليقين في نماذج التنبؤ. ويلزم أيضا التحلي بالابتكار في استراتيجيات التمويل للحفاظ على نظم الرصد المتكاملة.

واقترحت أوساط علوم المحيطات خطط عمل للعقد المقبل (Speich and others, 2019) تتضمن جهوداً تهدف إلى زيادة كفاءة سلسلة القيمة للمعلومات المتعلقة بالمحيطات (Tanhua and others, 2019b). ولتعظيم قيمة بيانات المحيطات للاستخدام المجتمعي، ينبغي تبسيط الواجهة البينية لكل خدمة، والملاحظة العلمية، وتجميع البيانات وإدارتها، والسياسة العامة، بطريقة سلسة. فعلى سبيل المثال، يجب أن يتم على نحو متسق تنفيذ التكامل بين نظم الرصد ومبادئ البيانات التي يمكن العثور عليها، والاطلاع عليها، واستعمالها بشكل متبادل، وإعادة استخدامها. ويتمثل الهدف من هذا التقييم العالمي في إتاحة نقل المعارف العلمية بوصفها معلومات يمكن استخدامها وفهمها بالنسبة للمستعملين غير الأكاديميين ويمكن بالتالي أن تكون حلقة هامة في سلسلة القيمة لبيانات المحيطات.

وينبغي مواصلة إدماج المعارف المحلية والتقليدية ومعارف الشعوب الأصلية، وينبغي للمفاهيم المتعلقة بتيسير التعاون لإتاحة فرص الاعتراف بأوجه التآزر وتقاسم وتبادل المعلومات (Wright and others, 2019) أن تصبح ضمن أفضل الممارسات.

[22] انظر: http://soos.aq/activities/cwg/soflux.

المراجع

Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) (2018). *AMAP Assessment 2018: Arctic Ocean Acidification*. Tromsø, Norway: AMAP.

_____ (2019). *AMAP Climate Change Update 2019: An Update to Key Findings of Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017*. Oslo, Norway: AMAP, p. 12.

Audzijonyte, Asta, and others (2019). Atlantis: a spatially explicit end-to-end marine ecosystem model with dynamically integrated physics, ecology and socio-economic modules. *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 10, No. 10, pp. 1814–1819. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13272.

Bojinski, Stephan, and others (2014). The concept of essential climate variables in support of climate research, applications, and policy. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 95, No. 9, pp. 1431–1443.

Bossier, Sieme, and others (2018). The Baltic Sea Atlantis: An integrated end-to-end modelling framework evaluating ecosystem-wide effects of human-induced pressures. *PloS One*, vol. 13, No. 7.

Briggs, Ellen M., and others (2017). Physical and biological drivers of biogeochemical tracers within the seasonal sea ice zone of the Southern Ocean from profiling floats. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123(2), pp. 746–758. https://doi.org/10.1002/2017JC012846.

Bristow, L.A., and others (2017). N2 production rates limited by nitrite availability in the Bay of Bengal oxygen minimum zone. *Nature Geoscience*, vol. 10, No. 1, pp. 24–29. https://doi.org/10.1038/ngeo2847.

Camus, Lionel, and others (2019). Autonomous surface and underwater vehicles reveal new discoveries in the arctic ocean. In *OCEANS 2019-Marseille*, pp. 1–8. IEEE.

Canonico, Gabrielle, and others (2019). Global observational needs and resources for marine biodiversity. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 367. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00367.

Chen, Lianzeng, and Bo Lei (2019). Marine science and technology development over the past 70 years in China. *Haiyang Xuebao*, 41(10): 3–22. https://doi.org/10.3969/j.issn.0253-4193.2019.10.002.

Christian, James R., and Tsuneo Ono, eds. (2019). *Ocean Acidification and Deoxygenation in the North Pacific Ocean*. PICES Special Publication 5. North Pacific Marine Science Organization (PICES).

Clark G.F., and E.L. Johnston (2016). Coasts: coasts. In *Australia State of the Environment 2016*. Canberra: Australian Government Department of the Environment and Energy. https://soe.environment.gov.au/theme/coasts.

Clarke Murray, Cathryn, and others, eds. (2019). *The Effects of Marine Debris Caused by the Great Japan Tsunami of 2011*. PICES Special Publication 6. North Pacific Marine Science Organization (PICES).

Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (2017). *Intermediate Assessment 2017*. https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017.

Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF) (2017). State of the Arctic Marine Biodiversity. https://www.arcticbiodiversity.is/marine.

Delory, E., and J. Pearlman, eds. (2018), *Challenges and Innovations in Ocean: In Situ Sensors,* 1st edition. ISBN: 9780128098868.

Duvat, Virginie K.E. (2018). A global assessment of atoll island planform changes over the past decades. *WIREs Climate Change*, vol. 10, No. 1, p. e557. https://doi.org/10.1002/wcc.557.

Dziak, R.P., and others (2017): Ambient sound at Challenger Deep, Mariana Trench. Oceanography, 30(2), 186–197, https://doi.org/10.5670/oceanog.2017.240.

Evans, Karen, and others (2016). Marine environment: marine environment. In *Australia State of the Environment 2016*. Canberra: Australian Government Department of the Environment and Energy. Canberra.

Evans, Karen, and others (2019). The global integrated world ocean assessment: linking observations to science and policy across multiple scales. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 298. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00298.

Evans, Karen, and others (2018). Enhancing the robustness of a national assessment of the marine environment. *Marine Policy*, vol. 98, pp. 133–145. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.08.011.

Fan, W., and others (2018) Variability of the Indonesian Throughflow in the Makassar Strait over the Last 30ka. *Scientific Reports*, 8(1):5678. https://doi.org/10.1038/s41598-018-24055-1.

Feng, M., and others (2017). Contribution of the deep ocean to the centennial changes of the Indonesian Throughflow. Geophysical Research Letters, 44(6): 2859–2867. https://doi.org/10.1002/2017GL072577.

Fernandez C., and others (2019). Temporal and spatial variability of biological nitrogen fixation off the upwelling system of central Chile (35–38.5˚S), *Journal of Geophysical Research Oceans*, , vol. 120, pp.3330–3349. https://doi.org/10.1002/2014JC010410.

Foltz, G.R., and others (2019). The tropical Atlantic observing system. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 206. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00206.

Fordyce, Alexander J., and others (2019). Marine Heatwave Hotspots in Coral Reef Environments: Physical Drivers, Ecophysiological Outcomes, and Impact Upon Structural Complexity. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 498. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00498.

Gent, Peter R. (2016). Effects of Southern Hemisphere wind changes on the meridional overturning circulation in ocean models. *Annual Review of Marine Science*, vol. 8, No. 1, pp. 79–94. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-122414-033929.

Gomes, Helga do Rosário, and others (2014). Massive outbreaks of noctiluca scintillans blooms in the Arabian Sea due to spread of hypoxia. *Nature Communications*, vol. 5, No. 1, p. 4862. https://doi.org/10.1038/ncomms5862.

Halpern, Benjamin S., and others (2017). Drivers and implications of change in global ocean health over the past five years. *PLOS ONE*, vol. 12, No. 7, pp. 1–23. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178267.

Helsinki Commission (2018). State of the Baltic Sea: second HELCOM holistic assessment 2011-2016. In *Baltic Sea Environment Proceedings 155*. Helsinki, Finland.

Hermes, J.C., and others (2019). A sustained ocean observing system in the Indian Ocean for climate related scientific knowledge and societal needs. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 355. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00355.

Hinke, Jefferson T., and others (2017). Variable vital rates and the risk of population declines in Adélie penguins from the Antarctic Peninsula region. *Ecosphere*, vol. 8, No. 1, p. e01666. https://doi.org/10.1002/ecs2.1666.

Hood, Raleigh R., and others (2015). *Science Plan of the Second International Indian Ocean Expedition (IIOE-2): A Basin-Wide Research Program*. Newark, Delaware: Scientific Committee on Oceanic Research.

_____ (2019). The second International Indian Ocean Expedition (IIOE-2): Motivating new exploration in a poorly understood ocean basin (volume 2). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 166, pp. 3–5. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2019.07.016.

Huang, Zhi, and Xiao Hua Wang (2019). Mapping the spatial and temporal variability of the upwelling systems of the Australian south-eastern coast using 14-year of MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, vol. 227, pp. 90–109.

Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO-IOC) (2017a). *Global Ocean Science Report: The Current Status of Ocean Science around the World*. ed. Luis Valdés. Paris: UNESCO Publishing.

_____ (2017b). Research productivity and science impact. In *Global Ocean Science Report: The Current Status of Ocean Science around the World*, ed. Luis Valdés. Paris: UNESCO Publishing.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2019). *Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES/7/10/Add.1.*

Jang, Chan Joo, and Enrique Curchitser, eds. (2018). Report of working group 29 on regional climate modeling. *PICES Scientific Report*, No. 54, pp. 1–177.

Iwatani, Hokuto, and others (2018). Intermediate-water dynamics and ocean ventilation effects on the Indonesian Throughflow during the past 15,000 years: Ostracod evidence. *Geology*. https://doi.org/10.1130/G40177.1.

Jiang, Zong-Pei, and others (2019). Enhancing the observing capacity for the surface ocean by the use of Volunteer Observing Ship. *Acta Oceanologica Sinica*, vol. 38, No. 7, pp. 114–120. https://doi.org/10.1007/s13131-019-1463-3.

Koerich, Gabrielle, and others (2020). How experimental physiology and ecological niche modelling can inform the management of marine bioinvasions? *Science of The Total Environment* 700: 134692. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134692.

Lee, T., and others (2019). Maritime Continent water cycle regulates low-latitude chokepoint of global ocean circulation. *Nature Communications*. https://doi.org/10.1038/s41467-019-10109-z.

Le Quéré, C., and others (2018). Global carbon budget 2018. *Earth System Science Data*, vol. 10, No. 4, pp. 2141–2194. https://doi.org/10.5194/essd-10-2141-2018.

Luther, Jochen, and others (2017). World Meteorological Organization: Concerted International Efforts for Advancing Multi-hazard Early Warning Systems. In *Advancing Culture of Living with Landslides*, eds. Kyoji Sassa, Matjaž Mikoš, and Yueping Yin, pp. 129–41. Cham: Springer International Publishing.

Machu, E., and others (2019). First evidence of anoxia and nitrogen loss in the southern Canary upwelling system. *Geophysical Research Letters*, vol. 46, No. 5, pp. 2619–2127. https://doi.org/10.1029/2018GL079622.

Maher, N., and others (2018). Role of Pacific trade winds in driving ocean temperatures during the recent slowdown and projections under a wind trend reversal. *Climate Dynamics*, 51(1–2):321–336. https://doi.org/10.1007/s00382-017-3923-3.

Makino, Mitsutaku, and R. Ian Perry, eds. (2017). Marine Ecosystems and Human Well-being: The PICES-Japan MAFF MarWeB Project. *PICES Scientific Report*, No. 52, pp. 1–234.

Miloslavich, Patricia, and others (2018). Essential ocean variables for global sustained observations of biodiversity and ecosystem changes. *Global Change Biology*, vol. 24, No. 6, pp. 2416–2133. https://doi.org/10.1111/gcb.14108.

Molina, Verónica, and Laura Farías (2009). Aerobic ammonium oxidation in the oxycline and oxygen minimum zone of the eastern tropical South Pacific off northern Chile (~20°S). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 56, pp. 1032–1041. https://doi.org/10.1016/jdsr2.2008.09.006.

Moltmann, Tim, and others (2019). A Global Ocean Observing System (GOOS), delivered through enhanced collaboration across regions, communities, and new technologies. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 291. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00291.

Moore, Andrew M., and others (2019). Synthesis of ocean observations using data assimilation for operational, real-time and reanalysis systems: a more complete picture of the state of the ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 90. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00090.

Newman, Louise, and others (2019). Delivering sustained, coordinated, and integrated observations of the Southern Ocean for global impact. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 433. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00433.

Oliver, Eric C.J., and others (2018). Marine heatwaves off eastern Tasmania: trends, interannual variability, and predictability. *Progress in Oceanography*, vol. 161, pp. 116–130.

Pascual, Unai, and others (2017). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 26–27, pp. 7–16. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006.

Pearlman, Jay, and others (2019). Evolving and sustaining ocean best practices and standards for the next decade. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 277. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00277.

Reusch, Thorsten B.H., and others (2018). The Baltic Sea as a time machine for the future coastal ocean. *Science Advances*, vol. 4, No. 5. https://doi.org/10.1126/sciadv.aar8195.

Rignot, Eric, and others (2002). Rapid bottom melting widespread near Antarctic Ice Sheet grounding lines. Science (New York), 296(5575): 2020–3. https://doi.org/10.1126/science.1070942.

Rodrigues, R.R., and others (2019). Common cause for severe droughts in South America and marine heatwaves in the South Atlantic. *Nature Geoscience*, 12(8), 620–626. https://doi.org/10.1038/s41561-019-0393-8.

Roemmich, Dean, and others (2015). Unabated planetary warming and its ocean structure since 2006. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 3, pp. 240–45. https://doi.org/10.1038/nclimate2513.

Ruppert, Krista M., and others (2019). Past, present, and future perspectives of environmental DNA (eDNA) metabarcoding: A systematic review in methods, monitoring, and applications of global eDNA. *Global Ecology and Conservation*, vol. 17, p. e00547. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00547.

Schmidtko, Sunke, and others (2014). Multidecadal warming of Antarctic waters. *Science*, vol. 346, No. 6214, pp. 1227–1231. https://doi.org/10.1126/science.1256117.

Schütte, Florian, and others (2016a). Occurrence and characteristics of mesoscale eddies in the tropical northeastern Atlantic Ocean. *Ocean Science*, 12(3), pp. 663–685. https://doi.org/10.5194/os-12-663-2016.

_____ (2016b). Characterization of "dead-zone" eddies in the tropical northeast Atlantic Ocean. *Biogeosciences (BG)*, 13, pp. 5865–5881.

Simoniello, Christina, and others (2019). Citizen-science for the future: advisory case studies from around the globe. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 225. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00225.

Speich, Sabrina, and others (2019). Editorial: OceanObs'19: an ocean of opportunity. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 570. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00570.

Stelzenmüller, Vanessa, and others (2018). A risk-based approach to cumulative effect assessments for marine management. *Science of The Total Environment*, vol. 612, pp. 1132–1140. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.289.

Tanhua, Toste, and others (2019a). Ocean fair data services. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 440.

_____ (2019b). What we have learned from the framework for ocean observing: evolution of the global ocean observing system? *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 471. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00471.

Toonen, Hilde M., and Simon R. Bush (2020). The digital frontiers of fisheries governance: fish attraction devices, drones and satellites. *Journal of Environmental Policy & Planning*, vol. 22, No. 1, pp. 125–137. https://doi.org/10.1080/1523908X.2018.1461084.

Trainer, Vera L., ed. (2017). Conditions Promoting Extreme Pseudo-nitzschia Events in the Eastern Pacific but not the Western Pacific. *PICES Scientific Report*, No. 53, pp. 1–52.

Trivelpiece, Wayne Z., and others (2011). Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, No. 18, pp. 7625–7628. https://doi.org/10.1073/pnas.1016560108.

United Nations (2017a). Chapter 3: Scientific understanding of ecosystem services. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017b). Chapter 30: Marine scientific research. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017c). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Uye, Shin-ichi, and Richard D. Brodeur, eds. (2017). Report of working group 26 on jellyfish blooms around the North Pacific rim: causes and consequences. *PICES Scientific Report*, No. 51, pp. 1–222.

Wang, M.Q., and C.M. Hu (2017). Predicting sargassum blooms in the Caribbean Sea from MODIS observations. *Geophysical Research Letters* 44: 3265–3273. https://doi.org/10.1002/2017GL072932.

Wang, Zhaohui Aleck, and others (2019). Advancing observation of ocean biogeochemistry, biology, and ecosystems with cost-effective in situ sensing technologies. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 519. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00519.

Watanuki, Yutaka, and others, eds. (2016). Spatial ecology of marine top predators in the North Pacific: tools for integrating across datasets and id entifying high use areas. *PICES Scientific Report*, No. 50, pp. 1–55.

Wright, A.L., and others (2019). Using two-eyed seeing in research with indigenous people: an integrative review. *International Journal of Qualitative Methods*. https://doi.org/10.1177/1609406919869695.

Yang, Qiong, and others (2019). How "The Blob" affected groundfish distributions in the Gulf of Alaska. *Fisheries Oceanography*, vol. 28, No. 4, pp. 434–453. https://doi.org/10.1111/fog.12422.

Zhang, Chang Ik, and others (2015). An extended ecosystem-based fisheries assessment. In *Proceedings of the Twelfth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment*, MEDCOAST 15, 6–10 October 2015, Varna, Bulgaria, E. Ozhan (ed.), vol. 1467–1490.

Zhou, L., and others (2016). A Central Indian Ocean Mode and Heavy Precipitation during Indian Summer Monsoon. *Journal of Climate*, 30(6):2055-2067. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0347.1.

Zolich, Artur, and others (2019). Survey on communication and networks for autonomous marine systems. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 95, No. 3, pp. 789–813. https://doi.org/10.1007/s10846-018-0833-5.

الجزء الثالث

العوامل المحركة للتغييرات في البيئة البحرية

الفصل 4
العوامل المحركة

المساهمون: تشانغ إيك جانغ (منظم الاجتماعات)، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، وأندرو ف. جونسون، وعثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، ورينيسون روا (عضو رئيسي)، ويورن شميدت (عضو رئيسي مشارك)، وتوماس و. تيريوه.

النقاط الرئيسية

- العوامل المحركة ذات التأثير الأكبر على البيئة البحرية واستدامتها هي: (أ) النمو السكاني والتغيرات الديمغرافية؛ (ب) والنشاط الاقتصادي؛ (ج) والتقدم التكنولوجي؛ (د) وهياكل الحوكمة المتغيرة وعدم الاستقرار الجغرافي السياسي؛ (ه) وتغير المناخ.
- تتسم العلاقات بين العوامل المحركة والضغوط (وتأثيراتها) بالتعقيد والدينامية، حيث تؤدي أوجه الترابط بين العوامل المحركة إلى تفاعلات وآثار تراكمية للضغوط.
- تتفاوت العوامل المحركة إقليمياً نتيجة للتباين العالمي في توزيع السكان والخصائص الديمغرافية ودرجة التنمية الاقتصادية والقدرة التكنولوجية والآثار غير المتكافئة لتغير المناخ، وتتفاوت بالتالي الأنشطة والضغوط البشرية على الصعيد العالمي. وتوجد أبرز الاختلافات بين المناطق المعتدلة والمدارية وبين المناطق المتقدمة النمو والمناطق الأقل نموا.
- تتيح أطر النمذجة المتكاملة تحديد الاستخدام المستدام للمحيطات، إذ يمكن من خلالها استكشاف سيناريوهات تشمل التغيرات على صعيد البشر والاقتصادات، وهياكل الإدارة، وآثار تغير المناخ على الصناعات البحرية والبيئة، وتكون متعددة القطاعات، وتوفر بالتالي نُهجا شاملة للمنظومة.

1 - مقدمة

الإطار المفاهيمي للعوامل المحركة - الضغوط - الحالة - التأثير - الاستجابة (Smeets and Weterings, 1999) هو نهج يُستخدم على نطاق واسع لتقييم أسباب ونتائج تغير النظام الإيكولوجي والإجراءات التي يمكن تنفيذها استجابةً لذلك التغيير. وخضع الإطار المفاهيمي، منذ إنشائه، لمزيد من التنقيح، وصيغت عدة نصوص مستمدة منه لمعالجة القيود المطروحة وتطبيق الإطار على بيئات محددة (مثلا Patricio and others, 2016). وعلى الرغم من وجود عدة صيغ بديلة، يساعد الإطار الأساسي في وصف أثر الأنشطة البشرية على البيئة ويمكن استخدامه لتوجيه عمليتي صنع القرار وتقرير السياسات (Maxim and others, 2009). واستخدم الإطار في هيكلة التقييم العالمي الثاني، ويرد وصف مفصل له في الفصل 2.

ويركز هذا الفصل على العوامل المحركة للتغيير في البيئة البحرية، وتطورها منذ صدور التقييم العالمي الأول (United Nations, 2017a)، والتغيرات المتوقع حدوثها في المستقبل. ولم تكن العوامل المحركة للتغيير في البيئة البحرية مفصلة على وجه التحديد في التقييم العالمي الأول، على الرغم من النظر فيها في بعض الفصول.

ولا توجد مجموعة محددة من العوامل المحركة متفق عليها عالميا بالنسبة للبيئة البحرية. فالبرامج وعمليات التقييم المختلفة قد حددت العوامل المحركة بطرق شتى، وفي بعض الحالات، يُستخدم مصطلحا العوامل المحركة والضغوط، سواء كانت طبيعية أو بشرية المنشأ، كمترادفين. وفي تقييم النظم الإيكولوجية في الألفية، يعرف العامل المحرك بأنه أي عامل طبيعي أو ناجم عن النشاط البشري يؤدي بشكل مباشر أو غير مباشر إلى حدوث تغيير في النظام الإيكولوجي (Millennium Ecosystem Assessment, 2003). ويتبع المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات المعني بالتنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية نهجا مماثلا في تقييمه العالمي، حيث يعرِّف العوامل المحركة بأنها التأثيرات البشرية المباشرة على الطبيعة والعوامل الكامنة وراء الاختيارات البشرية التي تؤثر على الطبيعة (Balvanera and others, 2019). وترى الوكالة الأوروبية للبيئة أن العوامل المحركة هي العوامل الناجمة عن النشاط البشري فقط (Environment Agency, 2005)، في حين تعرِّف الهيئة الحكومية الدولية المعنية

بتغير المناخ العوامل المحركة، في سياق الانبعاثات العالمية، بأنها العناصر التي تسهم بشكل مباشر أو غير مباشر في انبعاثات غازات الدفيئة (Blanco and others, 2014).

وفي سياق هذا التقييم، يتم توصيف العوامل المحركة وفقا للتطورات الاجتماعية والديمغرافية والاقتصادية التي تشهدها المجتمعات، بما في ذلك التغيرات المقابلة في أنماط الحياة وأنماط الاستهلاك والإنتاج العامة المرتبطة بها (European Environment Agency, 2019)، والتي تضع ضغوطا على البيئة البحرية، وذلك على النحو المفصل في الجزء الخامس. والضغوط هي العوامل المباشرة التي تؤدي إلى تغيرات في حالة البيئة البحرية، وتحدث إضافة إلى التغيرات الناتجة عن العمليات الطبيعية (United Nations Environment Programme, 2019). والعوامل المحركة التي لها أكبر تأثير على البيئة البحرية واستدامتها هي:

(أ) النمو السكاني والتغيرات الديمغرافية؛

(ب) النشاط الاقتصادي؛

(ج) التقدم التكنولوجي؛

(د) هياكل الحوكمة المتغيرة وعدم الاستقرار الجغرافي السياسي؛

(ه) تغير المناخ[1].

وأدت الزيادات في عدد سكان العالم، إلى جانب النمو الاقتصادي العالمي والتغير التكنولوجي، إلى تغيرات في أسلوب الحياة، وبالتالي إلى زيادة الطلب على الموارد، بما في ذلك الغذاء والطاقة والموارد الطبيعية، مثل العناصر الأرضية النادرة والرمال والمعادن. ويتسبب النمو السكاني وما يرتبط به من طلب في حدوث زيادات في انبعاثات غازات الدفيئة، وإنتاج النفايات، بما في ذلك البلاستيك، واستخدام المواد الكيميائية في الإنتاج الزراعي، وإنتاج الطاقة، واستخراج الموارد.

وتتسم العلاقات التي تربط العوامل المحركة والضغوط وتأثيراتها بالتعقيد والدينامية، مع وجود أوجه ترابط بين العوامل المحركة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤثر التقدم التكنولوجي على النمو الاقتصادي، ويمكن أن يؤثر تغير نظم الحوكمة على إمكانية الحصول على التكنولوجيات واستخدامها. ومع زيادة الثراء وإمكانية الحصول على التكنولوجيات، يمكن تحقيق أوجه كفاءة في استخراج الموارد، مما يؤدي إلى زيادة الضغوط على المحيطات (انظر أيضا الفرع 2).

ووُضعت أهداف التنمية المستدامة[2] لبلورة تطلعات البشر إلى مستقبل مستدام وعادل في شكل أهداف إنمائية محددة، مع الاعتراف صراحة بالتهديدات الإيكولوجية الضارة والاستراتيجيات اللازمة للتخفيف منها (United Nations, 2017b). وفي حين يتناول الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة (الحياة تحت الماء) البيئةَ البحرية بصورة مباشرة، فإن أهداف التنمية المستدامة مترابطة، حيث يؤثر التقدم المحرز في أحد الأهداف على الأهداف الأخرى. ووفقا لذلك، يتوقف تحقيق الاستخدام المستدام للبيئة البحرية على معالجة جميع أهداف التنمية المستدامة بنجاح (International Council for Science, 2017).

[1] بالمعنى الدقيق للعبارة، يتمثل هذا العامل المحرك في زيادة انبعاثات غازات الدفيئة التي تسبب تغيرا في المناخ. بيد أن مصطلح "تغير المناخ" يستخدم على نطاق واسع لوصف النشاط البشري الذي يغير، بشكل مباشر أو غير مباشر، تكوين الغلاف الجوي العالمي.

[2] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

2 - العوامل المحركة للتغيير في البيئة البحرية

2-1 - النمو السكاني والتغيرات الديمغرافية

على الرغم من أن عدد البشر في العالم قد ارتفع من 7 بلايين نسمة في عام 2011 إلى 7,7 بلايين نسمة في عام 2019[3]، فإن معدل النمو آخذ في الانخفاض باطراد، إذ انخفض من 2,1 في المائة في عام 1968 إلى 1,08 في المائة في عام 2019. وتشير الإسقاطات المتعلقة بالنمو السكاني العالمي إلى حدوث زيادة متفاوتة ولكنها مستمرة، بمعدل تغيير أقل، ليصل متوسط عدد السكان إلى 9,7 بلايين نسمة بحلول عام 2050. ويرتبط الانخفاض في معدل النمو بانخفاض أعداد المواليد، ويعني، إلى جانب انخفاض معدلات الوفيات وطول العمر المتزايد المرتبط بتحسن المعايير الصحية، أن متوسط عمر سكان العالم آخذ في الازدياد (Baxter and others, 2017).

وزاد عدد المهاجرين الدوليين من 2,8 في المائة من سكان العالم في عام 2000 إلى 3,5 في المائة في عام 2019 (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (UNDESA), 2019a)). وحدثت الهجرة في معظم الحالات بين بلدان تقع في نفس المنطقة، باستثناء أمريكا الشمالية وأوقيانوسيا، حيث إن 97,5 في المائة و 87,9 في المائة، على التوالي، من المهاجرين الدوليين قد وُلدوا في منطقة أخرى (UNDESA, 2019a).

ويعيش أكثر من 600 مليون شخص في المناطق الساحلية التي تقع على ارتفاع يقل عن 10 أمتار فوق مستوى سطح البحر، ويعيش ما يقرب من 2,5 بليون شخص ضمن مسافة 100 كيلومتر من الساحل (UNDESA, 2019b). وتشهد هذه المناطق معدلات نمو سكاني وتوسّع حضري أعلى من المعدلات التي تشهدها المناطق الداخلية (Neuman and others, 2015). وأدى هذا النمو إلى العديد من الفوائد الاقتصادية للمناطق الساحلية، بما في ذلك تحسين النقل وزيادة التجارة، والسياحة، وإنتاج الغذاء، فضلا عن الفوائد الاجتماعية والترفيهية والثقافية (Clark and Johnston, 2017). بيد أنه مع تزايد سكان هذه المناطق فإنهم يتسببون في ضغوط أكثر على النظم الإيكولوجية الساحلية. ويتباين مستوى الضغوط التي يسببها تزايد عدد سكان العالم على البيئة البحرية ويعتمد على مجموعة متنوعة من العوامل، من بينها الأماكن التي يعيش فيها الناس وكيفية معيشتهم، والكميات المستهلكة والتكنولوجيات المستخدمة لإنتاج الطاقة والأغذية والمواد، وتوفير النقل، وإدارة النفايات المنتجة. ويرد في الفصل 8 والجزء الخامس وصف تفصيلي لآثار التغيرات في عدد سكان العالم على المناطق الساحلية واستخدام الموارد البحرية وتوليد النفايات.

2-2 - النشاط الاقتصادي

شهد النمو الاقتصادي، مقيساً بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، زيادة مطردة على الصعيد العالمي[4]، على الرغم من تباطؤه نتيجة لانخفاض حجم التجارة. وبلغ معدل النمو في النصف الأول من عام 2019 نسبة 1 في المائة، وهو أضعف مستوى يسجل منذ عام 2012 (IMF, 2019). وأدى النمو الاقتصادي، عند قياس متوسطه على نطاق سكان العالم (في ظل وجود تباين جغرافي شاسع في النمو الاقتصادي، على النحو المشار إليه في الفرع 3)، إلى زيادة متوسط الدخل السنوي للفرد من 3 300 دولار في عام 1950 إلى 14 574 دولارا في عام 2016. ويرتبط تباطؤ النمو إلى حد كبير بضعف الصناعة التحويلية والتجارة. وفي المقابل، حدث نمو في صناعات الخدمات مثل السياحة (IMF, 2019).

[3] انظر https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900.
[4] انظر https://ourworldindata.org/economic-growth.

ومع ارتفاع عدد سكان العالم وزيادة الطلب على السلع والخدمات، سجلت زيادة مرتبطة بذلك في استهلاك الطاقة واستخدام الموارد. ويعد فهم العلاقة بين زيادة النشاط الاقتصادي واستخدام الموارد الطبيعية أمرا ضروريا لتحديد الاستدامة في المستقبل والحد من التأثيرات المرتبطة بأنشطة الاستخراج والإنتاج والاستهلاك وتوليد النفايات (Jackson, 2017).

وارتفع إجمالي الطلب على الطاقة، مقيساً بملايين الأطنان من المكافئ النفطي، من 13 267 مليون طن من المكافئ النفطي في عام 2014 إلى 13 978 مليون طن من المكافئ النفطي في عام 2018[5]. وفي الوقت نفسه، تباطأ معدل كثافة الطاقة الأولية، وهو مؤشر لكمية الطاقة المستخدمة في الاقتصاد العالمي، من 1,7 في المائة في عام 2017 إلى 1,2 في المائة في عام 2019 (IEA, 2019a). والتباطؤ في الكفاءة (أي مقدار الناتج المحلي الإجمالي المولَّد بالنسبة لكمية الطاقة المستخدمة) ناتج عن عدد من العوامل القصيرة الأجل، مثل النمو في مجال توليد الكهرباء القائم على الوقود الأحفوري، والتغيرات الهيكلية الأطول أجلا، مثل بطء الانتقال إلى صناعات أقل كثافة في استخدام الطاقة. وفي الوقت نفسه، ظل مستوى الاستثمارات التي تستهدف تحقيق الكفاءة في استخدام الطاقة ثابتا منذ عام 2014. وأسفرت التحسينات في الكفاءة التقنية عن خفض انبعاثات الكربون المرتبطة بالطاقة بمقدار 3,5 جيغاطن من ثاني أكسيد الكربون بين عامي 2015 و 2018 (IEA, 2019a). وبالإضافة إلى ذلك، زاد إنتاج الطاقة المتجددة مع تحول الكثير من البلدان إلى استراتيجيات الطاقة المعتمدة عليها في إطار الجهود الرامية إلى خفض انبعاث غازات الدفيئة. وإنتاج الطاقة البحرية هو جزء من تطورات استراتيجية عديدة، وقد نما من 1 تيراواط ساعة في عام 2014 إلى 1,2 تيراواط ساعة في عام 2018 (IEA, 2019b). وترد في الفصلين 19 و 21 تفاصيل التغيرات في مجال إنتاج الطاقة، بما في ذلك الطاقة البحرية المتجددة والضغوط التي تولدها على البيئة البحرية.

والنشاط الاقتصادي المرتبط باستخراج الموارد البحرية آخذ في النمو أيضا مع تزايد عدد سكان العالم. وكان إنتاج الأغذية البحرية وأغذية المياه العذبة مصدرا رئيسيا لتوفير البروتين ومصدرا من مصادر الدخل لنحو 59,6 مليون شخص على مستوى العالم في عام 2016، بما يمثل زيادة عن العدد المسجل في عام 2014 وهو 56,6 مليون شخص. وعلى الرغم من أن مصائد الأسماك البحرية لا يزال إنتاجها ثابتا عند حوالي 80 مليون طن، تشهد تربية الأحياء البحرية زيادة مطردة، إذ ارتفعت كمياتها من 26,8 مليون طن في عام 2014 إلى 28,7 مليون طن في عام 2016 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018). ويرد في الفصول 15 إلى 17 وصف تفصيلي للآثار المترتبة على زيادة الطلب على إنتاج الأغذية البحرية، بما في ذلك الصيد المفرط، والصيد العرضي للأنواع المهددة بالانقراض، وفقدان أو تدهور الموائل بسبب الصيد وتربية الأحياء المائية.

وتضع بلدان كثيرة، أو وضعت بالفعل، استراتيجيات من أجل الزيادة المحتملة في الأنشطة البحرية، مثل أنشطة الطاقة البحرية وتربية الأحياء المائية والتكنولوجيا الأحيائية البحرية والسياحة الساحلية والتعدين في قاع البحار (أي نمو الاقتصاد الأزرق). بيد أن من بين المعوقات الهامة التي تعترض نمو اقتصادات المحيطات، التدهور الحالي لصحة المحيطات والضغوط التي تتعرض لها المحيطات بالفعل (Organization for Economic Cooperation and Development, 2016)، والتي يتم تناول الكثير منها بالتفصيل في الجزء الخامس.

2-3 - التقدم التكنولوجي

مع اتساع نطاق الأنشطة البحرية وتزايد الطلب على الموارد، أصبح للتقدم التكنولوجي دور أساسي في زيادة

[5] انظر https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html.

أوجه الكفاءة وتوسيع الأسواق وتعزيز النمو الاقتصادي المرتبط بالأنشطة. وأدت هذه الابتكارات إلى نتائج إيجابية وسلبية على السواء بالنسبة للبيئة البحرية. وأسفرت بعض أوجه التقدم في تكنولوجيات صيد الأسماك عن زيادة القدرات بصفة عامة وعن زيادة مفرطة للقدرات في العديد من مناطق آسيا وأمريكا الشمالية وأوروبا (Eigaard and others, 2014). وأسفرت أيضا زيادة أوجه الكفاءة التي تولدت عن استخدام التكنولوجيات (المعروفة أيضا باسم "الزحف التكنولوجي")، من قبيل السماح باستهداف المصيد على نحو أكثر كفاءة ودقة مثلا، عن تحقيق مكاسب في الجهود المبذولة في مصائد الأسماك، مما أسهم في الصيد المفرط للأرصدة السمكية (Finkbeiner and others, 2017). وعلى العكس من ذلك، فإن أوجه التقدم في مجال الاستشعار عن بعد، وتكنولوجيات آلات التصوير، والتطبيق الميداني للنهج الجينية لتحديد الأنواع، واستخدام الذكاء الاصطناعي ونُهج التعلّم الآلي، تسهم حاليا في تحسين رصد حالات الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم (Detsis and others, 2012)، وتحسين الإبلاغ بكميات المصيد (Ruiz and others, 2014)، بما يسمح بتتبع المنتجات (Lewis and Boyle, 2017)، والحد من الهدر على طول سلاسل الإمداد (Hafliðason and others, 2012). وتساعد هذه التكنولوجيات أيضاً في تحسين رصد تحركات أساطيل الصيد، وبالتالي ضمان إدارة المناطق المحمية على نحو أكثر فعالية (Rowlands and others, 2019).

وتؤدي أوجه التقدم التكنولوجي، بما في ذلك الرقمنة، إلى تحديث سبل تحقيق كفاءة الطاقة عن طريق خفض استخدام الطاقة، وتحويل الطلب من فترات الذروة إلى فترات اللاذروة، وزيادة الاتصال، وتوفير الأحمال المرنة (التي تراعي تزايد حصص التوليد المتقطع للطاقة في قطاع الطاقة المتجددة)، مع تحقيق نتائج إيجابية من حيث انبعاثات غازات الدفيئة (IEA, 2019a). وتساعد التحسينات في محركات المركبات لحرق الوقود الأحفوري بكفاءة أكبر والابتكارات في مجال تسخير الطاقة الشمسية والريحية لإنتاج الطاقة النظيفة على الحد من انبعاثات غازات الدفيئة.

4-2 - هياكل الحوكمة المتغيرة وعدم الاستقرار الجغرافي السياسي

إن العديد من المعاهدات والاتفاقات الدولية، بما في ذلك اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[6]، واتفاقية منع التلوث البحري الناجم عن رمي النفايات ومواد أخرى في البحر لعام 1972[7]، واتفاق تنفيذ ما تتضمنه اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار المؤرخة 10 كانون الأول/ديسمبر 1982 من أحكام بشأن حفظ وإدارة الأرصدة السمكية المتداخلة المناطق والأرصدة السمكية الكثيرة الارتحال[8]، واتفاقية التنوع البيولوجي[9]، وخطة التنمية المستدامة لعام 2030[10] تهدف إلى الحد من الضغوط التي تتعرض لها البيئة البحرية وتحسين النتائج في مجال الحفظ. وقد أدت الغايات المحددة بالاقتران مع الاتفاقات الدولية، مثل أهداف آيتشي للتنوع البيولوجي[11] وأهداف التنمية المستدامة[12]، إلى زيادة في إنشاء المناطق البحرية المحمية وإلى زيادة مرتبطة بها في حماية البيئة البحرية. وتضطلع المنظمات الإقليمية المعنية بإدارة مصائد الأسماك بتنسيق الجهود الرامية إلى إدارة موارد مصائد الأسماك المشتركة (Haas and others, 2020)، وقامت هذه المنظمات، في بعض المناطق، بتنفيذ أطر فعالة لإعادة بناء الأرصدة السمكية عقب الصيد المفرط (Hillary and others, 2016).

6 United Nations, *Treaty Series*, vol. 1833, No. 31363.
7 المرجع نفسه، المجلد 1046، الرقم 15749.
8 المرجع نفسه، المجلد 2167، الرقم 37924.
9 المرجع نفسه، المجلد 1760، الرقم 30619.
10 انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
11 انظر برنامج الأمم المتحدة للبيئة، الوثيقة UNEP/CBD/COP/10/27، المرفق، المقرر 10/2.
12 انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

وحسّنت السياسات الداعمة التي تنفذ على الصعيد الوطني أيضا إدارة الأنشطة البحرية في بعض المناطق (Evans and others, 2017). غير أن أوجه عدم المساواة على الصعيد العالمي، بما في ذلك تلك المرتبطة بالثروة ونوع الجنس والجغرافيا والحقوق والحصول على الموارد، يمكن أن تؤثر على فعالية السياسات الرامية إلى إدارة البيئة البحرية (Balvanera and others, 2019). وعلاوة على ذلك، يؤدي توحيد ملكية الشركات وتركيزها إلى سيطرة عدد قليل من الشركات أو المولين، في كثير من الأحيان، على أنصبة كبيرة من التدفقات في أي سوق من الأسواق (مثلا Bailey and others, 2018). وزادت الشركات إمكانات التفاوض مباشرةً مع الحكومات، وهو ما يمكن أن يعوق إحراز التقدم نحو تحقيق نتائج مستدامة بالنسبة للبيئة البحرية. وفي حال وجود نزاعات بشأن الحصول على الموارد وحقوق الملكية، يمكن أن تؤدي هذه النزاعات إلى تقويض السياسات والاتفاقات التي تركز على الاستدامة (Suárez-de Vivero and Rodríguez Mateos, 2017). وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي عدم الاستقرار في الحكومات إلى البطء أو عدم الفعالية في إعداد السياسات وأطر الإدارة، مما ينتج عنه الاستغلال المفرط للموارد بشكل مستمر أو متزايد.

2-5 - تغير المناخ

للمناخ دائما تأثير كبير على البيئة البحرية، مع وجود تقلبات طبيعية كبيرة من سنة إلى أخرى وتقلبات أطول أجلا ترتبط بالظواهر المناخية على الصعيدين الإقليمي والعالمي. بيد أن هناك أدلة قوية على أن المناخ يتغير بمعدل لم يسبق له مثيل في السجل الجيولوجي. وتلخص الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، في تقريرها الخاص عن المحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغير (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019)، الأنماطَ التاريخية والحديثة في المناخ العالمي وتقدم توقعات للتغيرات في إطار سيناريوهات مختلفة لانبعاثات غازات الدفيئة.

واستمر ارتفاع معدلات انبعاث غازات الدفيئة خلال الفترة التي تلت صدور التقييم العالمي الأول، مع زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في العالم من 30,4 جيغاطن في عام 2010 إلى 33,3 جيغاطن في عام 2019[13]. وأدت هذه الزيادة في الانبعاثات إلى تقليص واسع النطاق للغلاف الجليدي (أجزاء المياه المجمدة من الكوكب)، واستمرار ارتفاع درجة حرارة المحيطات، وانخفاض درجة الحموضة ومستوى الأكسجين للمحيطات، وحدوث تحولات في التيارات، وزيادة الأحداث المناخية البالغة الشدة، مثل موجات الحر الشديد (IPCC, 2019). ويرد وصف تفصيلي لهذه التغيرات في الفصل 5، ويرد وصف تفصيلي للضغوط التي تولدها هذه التغيرات، بما في ذلك الآثار الاجتماعية والاقتصادية، في الفصل 9.

وفي إطار متابعة اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (التي دخلت حيز النفاذ في عام 1994) وبروتوكول كيوتو (الذي دخل حيز النفاذ في عام 2005)، اعتمد مؤتمر الأطراف في الاتفاقية، في دورته الحادية والعشرين، اتفاقَ باريس في كانون الأول/ديسمبر 2015[14]. ويهدف الاتفاق إلى تعزيز التصدي على الصعيد العالمي لخطر تغير المناخ عن طريق الإبقاء على ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية في حدود أقل بكثير من درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الحقبة الصناعية ومواصلة الجهود الرامية إلى الحد من ارتفاع درجة الحرارة عند 1,5 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الحقبة الصناعية. ويُسلم في الاتفاق بأن تغير المناخ يشكل تهديداً ملحاً للمجتمعات البشرية وكوكب الأرض يُحتمل أن يكون لا رجعة فيه، وبالتالي يتطلب تعاون جميع البلدان على أوسع نطاق ممكن.

وحددت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، في تقريرها عن الاحترار العالمي بمقدار 1,5 درجة مئوية

[13] انظر www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019.
[14] انظر FCCC/CP/2015/10/Add.1، المقرر 1/م أ-21، المرفق.

(IPCC, 2018)، مسارات التخفيف المتوافقة مع احترار المناخ العالمي بمقدار 1,5 درجة مئوية، والآثار المحتملة التي ترتبط بمثل هذا الاحترار، وما سوف يلزم للتصدي لمثل هذا التغير. وأبرزت أن الاحترار الناجم عن الانبعاثات البشرية المنشأ سيستمر لفترة تمتد من قرون إلى آلاف السنين، وسيستمر في إحداث تغييرات أخرى طويلة الأجل في النظام المناخي، بما في ذلك في المحيطات.

ومن أوجه التفاعل بين تغير المناخ والعوامل المحركة الأخرى، التأثير على توزيع سكان العالم، حيث ينتقل الناس من المناطق غير الصالحة للسكن بشكل متزايد، والآثار الاقتصادية، بما فيها تلك المرتبطة بإنتاج الغذاء (من قبيل تربية الأحياء المائية ومصائد الأسماك)، والحاجة التي زادت أكثر من أي وقت مضى إلى الابتكارات والحلول التكنولوجية لخفض غازات الدفيئة، بما في ذلك زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة البحرية.

3 - المسائل أو الجوانب الرئيسية الخاصة بكل منطقة والمرتبطة بالعوامل المحركة

تؤدي التفاوتات الجغرافية في توزيع السكان، والتنمية الاقتصادية، والاستفادة من أوجه التقدم التكنولوجي، والقدرة على تنفيذ أطر الحوكمة والإدارة، وآثار تغير المناخ وسبل التصدي له، إلى تباين كبير بين مناطق المحيطات في تأثير كل عامل من العوامل المحركة المبينة في الفرع 2.

3-1 - النمو السكاني والتغيرات الديمغرافية

تقل معدلات الخصوبة في المناطق المرتفعة الدخل عن معدلاتها في المناطق المتوسطة الدخل والمناطق المنخفضة الدخل (Baxter and others, 2017). ويطرح تفاوت معدلات الخصوبة تحديات بالنسبة للبلدان التي تشهد ارتفاعا في كل من معدلات الخصوبة ومعدل النمو السكاني (UNDESA, 2019c)، وكذلك بالنسبة للبلدان التي تشهد انخفاضا في معدلات الخصوبة وزيادة في عنصر المسنين من السكان (انظر أيضا الفرع 4). وتعد مناطق أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى ووسط وجنوب آسيا وشرق وجنوب شرق آسيا جميعها مناطق ذات معدلات مرتفعة للنمو السكاني. وبلغ متوسط معدل النمو السكاني في أقل البلدان نموا[15] 2,3 في المائة خلال الفترة 2015-2020، أي أكثر من ضعف المعدل العالمي. ويطرح ذلك تحديات بالنسبة لهذه البلدان في تحقيق التنمية المستدامة وحفظ المناطق الساحلية والبحرية، ويزيد من تفاقمه قابليتها للتأثر بتغير المناخ وتقلب المناخ وارتفاع مستوى سطح البحر (UNDESA, 2019c).

3-2 - النمو الاقتصادي

ظلت التفاوتات في النمو الاقتصادي بين المناطق الجغرافية تتزايد منذ ثمانينيات القرن الماضي، مجسدةً مكاسب اقتصادية في بعض المناطق وركوداً في مناطق أخرى. ولئن شهدت معظم البلدان نموا إيجابيا بين عامي 1950 و 2016، شهدت بلدان أخرى، مثل جمهورية أفريقيا الوسطى وجمهورية الكونغو الديمقراطية، نموا سلبيا يُعزى إلى حد كبير إلى عدم الاستقرار السياسي (Karnane and Quinn, 2019). والجدير بالذكر أن التفاوتات في العمالة والإنتاجية داخل البلدان تتزايد أيضا، مع وجود اختلافات كبيرة في مدى التفاوتات على نطاق الاقتصادات المتقدمة (IMF, 2019). وقد يزيد

[15] تضم مجموعة أقل البلدان نموا 47 بلدا على النحو التالي: 32 بلدا في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى؛ وبلدان اثنان في شمال أفريقيا وغرب آسيا؛ وأربعة بلدان في وسط وجنوب آسيا؛ وأربعة بلدان في شرق وجنوب شرق آسيا؛ وبلد واحد في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي؛ وأربعة بلدان في أوقيانوسيا. وللاطلاع على مزيد من المعلومات، انظر الرابط التالي: http://unohrlls.org/about-ldcs.

تغير المناخ من تفاقم هذه التفاوتات، وخصوصاً عندما يكون هناك تباين جغرافي في توزيع القطاعات المعرضة للخطر مثل الزراعة (بما في ذلك مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية). وبوجه عام، يتأثر النشاط الاقتصادي بالزيادات غير الخطية في درجات الحرارة، التي قد تعود بالفائدة على الأنشطة الاقتصادية في المناطق الشديدة البرودة (مثل فتح المحيط المتجمد الشمالي أمام النقل البحري وزيادة إمكانات التجارة)، ولكن حين تتجاوز درجة الحرارة المثلى مستوى معينا، تنشأ آثار سلبية على الناتج الاقتصادي وطاقات العمل (IMF, 2019).

3-3 - التقدم التكنولوجي

تتزايد إمكانية الوصول إلى المناطق الواقعة خارج الولاية الوطنية بفضل التطورات التكنولوجية التي تسهل استكشاف موارد أعماق البحار واستغلالها، بما في ذلك التنوع البيولوجي والمعادن والنفط والغاز. ويتطلب ضمان التنمية المستدامة لهذه المناطق تعاوناً دولياً من أجل إدارتها بفعالية. وتركز المفاوضات بشأن وضع صك دولي ملزم قانوناً في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار بشأن حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام[16] على كفالة تحقيق التنمية المستدامة وحفظ هذه المناطق (انظر أيضا الفصل 28). والسلطة الدولية لقاع البحار مكلفةٌ بولاية مزدوجة تتمثل في تعزيز تنمية المعادن الموجودة في أعماق البحار، وضمان ألا تكون هذه التنمية ضارة بالبيئة في الوقت ذاته. وفي المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية، سيلزم التخطيط الملائم لتقليل الآثار على البيئة البحرية إلى أدنى حد. ولا يوجد تكافؤ على الصعيد العالمي في مدى الاستفادة من أوجه التقدم التكنولوجي للوصول إلى الموارد البحرية واستخدامها، وتنمية الصناعات البحرية على نحو مستدام، والإدارة الفعالة لتلك الاستخدامات. ولا يزال العديد من المناطق، ولا سيما تلك التي تقع فيها أقل البلدان نموا، تفتقر إلى إمكانية الحصول على التكنولوجيات التي يمكن أن تساعد في الاستخدام المستدام للموارد البحرية.

3-4 - هياكل الحوكمة المتغيرة وعدم الاستقرار الجغرافي السياسي

حدثت زيادة في النزعة القومية والنزعة الحمائية على مدى العقد الماضي، ما ساهم في تغيير الاتفاقات التجارية، وساهم، في الآونة الأخيرة، في تطبيق التعريفات الجمركية على السلع بين بلدان محددة. وانخفض مؤشر الديمقراطية[17] من 5,55 في عام 2014 إلى 5,44 في عام 2019، مدفوعا إلى حد كبير بتدهور الأوضاع في منطقتي أمريكا اللاتينية وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. وتتضح الفروق الإقليمية الصارخة لدى حساب المؤشرات لفرادى البلدان. وسُجلت أعلى المؤشرات في البلدان الاسكندنافية وأقصى شمال أمريكا الشمالية وجنوب غرب المحيط الهادئ، بينما سُجلت أدنى المؤشرات في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى والشرق الأوسط وأجزاء من آسيا. ولتلك الاختلافات تأثير على تنفيذ المعاهدات والاتفاقات العالمية والإقليمية، مما يؤثر على النمو الاقتصادي، ونقل التكنولوجيات، وتنفيذ أطر إدارة استخدام المحيطات، بما في ذلك وضع سياسات وطنية تتصل بالمحيطات. وبالتالي، يؤثر ذلك على استدامة الأنشطة البشرية وحماية النظم الإيكولوجية البحرية في هذه المناطق.

3-5 - تغير المناخ

ليست آثار تغير المناخ متماثلة بين محيطات العالم. فهناك عدد من المناطق التي تشهد احتراراً بمعدلات أعلى من المتوسط العالمي، وتحدَّد باعتبارها مناطق بحرية ساخنة (Hobday and Pecl, 2014). ويوجد عدد من هذه النقاط الساخنة في الأماكن التي يعظم فيها الاعتماد البشري على الموارد البحرية، مثل جنوب شرق آسيا وغرب أفريقيا، مع ما يترتب على ذلك من آثار كبيرة على الأمن الغذائي مقارنة بالمناطق الأخرى. ومنطقة القطب

[16] انظر قرار الجمعية العامة 72/249.
[17] انظر www.eiu.com/topic/democracy-index.

الشمالي هي منطقة أخرى تشهد احترار المحيط بمستوى يفوق المتوسط العالمي بنسبة تتراوح بين ضعفين إلى ثلاثة أضعاف (IPCC, 2018). وبالمثل، فإن الانخفاضات في درجة الحموضة وتركيزات أيونات الكربونات في المحيطات، والمرتبطة بتحمض المحيطات، وغيرها من آثار تغير المناخ، مثل تناقص الأكسجين وتطبق المياه وارتفاع مستوى سطح البحر، هي آثار متفاوتة إقليميا، مع وجود تباين كبير في التأثيرات على البيئة البحرية. ويرد وصف تفصيلي للاختلافات الإقليمية في هذه التغيرات في الفصل 5 ، ويرد وصف تفصيلي للضغوط التي تولدها، بما في ذلك التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية، في الفصل 9.

4 - آفاق المستقبل

في المناطق الساحلية، تشير تقديرات الإسقاطات في إطار مسارات اجتماعية اقتصادية مشتركة إلى زيادة بنسبة 71 في المائة في إجمالي عدد السكان في الفترة الممتدة من عام 2000 إلى عام 2050 ليزيد العدد عن بليون نسمة، نتيجة النمو السكاني العالمي عموما والهجرة إلى هذه المناطق (Merkens and others, 2016). وفي ظل نفس السيناريوهات، من المتوقع أن ينخفض عدد السكان في المناطق ذات الكثافة المنخفضة إلى المتوسطة (أي أقل من 1 000 شخص في كل كيلومتر مربع)، في حين من المتوقع أن يزيد عدد السكان في المناطق المرتفعة الكثافة (Jones and O'Neill, 2016)، مع حدوث اتساع في نطاق الآثار الحضرية في المناطق المرتفعة الكثافة وزيادة في الضغط على البنية التحتية المرتبطة بها. وستتأثر كيفية وأماكن عيش سكان العالم وما يرتبط بها من تأثيرات على البيئة بتغير المناخ بطرق كثيرة. وحيث إن المناطق أصبحت غير صالحة للسكن نتيجة لانخفاض التساقطات وارتفاع درجات الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر وفقدان سلع وخدمات النظم الإيكولوجية، سيُعيد الناس توزيع أنفسهم على مناطق أكثر صلاحية للسكن، بما من شأنه زيادة الآثار الحضرية في تلك المناطق.

وفي ظل شيوخة سكان العالم وتباطؤ النمو العام، من المتوقع أن ينخفض حجم القوة العاملة، مع ما يترتب على ذلك من تأثير على الاقتصاد العالمي. ومن المتوقع أن يزداد سكان العالم الذين تتراوح أعمارهم بين 20 و 64 عاماً، والذين يُنظر إليهم على أنهم يضمون النسبة الكبرى من المساهمين في الاقتصادات العالمية، بسرعة تقل عن النصف في الفترة 2015-2040 مقارنةً بسرعة زيادة عددهم في السنوات الخمس والعشرين السابقة، في حين سيزداد عدد السكان الذين تتجاوز أعمارهم 65 عاماً بوتيرة أسرع خمس مرات من السكان الذين هم في سن العمل (Baxter and others, 2017). وكيفية استجابة الاقتصادات العالمية لتأثير تغير النمو السكاني والخصائص الديمغرافية تتوقف على سياساتها العامة، من قبيل الأخذ بالسياسات لتذليل العقبات التي تعوق عمالة المرأة، وقدرة هذه الاقتصادات على الاستفادة من أوجه التقدم في التكنولوجيات للحفاظ على الإنتاجية. وستؤثر هذه التغيرات في النمو السكاني وتوزيع وكثافة السكان، وكذا الاقتصادات المتغيرة، على البيئة البحرية بطرق لم تحدد بعد.

ويتسع النشاط الاقتصادي في المحيطات بسرعة، إذ تشير التوقعات إلى أن اقتصاد المحيطات يمكن أن يزيد إلى أكثر من الضعف، بحلول عام 2030، في ظل السيناريو الذي يفترض بقاء الأمور على حالها، لتزيد قيمته على 3 تريليونات دولار، مع توفير حوالي 40 مليون وظيفة بدوام كامل (Organization for Economic Cooperation and Development, 2016). وسيكون لأوجه التقدم والابتكارات التكنولوجية دور حاسم في تحديد المسارات المستدامة التي تتيح تنمية الاقتصادات العالمية، بما في ذلك اقتصاد المحيطات، مع التصدي في الوقت ذاته للعديد من التحديات التي تواجه المحيطات في الوقت الحاضر.

وفي سياق هذا التغير السريع، سيكون من الصعب أن يواكب التنظيم والإدارة. وسيحد إدماج الصناعات الناشئة المرتبطة بالمحيطات في الأطر التنظيمية المجزأة القائمة من القدرة على معالجة الضغوط التي تولدها الصناعات بطريقة فعالة وفي الوقت المناسب. وستكون هناك حاجة إلى إدارة متكاملة وأكثر فعالية للمحيطات لضمان مستقبل مستدام لها في ضوء العوامل المحركة للتغيير الواردة بالتفصيل في هذا الفصل وكذلك في الفصل 27).

وفي حال استمرار إطلاق انبعاثات غازات الدفيئة بالمعدل الحالي، فمن المقدر أن ترتفع درجة حرارة السطح بمقدار 1,5 درجة مئوية في وقت ما بين عامي 2030 و 2052 (IPCC, 2018). وقد لوحظ بالفعل العديد من التغيرات في النظم الإيكولوجية البحرية نتيجة لتغير المناخ، وسيتوقف التغير المتصل بالمناخ في المستقبل وما يرتبط به من مخاطر على ما إذا وصل صافي انبعاثات غازات الدفيئة إلى مستوى الصفر (ومتى) وما يرتبط بذلك من معدل احترار السطح ومستوياته القصوى ومدته (IPCC, 2018). وحتى في حال وصول صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ إلى مستوى الصفر على الصعيد العالمي، سيظل الاحترار مستمرا لفترة تمتد من قرون إلى آلاف السنين وسيظل يتسبب في المزيد من التغيرات الطويلة الأمد في النظام المناخي، ومن ثم، في المحيطات، بما في ذلك ارتفاع مستوى سطح البحر وتحمض المحيطات (IPCC, 2018). ويلزم الارتقاء بنُهُج التخفيف والتكيف وتسريع وتيرتها للحد من المخاطر المتصلة بالمناخ التي يتعرض لها في المستقبل الأمن الغذائي والصناعات البحرية والمجتمعات الساحلية والتي ترتبط بالتغيرات التي تطرأ على البيئة البحرية.

وتجتاح العالم حاليا جائحة كوفيد-19، وتتسبب في تعطيل كبير للاقتصادات الوطنية ولحياة الناس. وفي العديد من المناطق، وبفضل جهود التخفيف المبذولة للحد من انتشار الفيروس، تم بصورة مؤقتة تقليل الضغوط التي تؤثر على المحيطات مباشرةً، مثل الصيد، والأنشطة السياحية، والتلوث، وانبعاثات غازات الدفيئة[18]. ومع فرض قيود على حركة الناس وعلى العمليات التجارية، إلى جانب إغلاق الحدود، يؤثر تعطيل سلاسل الإمداد وتراجع الأسواق على عدد من الصناعات البحرية، ولا سيما مصائد الأسماك[19]. غير أن التأثيرات المحتملة لتقليل الضغوط على التغير الطويل الأجل الذي تحدثه العوامل المحركة، مثل تغير المناخ، يتوقع أن تكون ضئيلة، وليس واضحا حاليا ما هي الفوائد التي يمكن أن تحظى بها النظم الإيكولوجية البحرية. وقد أبرزت حالات تعطل سلاسل الإمداد العالمية حاجة العديد من البلدان إلى تعزيز سلاسل الإمداد المحلية، وعلى وجه الخصوص، إلى استكشاف خيارات التجارة الإلكترونية لدعم سلاسل الإمداد بوجه عام.

5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجالي المعارف وبناء القدرات

تتفاعل جميع العوامل المحركة الخمسة الواردة بالتفصيل في هذا الفصل مع بعضها البعض بطرق مختلفة. ويتفاوت فهم هذه التفاعلات، ويعد فهم الآليات التي تؤثر بها التفاعلات بين العوامل المحركة على البيئة البحرية، على وجه التحديد، مجالا بحثيا ناشئا، على الرغم من التسليم بأنه ضروري لوضع نُهج كلية شاملة لإدارة المحيطات. ومن شأن الإدارة المتكاملة التي تراعي القيم والاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية والثقافية، وتلك المتعلقة بالنظم الإيكولوجية – بتبني نهج شامل للمنظومة - أن تتيح تحديد مسارات مستدامة تدعم الاقتصادات الوطنية ورفاه الإنسان.

[18] انظر www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-has-temporarily-reduced-chinas-co2-emissions-by-a-quarter.
[19] انظر www.ices.dk/news-and-events/news-archive/news/Pages/wgsocialCOVID.aspx.

ومن الضروري تطوير أطر للنمذجة يمكن من خلالها بحث سيناريوهات تشمل التغيرات المتعلقة بالسكان وسبل استكشاف هياكل الإدارة والآثار البيئية والاقتصادية الناجمة عن تغير المناخ. ويجري حالياً تنفيذ التطوير الأولي لنماذج اجتماعية إيكولوجية متكاملة تدمج البيئة البحرية ومصائد الأسماك في المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة، بغرض استكشاف الهيكلة المستقبلية لمصائد الأسماك في المحيطات (Maury and others, 2017؛ و Bograd and others, 2019). ويجري أيضا استخدام نُهج بديلة للنماذج المتكاملة لاستكشاف حالة النظم الإيكولوجية البحرية ومصائد الأسماك في المستقبل (Tittensor and others, 2018). وثمة حاجة إلى النهوض بهذه الجهود، ليس فقط لتوسيع نطاق نُهج النمذجة لاستكشاف آثار العوامل المحركة المتعددة وآثارها التراكمية على النظم الإيكولوجية البحرية، وإنما لإتاحة الأدوات التي توفر حلقة وصل بين نُهج النمذجة وأطر صنع القرار التي تسمح بتخطيط وتنفيذ نُهُج مستدامة لاستخدام المحيطات.

والقدرة على قياس المكونات الرئيسية التي تسهم في العوامل المحركة للتغيير المبينة في هذا الفصل، أي التطورات الاجتماعية والديمغرافية والاقتصادية الحاصلة في المجتمعات، بما في ذلك التغيرات المقابلة في أنماط الحياة وما يرتبط بها من أنماط الاستهلاك والإنتاج عموما، وبالتالي القدرة على فهم تلك المكونات، ليست متساوية في جميع أنحاء المعمورة. وثمة حاجة إلى تنمية القدرات، لا سيما في أقل البلدان نموا، في مجال جمع بيانات عمليات الرصد التي تتيح فهم العوامل المحركة الرئيسية التي تؤثر في البيئة البحرية وفهم تفاعلاتها ونتائج التغيير في كل منها بالنسبة للبيئة البحرية. وبالمثل، هناك حاجة أيضا إلى تنمية القدرة على تسجيل التغيرات الناجمة عن الضغوط المرتبطة بالعوامل المحركة للتغيير، وبالتالي فهم التأثيرات على البيئة البحرية (Evans and others, 2019). وأخيرا، فإن القدرة على التخطيط لأنشطة المحيطات وتقييمها وإدارتها على نحو فعال ضمن أطر تقر بالعوامل الرئيسية المحركة للتغيير وتفاعلاتها، هي أمر ضروري، ولا سيما في المناطق التي توجد فيها حاليا قدرة ضئيلة على تنفيذ هذه الأطر.

المراجع

Bailey, Megan, and others (2018). The role of corporate social responsibility in creating a Seussian world of seafood sustainability. *Fish and Fisheries*, vol. 19, No. 5, pp. 782–790.

Balvanera, Patricia, and others (2019). Chapter 2: Status and trends; indirect and direct drivers of change. In *IPBES Global Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services*, ed. IPBES. Bonn: IPBES Secretariat.

Baxter, David, and others (2017). Population aging and the global economy: weakening demographic tailwinds reduce economic growth. In *Berkeley Forum on Aging and the Global Economy*. Issue brief No. 1.

Blanco, Gabriel, and others (2014). Chapter 5: Drivers, trends and mitigation. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5.* Cambridge University Press.

Bograd, Steven J., and others (2019). Developing a Social–Ecological–Environmental System Framework to Address Climate Change Impacts in the North Pacific. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 333.

Clark, G.F., and E.L. Johnston (2017). *Australia State of the Environment 2016: Coasts, Independent Report to the Australian Government Minister for Environment and Energy*. Canberra: Australian Government Department of the Environment and Energy.

Detsis, Emmanouil, and others (2012). Project catch: a space–based solution to combat illegal, unreported and unregulated fishing: Part I: vessel monitoring system. *Acta Astronautica*, vol. 80, pp. 114–123.

Eigaard, Ole Ritzau, and others (2014). Technological development and fisheries management. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, vol. 22, No. 2, pp. 156–174. https://doi.org/10.1080/23308249.2014.899557.

European Environment Agency (2005). *Sustainable Use and Management of Natural Resources*. EEA Report, 9/2005. Copenhagen: European Environment Agency.

_____(2019). *The European Environment — State and Outlook 2020, Knowledge for Transition to a Sustainable Europe*. EEA Report, 9/2005. Copenhagen: European Environment Agency.

Evans, Karen, and others (2019). The global integrated world ocean assessment: linking observations to science and policy across multiple scales. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 298.

Evans, Karen, and others (2017). *Australia State of the Environment 2016: Marine Environment, Independent Report to the Australian Government Minister for the Environment and Energy*. Canberra: Australian Government Department of the Environment and Energy.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018–Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome: FAO.

Finkbeiner, Elena M., and others (2017). Reconstructing overfishing: moving beyond malthus for effective and equitable solutions. *Fish and Fisheries*, vol. 18, No. 6, pp. 1180–1191.

Haas, Bianca, and others (2020). Factors influencing the performance of regional fisheries management organizations. *Marine Policy*, vol. 113.

Hafliðason, Tómas, and others (2012). Criteria for temperature alerts in cod supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 42, No. 2, pp. 355–371.

Hillary, Richard M., and others (2016). A scientific alternative to moratoria for rebuilding depleted international tuna stocks. *Fish and Fisheries*, vol. 17, No. 2, pp. 469–482. https://doi.org/10.1111/faf.12121.

Hobday, Alistair J., and Gretta T. Pecl (2014). Identification of global marine hotspots: sentinels for change and vanguards for adaptation action. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 24, No. 2, pp. 415–425.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018). *Global Warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5° C above Pre–Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. eds. Valérie Masson–Delmotte and others. Intergovernmental Panel on Climate Change.

_____(2019). Summary for policymakers. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, eds. Hans–Otto Pörtner and others, Intergovernmental Panel on Climate Change.

International Council for Science (2017). *A Guide to SDG Interactions: From Science to Implementation*. eds. D.J. Griggs and others. Paris: International Council for Science, Paris.

International Energy Agency (IEA) (2019a). *Energy Efficiency 2019*. Paris: International Energy Agency.

_____(2019b). *Tracking Power*. Paris: International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/tracking–power–2019.

International Monetary Fund (IMF) (2019). *World Economic Outlook: Global Manufacturing Downturn, Rising Trade Barriers*. Washington, D.C.: International Monetary Fund.

Jackson, W.J. (2017). *Australia State of the Environment 2016: Drivers, Independent Report to the Australian Government Minister for the Environment and Energy*. Canberra: Australian Government Department of the Environment and Energy.

Jones, Bryan, and Brian C. O'Neill (2016). Spatially explicit global population scenarios consistent with the shared socioeconomic pathways. *Environmental Research Letters*, vol. 11, No. 8, p. 084003.

Karnane, Pooja, and Michael A. Quinn (2019). Political instability, ethnic fractionalization and economic growth. *International Economics and Economic Policy*, vol. 16, No. 2, pp. 435–461. https://doi.org/10.1007/s10368-017-0393-3.

Lewis, Sara G., and Mariah Boyle (2017). The expanding role of traceability in seafood: tools and key initiatives. *Journal of Food Science*, vol. 82, No. S1, pp. A13–21. https://doi.org/10.1111/1750-3841.13743.

Maury, Olivier, and others (2017). From shared socio-economic pathways (SSPs) to oceanic system pathways (OSPs): Building policy-relevant scenarios for global oceanic ecosystems and fisheries. *Global Environmental Change*, vol. 45, pp. 203–216.

Maxim, Laura, and others (2009). An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework. *Ecological Economics*, vol. 69, No. 1, pp. 12–23.

Merkens, Jan-Ludolf, and others (2016). Gridded population projections for the coastal zone under the shared socioeconomic pathways. *Global and Planetary Change*, vol. 145, pp. 57–66.

Millennium Ecosystem Assessment (2003). *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, D.C.: Island Press.

Neumann, Barbara, and others (2015). Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding – a global assessment. *PloS One*, vol. 10, No. 3, p. e0118571.

Organization for Economic Cooperation and Development (2016). *The Ocean Economy in 2030*. https://doi.org/10.1787/9789264251724-en.

Patrício, Joana, and others (2016). DPSIR – two decades of trying to develop a unifying framework for marine environmental management? *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 177. https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00177.

Rowlands, Gwilym, and others (2019). Satellite surveillance of fishing vessel activity in the Ascension Island Exclusive Economic Zone and Marine Protected Area. *Marine Policy*, vol. 101, pp. 39–50.

Ruiz, J., and others (2014). Electronic monitoring trials on in the tropical tuna purse-seine fishery. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 72, No. 4, pp. 1201–1213. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu224.

Smeets, Edith, and Rob Weterings (1999). *Environmental Indicators: Typology and Overview*. Copenhagen: European Environment Agency.

Suárez-de Vivero, Juan L., and Juan C. Rodríguez Mateos (2017). Forecasting geopolitical risks: Oceans as source of instability. *Marine Policy*, vol. 75, pp. 19–28.

Tittensor, Derek P., and others (2018). A protocol for the intercomparison of marine fishery and ecosystem models: Fish-MIP v1. 0. *Geoscientific Model Development*, vol. 11, No. 4, pp. 1421–1442.

United Nations (2017a). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). *The Conservation and Sustainable Use of Marine Biological Diversity of Areas beyond National Jurisdiction. A Technical Abstract of the First Global Integrated Marine Assessment*. New York: United Nations.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (UNDESA) (2019a). *International Migrant Stock 2019*. United Nations. https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/data/estimates2/estimates19.asp.

_____(2019b). *Percentage of Total Population Living in Coastal Areas*. New York: United Nations. https://sedac.ciesin.columbia.edu/es/papers/Coastal_Zone_Pop_Method.pdf.

_____(2019c). *World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423)*. New York: United Nations.

United Nations Environment Programme, ed. (2019). *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108627146

الجزء الرابع

الحالة الراهنة للبيئة البحرية واتجاهاتها

الفصل 5

الاتجاهات في الحالة الفيزيائية والكيميائية للمحيطات

المساهمون: كارلوس غارسيا-سوتو (منظم الاجتماعات وعضو رئيسي)، وليفك سيزار، وآني كازيناف، وليجينغ تشنغ، وأليسيا تشيريبكا، وبول دوراك، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، وديفيد هالبرن، وليبي جويت، وسونغ يونغ كيم، وغوانتشنغ لي، وإغناتيوس ريغور، وسونكي شميدتكو جوينغ وانغ (عضو رئيسي مشارك)، وتايمون زيلينسكي (عضو رئيسي مشارك).

النقاط الرئيسية

- التمدد الحراري الناجم عن احترار المحيطات وذوبان الجليد البري هما السببان الرئيسيان لتسارع وتيرة ارتفاع متوسط مستوى سطح البحر على الصعيد العالمي.
- يؤثر الاحترار العالمي أيضا على العديد من أنظمة الدوران. وقد فتر بالفعل التيار التقلبي الجنوبي للمحيط الأطلسي ومن المرجح أن يستمر فتوره في المستقبل. ومن بين تأثيرات التغيرات الحاصلة في دوران المحيطات حدوث ارتفاع في مستويات سطح البحر على الصعيد الإقليمي، وتغيرات في توزيع المغذيات وامتصاص الكربون في المحيطات، وتفاعلات مع الغلاف الجوي، من قبيل تغيير توزيع التساقطات.
- يخزَّن أكثر من 90 في المائة من الحرارة الناجمة عن الاحترار العالمي في محيطات العالم. وعكست المحيطات، منذ خمسينيات القرن الماضي، احترارا قويا من السطح نزولا إلى عمق 2 000 متر. وزادت نسبة المحتوى الحراري للمحيطات بأكثر من الضعف منذ تسعينيات القرن الماضي مقارنة بالاتجاهات الطويلة الأجل. ويمكن ملاحظة الاحترار في معظم محيطات العالم، مع وجود بضع مناطق تظهر انخفاضا طويل الأجل في درجة الحرارة.
- تُظهر المحيطات نمطاً ملحوظاً لتغيرات درجة الملوحة في عمليات الرصد التي تجرى على مدى عدة عقود، حيث توفر الأنماط السطحية والجوفية أدلة واضحة على تضخيم دورة الماء فوق المحيط. ويتجلى ذلك في زيادة الملوحة في المناطق شبه المدارية ذات الملوحة العالية القريبة من السطح، وانخفاض درجة الملوحة في المناطق ذات الملوحة المنخفضة مثل المنطقة الدافئة في غرب المحيط الهادئ والقطبين.
- أدت الزيادة في مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وما تلاها من زيادة الكربون في المحيطات، إلى حدوث تغير في كيمياء المحيطات يشمل التغيرات في درجة الحموضة ودرجة تشبع الأراغونيت. وثبت من خلال الدراسات والتجارب الميدانية أن البيئة البحرية إذا زاد فيها الكربون أكثر، وخاصة إذا اقترن ذلك بعوامل إجهاد بيئي أخرى، ينتج عنها آثار سلبية على طائفة واسعة من الكائنات الحية، ولا سيما تلك التي تشكل أصداف كربونات الكالسيوم، وتحدث تغييرا في التنوع البيولوجي وهيكل النظام الإيكولوجي.
- تتيح عمليات رصد الأكسجين على مدار عقود من الزمن إجراء تحليلات رصينة للاتجاهات. وأظهرت القياسات الطويلة الأجل انخفاضات في تركيزات الأكسجين المذاب في معظم مناطق المحيطات، وتوسُّعاً في المناطق المستنفدة للأكسجين. ويعود فقدان معظم الأكسجين بالقرب من السطح إلى انخفاض القابلية للذوبان بفعل درجة الحرارة، على الرغم من أن انخفاض الأكسجين لا يقتصر على الطبقات العلوية للمحيطات ويوجد في جميع أجزاء العمود المائي في العديد من المناطق.
- تتناقص مساحة الجليد البحري الإجمالية في منطقة القطب الشمالي تناقصا سريعا، لكن الاتجاهات في القطب الجنوبي اتجاهات يستهان بها. ففي منطقة القطب الشمالي، تظهر أبرز الاتجاهات الصيفية في قطاع المحيط الهادئ المتاخم للمحيط المتجمد الشمالي، في حين تُظهر الاتجاهاتُ الصيفية في المحيط المتجمد الجنوبي زياداتٍ في بحر ودل وانخفاضات في قطاع غرب أنتاركتيكا المتاخم للمحيط الجنوبي. وتنجم الاختلافات في مساحة الجليد البحري عن التغيرات في الرياح والتيارات البحرية.

1 - مقدمة

يرد في هذا الفصل تحليل للحالة الفيزيائية والكيميائية الراهنة للمحيطات واتجاهاتها، استنادا إلى سبعة مؤشرات رئيسية لتغير المناخ هي:

- **مستوى سطح البحر** – يدمج مؤشر مستوى سطح البحر التغيرات التي تحدث في النظام المناخي للأرض استجابةً للتقلب المناخي الداخلي، وللمؤثرات الطبيعية والبشرية المنشأ. وهو بذلك أحد المؤشرات الرئيسية لتغير المناخ العالمي وتقلبه.
- **دوران المحيطات** – لدوران المحيطات دور محوري في تنظيم مناخ الأرض ويؤثر على الحياة البحرية من خلال نقل الحرارة والكربون والأكسجين والمواد الغذائية. وتتمثل العوامل المحركة لدوران المحيطات في الرياح السطحية وتدرجات الكثافة (التي تحددها درجة الحرارة البحرية ودرجة ملوحة المحيط)، ويمكن لأي تغيرات تطرأ على هذه العوامل المحركة أن تستحث تغيرات في دوران المحيطات.
- **درجة حرارة البحر والمحتوى الحراري للمحيطات** – يؤثر الاحترار السريع لمحيطات العالم خلال العقود القليلة الماضية على الطقس والمناخ والنظم الإيكولوجية والمجتمع البشري والاقتصادات (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019). وتتجلى زيادة الحرارة في المحيطات بطرق عديدة، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، ارتفاع درجة الحرارة الداخلية للمحيطات (Cheng and others, 2019b)، وارتفاع مستوى سطح البحر الناجم عن التمدد الحراري، وذوبان الصفائح الجليدية، والدورة المائية المكثفة، وتغير الدوران الجوي ودوران المحيطات، والأعاصير المدارية الأقوى مع زيادة غزارة الأمطار (Trenberth and others, 2018).
- **الملوحة** – مع ظهور المنتجات المحسنة لرصد الملوحة، تم إيلاء المزيد من الاهتمام لملوحة المحيطات في تقارير التقييم التي تعدها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (fourth report, Bindoff and others, 2007؛ وfifth report, Rhein and others, 2013) وفي التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017). والتغيرات في ملوحة المحيطات هامة بالنظر إلى أن المحيطات في العالم تغطي 71 في المائة من سطح الأرض وتحتوي على 97 في المائة من المياه الحرة للأرض (Durack, 2015). وأي تغيرات في المياه العالمية سيُعبَّر عنها بأنماط متغيرة لملوحة المحيطات، وهي معلم من معالم دورة الماء لأكبر مستودع للنظام المناخي.
- **تحمُّض المحيطات** – لارتفاع تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أيضاً أثر مباشر على كيمياء المحيطات من خلال امتصاص ثاني أكسيد الكربون. وامتصت المحيطات قرابة 30 في المائة من جميع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الفترة الممتدة من عام 1870 إلى عام 2015 (Le Quéré and others, 2016؛ وGruber and others, 2019)، وتؤدي زيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون في الماء إلى تقليل درجة الحموضة فيه من خلال تكوين حمض الكربونيك.
- **الأكسجين المذاب** – تؤثر التغيرات في أكسجين المحيطات تأثيراً عميقاً على الحياة البحرية، انطلاقا من دورة المغذيات ووصولا إلى حدود موائل الأسماك غير القاعية (مثلا Worm and others, 2005؛ و Diaz and Rosenberg, 2008؛ و Stramma and others, 2012؛ و Levin, 2018) ويمكن أن تؤثر على تغير المناخ من خلال انبعاثات أكسيد النيتروز، وهو غاز قوي من غازات الدفيئة (مثلا Voss and others, 2013).
- **الجليد البحري** – يغطي الجليد البحري في المناطق القطبية نحو 15 في المائة من محيطات العالم ويؤثر على النظام المناخي العالمي من خلال تأثيره على التوازن الحراري والدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي على الصعيد العالمي. وبالإضافة إلى ذلك، يتسم الجليد البحري بوضاءة مرتفعة، ويعكس أشعة الشمس بقدر أكبر من المحيط السائل، ويطلق ذوبانه مياهاً عذبة تبطئ الحزام الناقل البحري العالمي (وهو النظام الدائم الحركة لدوران تيارات أعماق المحيطات المدفوع بدرجة الحرارة والملوحة).

ويتضمن هذا الفصل، استنادا إلى هذه المؤشرات، تفاصيل آثار تغير المناخ على الحالة الفيزيائية والكيميائية للمحيطات وتطورها وأنماطها المكانية. وينبغي أن يُقرأ هذا الفصل بالاقتران مع الفصل 9، الذي يرد فيه تحليل للأحداث المناخية القصوى (موجات الحر البحرية الشديدة، والأحداث القصوى المتصلة بظاهرة النينيو، والأعاصير المدارية) ووصف أكثر تفصيلا للضغوط الناجمة عن بعض التغيرات الفيزيائية والكيميائية على النظم الإيكولوجية البحرية والسكان. ويتم تناول بعض الجوانب الإضافية في الفرع المتعلق بالجليد في منطقة خطوط العرض العليا من الفصل 7 المتعلق بالاتجاهات في حالة التنوع البيولوجي في الموائل البحرية.

2 - الحالة الفيزيائية والكيميائية للمحيطات

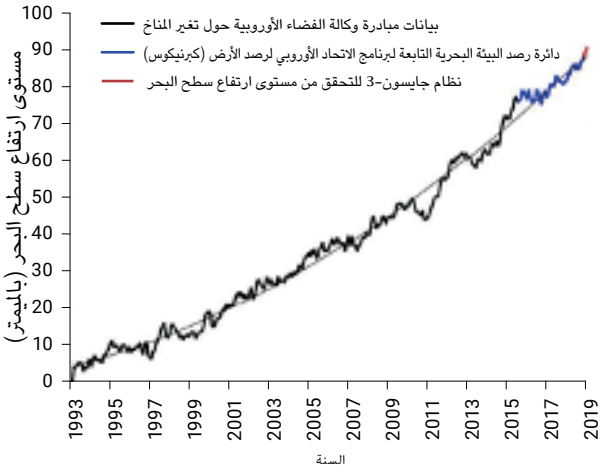
2-1 - مستوى سطح البحر

منذ أوائل تسعينيات القرن الماضي، يجري رصد مستوى سطح البحر بصورة روتينية على الصعيدين العالمي والإقليمي عن طريق سلسلة من بعثات قياس الارتفاع العالية الدقة (TOPEX/POSEIDON، و Jason-1، و Jason-2، و Jason-3، و Envisat، و SARAL/AltiKa، و Sentinel-3A، و Sentinel-3B).

ويبين الشكل الأول في منحنى آخر تحديث للمتوسط العالمي لمستوى سطح البحر من خلال قياس الارتفاع بواسطة الساتل (تحديث Legeais and others, 2018)). ومنذ عام 1993، ارتفع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر بمعدل متوسط قدره 3,1 ± 0,3 مليمتر في السنة، مع تسارع مضاف واضح يبلغ حوالي 0,1 مليمتر في السنة (Chen and others, 2017؛ و Dieng and others, 2017؛ و Yi and others, 2017؛ و Nerem and others, 2018؛ و World Climate Research Programme Global Sea Level Budget Group, 2018)[1]. وكشف أيضا قياس الارتفاع بواسطة الساتل عن تباين إقليمي شديد في معدلات تغير مستوى سطح البحر، حيث تصل المعدلات الإقليمية إلى مستوى أعلى من المتوسط العالمي بضعفين إلى ثلاثة أضعاف في بعض المناطق على مدار حقبة قياس الارتفاع (انظر الشكل الثاني).

الشكل الأول

تطور المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر من خلال قياس الارتفاع بواسطة الساتل المتعدد المهام

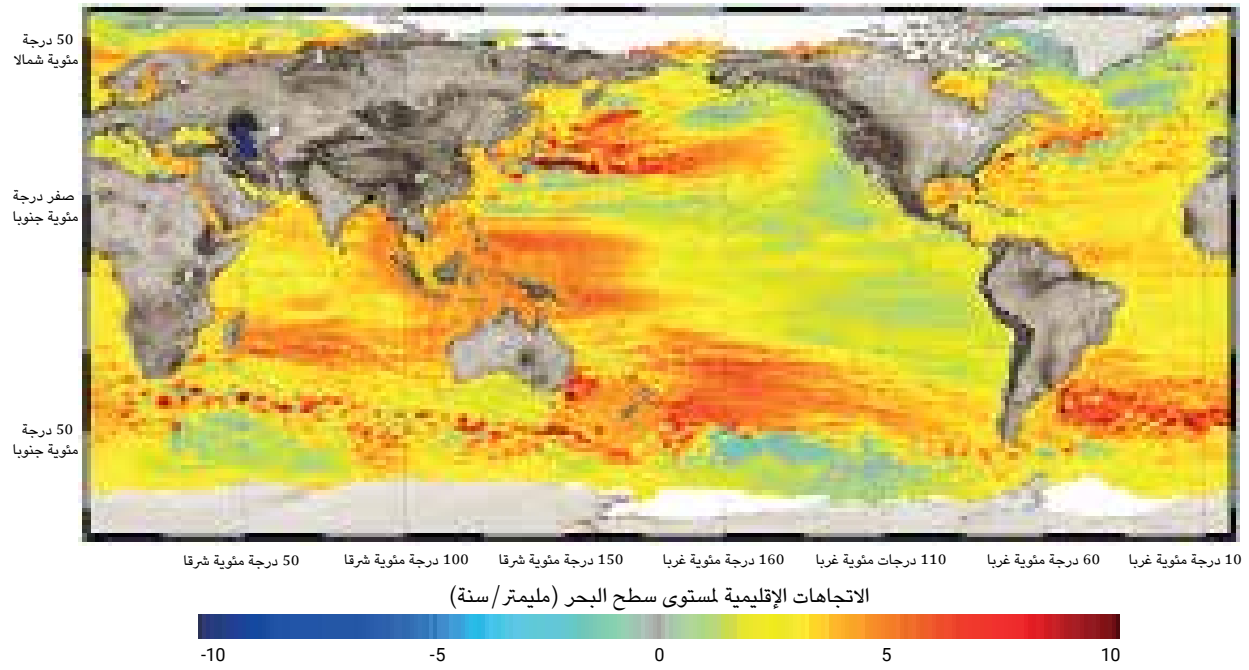


المصدر: Legeais and others, 2018 (updated).

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

الشكل الثاني

أنماط الاتجاهات الإقليمية لمستوى سطح البحر من خلال قياس الارتفاع بواسطة الساتل



المصدر: دائرة رصد البيئة البحرية التابعة لبرنامج الاتحاد الأوروبي لرصد الأرض (كبرنيكوس).

توجد في الوقت الحاضر نظم رصد مختلفة تتيح التحديد الكمي للمساهمات المختلفة للتغيرات العالمية والإقليمية في مستوى سطح البحر. ويقيس نظام آرغو لعوامات التنميط الذاتية التشغيل[2] درجة حرارة مياه البحر والملوحة وصولا إلى عمق 2 000 متر، مع تغطية شبه عالمية. وتتيح البعثة الساتلية التجريبية للمناخ وقياس الجاذبية، وهي بعثة فضائية لقياس الجاذبية، رصد التغيرات في كتلة المحيطات الناجمة عن فقدان كتل الأنهار الجليدية والصفائح الجليدية، فضلا عن التغير في تخزين المياه الأرضية. وتقيس أيضا التغيرات الفردية في كتلة المياه في الأنهار الجليدية والصفائح الجليدية والكتل المائية الأرضية. وتستخدم أيضا تقنيات أخرى، مثل الرادار ذي الفتحة الاصطناعية الخاص بقياس التداخل، وقياس الارتفاع باستخدام الرادار وباستخدام الليزر، لتقدير توازن كتلة الصفيحة الجليدية.

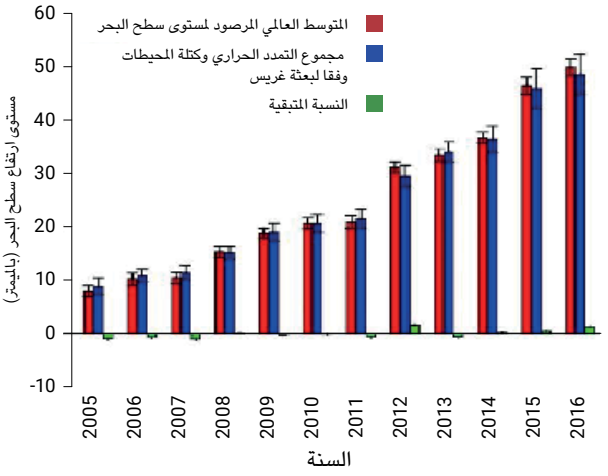
وتعد دراسة ميزان المساهمات في تغير مستوى سطح البحر أمرا مهما إذ تفرض قيودا على المساهمات المفقودة أو غير المعروفة جيدا، مثل أعماق المحيطات، التي لا تأخذ منها نظم الرصد الحالية عينات كافية. فالمتوسط العالمي لمستوى سطح البحر، المصحَّح ليعكس تغير كتلة المحيطات، يساعد بشكل مستقل في تقدير التغيرات في المحتوى الحراري الكلي للمحيطات على مر الزمن، التي يمكن أن يُستنتج منها اختلال توازن الطاقة في الأرض. ويعرض الشكل الثالث المتوسطات السنوية منذ عام 2005 للمتوسط العالمي لمستوى سطح البحر ومجموع التمدد الحراري للمحيطات وزيادة كتلة المحيطات بسبب ذوبان الجليد البري والتغيرات في تخزين المياه الأرضية (World Climate Research Programme Global Sea Level Budget Group, 2018). ويبين الشكل أن النسب السنوية المتبقية تظل دون مستوى 2 مليمتر. ومن حيث الاتجاهات، فإن حاصل ميزان المساهمات في تغير مستوى سطح البحر

[2] انظر www.argo.net.

منذ عام 2005 يقترب من 0,3 مليمتر في السنة، وهو يماثل متوسط ارتفاع مستوى سطح البحر غير المؤكد. وهناك دراسات أخرى (Dieng and others, 2017؛ و Nerem and others, 2018) تبين أيضا إغلاق ميزان المساهمات في تغير مستوى سطح البحر على مدى حقبة قياس الارتفاع بأكملها (منذ عام 1993).

الشكل الثالث

الميزان السنوي للمساهمات في تغير المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر منذ عام 2005



المصدر: World Climate Research Programme Global Mean Sea Level Budget Group, 2018.

وعلى النطاق المحلي، ولا سيما في المناطق الساحلية، تضاف عمليات أخرى صغيرة النطاق إلى المتوسط العالمي والعناصر الإقليمية لمستوى سطح البحر، ويمكن أن تجعل مستوى سطح البحر في المناطق الساحلية ينحرف بشكل كبير عن ارتفاع مستوى سطح البحر في المحيط المفتوح (Woodworth and others, 2019). وعلى سبيل المثال، يمكن للتغيرات في الرياح والأمواج والتيارات الصغيرة النطاق القريبة من الساحل، فضلا عن مدخلات المياه العذبة في مَصابّ الأنهار، أن تغير هيكل كثافة مياه البحر، ومن ثم مستوى سطح البحر في المناطق الساحلية.

2-2 - دوران المحيطات

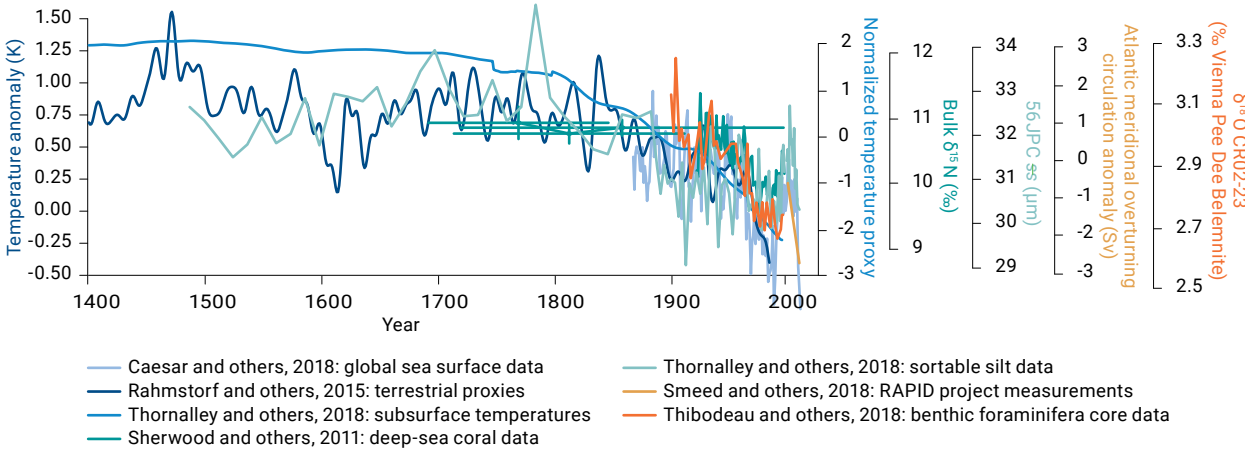
تحدث التغيرات الملحوظة في نظام دوران المحيطات على الصعيد العالمي وتستمد من مجموعة متنوعة من مصادر البيانات. ويبدو أن التغيرات في ارتفاع مستوى سطح البحر، المقيسة باستخدام قياس الارتفاع بواسطة الساتل العالي الدقة منذ عام 1993، تشير إلى اتساع رقعة الدوامات المائية شبه المدارية وازدياد قوتها في شمال المحيط الهادئ (Qiu and Chen, 2012) وجنوب المحيط الهادئ (Cai, 2006؛ و Hill and others, 2008). وعلاوة على ذلك، تُظهر البيانات حركة في اتجاه القطب للعديد من التيارات البحرية، بما في ذلك التيار المحيط بالقطب الجنوبي والدوامات المائية شبه المدارية في نصف الكرة الجنوبي (Gille, 2008)، فضلا عن تيارات الحافة الغربية في جميع أحواض المحيطات (Wu and others, 2012).

ومع ذلك، تُلاحظ أشد التغيرات في المحيط الأطلسي. فمن المتوقع منذ فترة طويلة أن يتباطأ واحد من نظم التيارات البحرية الرئيسية، وهو التيار التقلبي الجنوبي للمحيط الأطلسي، بفعل الاحترار العالمي (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013). وبما أن النظام الحالي ينقل الحرارة من نصف الكرة الجنوبي والمنطقة المدارية إلى شمال المحيط الأطلسي، يمكن استنتاج تطوره من تطور درجة حرارة سطح البحر. وتم بالفعل ربط الانخفاض الملحوظ لدرجة الحرارة في منطقة شمال المحيط الأطلسي دون القطبية منذ نهاية القرن التاسع عشر بتباطؤ التيار التقلبي الجنوبي للمحيط الأطلسي (Dima and Lohmann, 2010؛ و Latif and others, 2006؛ و Rahmstorf and others, 2015). وعلاوة على ذلك، تشير مؤشرات بديلة مختلفة ومستقلة بشكل كبير نشرت في السنوات الأخيرة عن تطور الدوران إلى أن التيار في أضعف حالاته منذ مئات السنين (انظر الشكل الرابع) وأنه ما فتئ يضعف خلال القرن الماضي (انظر الشكل الخامس؛ و Caesar and others, 2018). ويمكن أيضاً ملاحظة هذا الضعف في القياسات المباشرة لبرنامج البحوث RAPID[3] (Smeed and others, 2018) على مدار العقد الماضي.

[3] يهدف برنامج RAPID إلى تحديد مدى التقلب في التيار التقلبي الجنوبي للمحيط الأطلسي وارتباطه بالمناخ. وهو مصفوفة نشرت في عام ٢٠٠٤ ترصد باستمرار قوة الدوران عند خط عرض ٢٦ درجة شمالا تقريبا.

الشكل الرابع

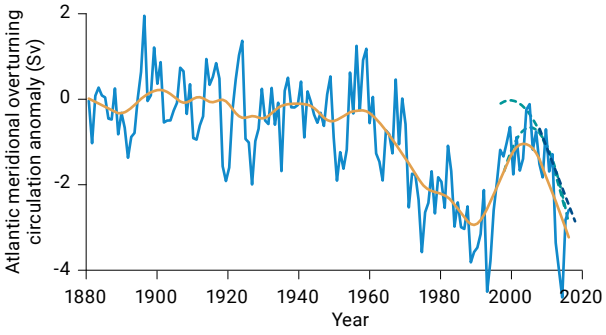
اتجاه قوة التيار التقلبي الجنوبي للمحيط الأطلسي في بيانات الرصد المستقاة من قياسات مختلفة غير مباشرة منذ عام 1400



يُظهر الشكل التطور الطويل الأمد لدرجات حرارة سطح البحر والأرض في منطقة شمال المحيط الأطلسي (بظلال مختلفة من اللون الأزرق (Caesar and others, 2018؛ و Rahmstorf and others, 2015؛ و Thornalley and others, 2018)، والمحتوى الحراري للمحيط الأطلسي (باللون الأحمر، (Zanna and others, 2019))، والبيانات المستقاة من جوف أعماق البحار (باللون الأخضر الفاتح (Thornalley and others, 2018)، وباللون الأخضر الداكن (Sherwood and others, 2011)، وباللون الأرجواني (Thibodeau and others, 2018)) والاتجاه الخطي للرصد الموقعي للدوران من خلال مشروع RAPID (باللون البرتقالي، (Smeed and others, 2018)).

الشكل الخامس

اتجاه قوة التيار التقلبي الجنوبي للمحيط الأطلسي في بيانات الرصد



يُظهر الشكل القياسات غير المباشرة الطويلة الأمد لدرجة حرارة سطح البحر (تم ترشيحها على مدد 20 سنة في منحنيات سلسة مبعثرة مرجحة محليا، والخطوط الرفيعة تمثل القيم السنوية) (باللون الأزرق)، والاتجاه التربيعي لمنتج إعادة تحليل المحيطات Meteorological Office Global Seasonal Forecasting System, version 5؛ و Jackson and others, 2016)، وإعادة البناء من خلال قياس الارتفاع بواسطة الساتل وقياسات الكابلات (Frackja-Williams, 2015)، والاتجاه الخطي للرصد الموقعي للدوران من خلال مشروع RAPID.
المصدر: Caesar and others, 2018.

ويمكن الاستدلال على المعلومات المتعلقة بعمليات دوران المحيطات وتغيراتها من القياسات المباشرة أو القياسات غير المباشرة أو نماذج المحاكاة. وتنشأ أوجه عدم اليقين الرئيسية فيما يتعلق باتجاهات دوران المحيطات من المدد الزمنية القصيرة للقياسات المباشرة والمستمرة، وعدم اكتمال المعلومات عند تمثيل الدوران باستخدام قياسات غير مباشرة، وأوجه عدم اليقين المتأصلة في النماذج. ولذلك، من المهم أن تستمر برامج البحوث القائمة في مجال الرصد، مثل البرنامج العالمي لمراقبة المحيطات بالعوامات الطافية (Dohan, 2010) وبرنامج آرغو (Freeland and others, 2010). وتندرج في هذا الإطار أيضا المشاريع الرئيسية لرصد التيار التقلبي الجنوبي للمحيط الأطلسي، أي مصفوفة RAPID (Smeed and others, 2014) التي تقيس قوة الدوران منذ عام 2004 عند خط عرض 26 درجة شمالا تقريبا، وبرنامج التقلب في منطقة شمال المحيط الأطلسي دون القطبية[4] (Lozier and others, 2017) الذي يقيس التقلب الذي يغذي الدوران منذ عام 2014، ومرصد

[4] هذا برنامج دولي وضع لتوفير سجل مستمر للتدفقات الحرارية والكتلية وتدفقات المياه العذبة إلى منطقة شمال المحيط الأطلسي دون القطبية.

التقلب عبر السنوات والعقود في شمال المحيط الأطلسي[5] الذي يقيس بارامترات المحيط على طول خط فاصل بين غرينلاند والبرتغال (Mercier and others, 2015).

وتتفاوت تأثيرات التغيرات في نظام دوران المحيطات. ويكتسي التيار التقلبي الجنوبي للمحيط الأطلسي أهمية حاسمة في الانتقال الجنوبي الشمالي للحرارة، وبالتالي يؤثر بقوة على المناخ في منطقة شمال المحيط الأطلسي. ويمكن أن يؤدي التباطؤ في هذا التيار إلى الحد من امتصاص الكربون في المحيط (Zickfeld and others, 2008)، وسيزيد ارتفاع مستوى سطح البحر على امتداد الساحل الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية (Goddard and others, 2015). غير أن الدوامة المائية شبه المدارية الأقوى في شمال المحيط الهادئ تؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر إقليميا في المنطقة المدارية الغربية لشمال المحيط الهادئ (Timmermann and others, 2010). وهذه هي الاستجابات الدينامية لارتفاع مستوى سطح البحر للتغيرات في دوران المحيطات. ويؤدي انزياح تيارات الحافة الغربية في اتجاه القطب إلى الاحترار في المناطق التي لم تتأثر من قبل بهذه التيارات الدافئة والقوية. ويتسبب التمدد الحراري الناجم عن ذلك في ارتفاع مستوى سطح البحر في المناطق الساحلية المجاورة، كما هو الحال في المحيط الجنوبي والمحيط الهندي (Alory and others, 2007؛ و Gille, 2008). ومن التأثيرات المحتملة الأخرى التي تحتاج إلى مزيد من البحث التغيرات في النظم الإيكولوجية البحرية والإنتاج الأولي، بالنظر إلى أن التيارات تنقل المغذيات، والآثار المترتبة على نظم الطقس، مثل حدوث موجات الحر الشديد أو حالات الجفاف أو الفيضانات، حيث إن لدوران المحيطات تأثيرا كبيرا على أنماط الدوران، ومن ثم على أنماط التهطال، في الغلاف الجوي (Duchez and others, 2016).

3-2 - درجة حرارة البحر والمحتوى الحراري للمحيطات

درجة حرارة سطح البحر

تُستمد تحليلات درجة حرارة سطح البحر التي يرد تقييمها هنا من أربع مجموعات بيانات منشورة (انظر الشكل السادس). وتكشف جميع مجموعات البيانات عن زيادة في المتوسط العالمي لدرجة حرارة سطح البحر منذ أوائل القرن العشرين. وتُظهر بيانات متوسط درجة حرارة سطح البحر في العالم، المحددة باستخدام اتجاه خطي خلال الفترة 1900–2018، ارتفاعًا لا جدال فيه بمقدار 0,07±0,60 درجة مئوية (centennial in situ observation-based estimates of sea surface temperature, version 1, COBE1) (Ishii and others, 2005)، وبمقدار 0,11±0,62 درجة مئوية (centennial in situ observation-based estimates of sea surface temperature, version 2, COBE2) (Hirahara and others, 2014)، وبمقدار 0,07±0,56 درجة مئوية (Hadley Centre sea ice and sea surface temperature data set, HadISST) (Rayner and others, 2003)، وبمقدار 0,10±0,72 درجة مئوية (extended reconstructed sea surface temperature, ERSST) (Huang and others, 2017) في القرن، في ظل كفالة نطاق ثقة بنسبة 90 في المائة. وبالنظر إلى جميع مجموعات البيانات، فإن معدل متوسط درجة حرارة سطح البحر هو 0,12±0,62 درجة مئوية خلال الفترة نفسها. وتعزى الاختلافات بين مجموعات البيانات هذه أساساً إلى كيفية تعامل كل منهجية مع المناطق التي تتوفر عنها بيانات قليلة أو لا تتوفر عنها أي بيانات وكيفية مراعاة كل تحليل للتغيرات في أساليب القياس. ومن بين جميع مجموعات البيانات، حلت بدءًا من عام 1997 العشر سنوات التي شهدت أعلى درجات حرارة على الإطلاق، مع حلول الخمس

[5] يوثق المشروع تقلب الدوران وخصائص الكتلة المائية في المنطقة الشمالية من شمال المحيط الأطلسي.

سنوات التي شهدت أعلى درجات حرارة بدءا من عام 2014. ويُظهر العقد الأخير (2009–2018) معدل احترار أعلى بكثير من الاتجاه الطويل الأجل: 2,41±1,79 درجة مئوية (COBE1)، و 2,97±1,81 درجة مئوية (COBE2)، و 2,05±1,85 درجة مئوية (HadISST)، و 2,81±1,98 درجة مئوية (ERSST) استنادا إلى القرن. والمعدل المتوسط هو 2,56±0,68 درجة مئوية خلال الفترة 2009–2018 استنادا إلى القرن. وبالإضافة إلى بيانات الرصد الموقعي هذه، تشير البيانات الساتلية إلى تغيرات ثابتة في درجة حرارة سطح البحر في الفترة من عام 1981 إلى عام 2016 (Good and others, 2020؛ انظر الشكل السادس).

وترتفع درجة حرارة معظم مناطق المحيطات حول الأرض (انظر الشكل السادس (ب)). ويشكل الاحترار الواسع النطاق لسطح المحيطات في العالم دليلا مباشرا على التأثير البشري في النظام المناخي (Bindoff and others, 2013). وشهدت مناطق قليلة، مثل منطقة شمال المحيط الأطلسي دون القطبية، انخفاضا في درجات الحرارة خلال القرن الماضي (ويسمى ذلك غالبا "النقطة الباردة" أو "ثقب الاحترار في شمال المحيط الأطلسي"). ويشير عدد من الدراسات إلى أن هذه "النقطة الباردة" تدل على حدوث ضعف في التيار التقلبي الجنوبي للمحيط الأطلسي، ربما بفعل زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (Caesar and others, 2018). ومن ناحية أخرى، اتسمت المنطقة الاستوائية في المحيط الهادئ والمنطقة المدارية في شرق المحيط الهادئ بمعدلات احترار أدنى. ففي جنوب شرق المحيط الهادئ، في المنطقة الممتدة من وسط بيرو إلى شمال شيلي، اكتُشف اتجاه متعدد العقود لانخفاض حرارة السطح استمر حتى أواخر العقد الأول من القرن الحادي والعشرين (Gutiérrez and others, 2016، والمراجع الواردة فيه)، ومن المحتمل أن يكون مرتبطا بزيادة في ارتفاع مياه القاع إلى المياه السطحية الساحلية أو بتغيرات في الدوران مدفوعة عن بعد (Dewitte and others, 2012).

المحتوى الحراري للمحيطات

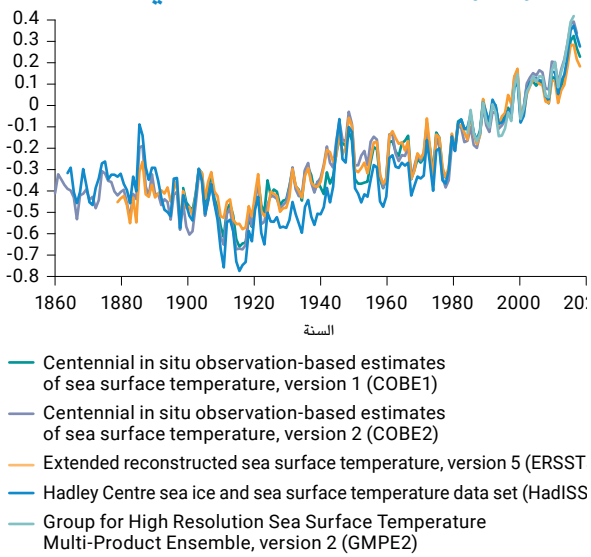
يعزى تغير المناخ الناجم عن الأنشطة البشرية أساسا إلى التدخل في التدفقات الطبيعية للطاقة عبر النظام المناخي، مما يحدث اختلالا في توازن الطاقة بسبب زيادة غازات (الدفيئة) المسببة للاحتباس الحراري (Hansen and others, 2011؛ و Trenberth and others, 2018) في الغلاف الجوي. ويتراكم أكثر من 90 في المائة من اختلالات توازن الطاقة في المحيطات (Rhein and others, 2013). ويتجلى اختلال درجة الحرارة في زيادة المحتوى الحراري للمحيطات. وعلى الصعيد المحلي، يمكن تقدير المحتوى الحراري للمحيط عن طريق دمج درجة حرارة البحر (T) من عمق المحيط z_1 إلى z_2:

$$OHC = c_p \int_{z_1}^{z_2} \rho T dz$$

حيث ρ هي كثافة مياه البحر وC_p هي السعة الحرارية المحددة لمياه البحر.

الشكل السادس – ألف

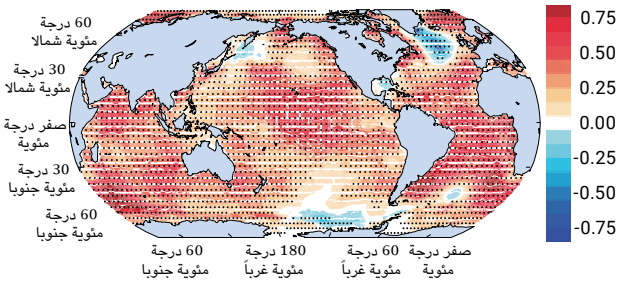
انحرافات المتوسط العالمي لدرجة حرارة سطح البحر (درجة مئوية، متوسط سنوي)



ملاحظة: يُظهر الشكل التقديرات المستقاة في الموقع من COBE1، و COBE2، و ERSST5، و HadISST، و GMPE2.

الشكل السادس – باء

النمط المكاني للاتجاه الطويل الأمد في درجة حرارة سطح البحر (درجة مئوية لكل قرن) للفترة من عام 1854 إلى عام 2018 الخاص ببيانات ERSST



ملاحظة: تستخدم جميع البيانات خط أساس مشترك للفترة من عام 1981 إلى عام 2010. وتشير علامات النقطة السوداء في الشكل (ب) إلى الخلايا الشبكية التي تكون فيها الاتجاهات ذات شأن (أي أن اتجاه الصفر يقع خارج نطاق الثقة الذي نسبته 90 في المائة)

واختلال توازن الطاقة في الأرض والمحتوى الحراري للمحيطات هما القياسان الأساسيان لظاهرة الاحترار العالمي (Hansen and others, 2011؛ و Trenberth and others, 2018؛ و Von Schuckmann and others, 2016؛ و Cheng and others, 2018). ويتأثر سجل المحتوى الحراري للمحيطات بالتقلب الداخلي في النظام المناخي بدرجة أقل من سجلات درجة حرارة سطح البحر الأكثر استخداماً، ولذلك فهو أكثر ملاءمة من القياسات الأخرى للكشف عن التأثيرات البشرية وإسنادها (Cheng and others, 2018).

ومنذ صدور تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Rhein and others, 2013)، أُحرز تقدم كبير في تحسين السجلات الطويلة الأجل للمحتوى الحراري للمحيطات، وتم تحديد عدد من مصادر عدم اليقين في القياسات والتحليلات السابقة، ويتم حصرها بشكل أفضل (Abraham and others, 2013؛ و Boyer and others, 2016؛ و Cheng and others, 2016, 2017a؛ و Ishii and others, 2017). وفي الوقت نفسه، بذلت جهود لتحسين كيفية حصر الثغرات المكانية أو الزمنية في قياسات درجات الحرارة البحرية التاريخية. فعلى سبيل المثال، اقتُرح أسلوب جديد لاستكمال البيانات المكانية (Cheng and others, 2017a)، وأتيح تصحيحٌ للتقديرات الموجودة (Ishii and others, 2017). وأصبح من الواضح أن العديد من الاستراتيجيات التقليدية لسد الثغرات انطوت على تحيز محافظ نحو التغيرات المنخفضة الحجم. ومن الاستراتيجيات التي تنطوي على قدر أقل من التحيز (Cheng and others (2017a؛ و Domingues and others (2008؛ و Ishii and others (2017).

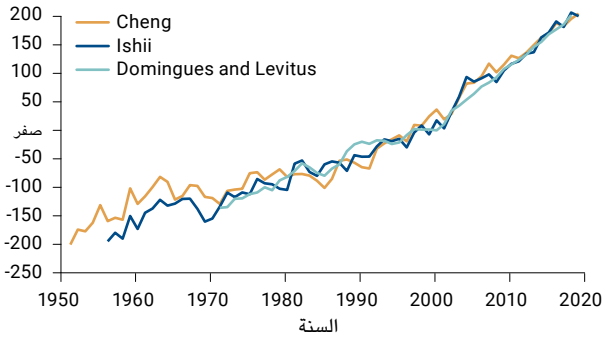
وتُظهر التقديرات الثلاثة الحديثة للمحتوى الحراري للمحيطات استناداً إلى بيانات الرصد أن احترار المحيطات يحدث بوتيرة ثابتة للغاية منذ أواخر خمسينيات القرن الماضي (انظر الشكل السابع). وتشير إلى معدل خطي قدره 0,36±0,06 واط لكل متر مربع (Ishii and others, 2017) و 0,33±0,10 واط لكل متر مربع (Cheng and others, 2017a) (بحساب المتوسط على امتداد سطح الأرض) في الفترة 1955–2018، بمعدل متوسط قدره 0,34±0,08 واط لكل متر مربع بين جميع مجموعات البيانات. والتقديرات الجديدة أعلى في مجملها من التقديرات السابقة (Rhein and others, 2013) وأكثر اتساقاً مع بعضها البعض (Cheng and others, 2019a). وزاد معدل احترار المحيطات في طبقة الـ 2000 متر العليا في العقود التي تلت تسعينيات القرن الماضي، مع اتجاهات خطية قدرها 0,58±0,06 واط لكل متر مربع (Cheng and others, 2017a) و 0,61±0,08 واط لكل متر مربع (Ishii and others, 2017)، و 0,66±0,02 واط لكل متر مربع (Domingues and others, 2008؛ و Levitus and others, 2012) في الفترة بين عامي 1999 و 2018. والمعدل المتوسط هو 0,62±0,05 واط لكل متر مربع. وفي العقد الأخير (2009–2018)، بلغ معدل الزيادة في المحتوى الحراري للمحيطات: 0,56±0,06 واط لكل متر مربع (Cheng and others, 2017a)، و 0,66±0,09 واط لكل متر مربع (Ishii and others, 2017)، و 0,66±0,03 واط لكل متر مربع (Domingues and others, 2008؛ و Levitus and others, 2012). والمعدل المتوسط هو

0,07±0,65 واط لكل متر مربع. وبالنسبة للمحتوى الحراري للمحيطات، فإن السنوات العشر الماضية هي العشر سنوات التي شهدت أعلى درجات حرارة على الإطلاق (Cheng and others, 2019a)، حيث كان المحتوى الحراري للمحيطات أقل تأثرًا بالتقلب الطبيعي.

وتلاحظ زيادات المحتوى الحراري في جميع محيطات العالم تقريبا، حتى عمق 2 000 متر (انظر الشكل السابع). وتظهر بعض الأنماط المثيرة للاهتمام للتغير الطويل الأمد في المحتوى الحراري في الفترة 1960-2018 وهي: حدوث ارتفاع في درجة الحرارة بمعدل أكبر في المحيط الجنوبي (70 درجة مئوية جنوباً تقريبا إلى 40 درجة مئوية جنوبا تقريبا) والمحيط الأطلسي (40 درجة مئوية جنوبا تقريبا إلى 50 درجة مئوية شمالاً تقريبا) مقارنة بالمناطق الأخرى، وارتفاع في درجة الحرارة بمعدل أقل في جميع أنحاء المحيط الهادئ والمحيط الهندي (30 درجة مئوية جنوباً تقريبا إلى 60 درجة مئوية شمالاً تقريبا) (انظر الشكل السابع). وتم تحديد الاحترار الطويل الأجل للمحيط الجنوبي، وعُزي في المقام الأول إلى غازات الدفيئة (Cheng and others, 2017a؛ و Swart and others, 2018)، المدفوعة في الغالب بتغيرات تدفق الهواء على سطح البحر المرتبطة بالدوران التقلبي والخلط في أعالي المحيط (Swart and others, 2018). وللاحترار في المحيط الجنوبي عواقب هامة بسبب تأثيره على الخزان الجليدي في نصف الكرة الجنوبي. وللمحتوى الحراري للمحيط الجنوبي بالقرب من السطح دور هام في الحد من التطورات الموسمية للجليد البحري، وبالتالي يمكن للاحترار أن يصب مجددا في المناخ العالمي من خلال الحد من وضاءة الأرض. وبالإضافة إلى ذلك، يعجل احترار المحيطات بذوبان الجروف الجليدية في أنتاركتيكا، مما يهدد استقرار الصفيحة الجليدية في أنتاركتيكا، مع ما يترتب على ذلك من آثار عالمية من حيث ارتفاع مستوى سطح البحر (Sallée and others, 2018).

الشكل السابع – ألف

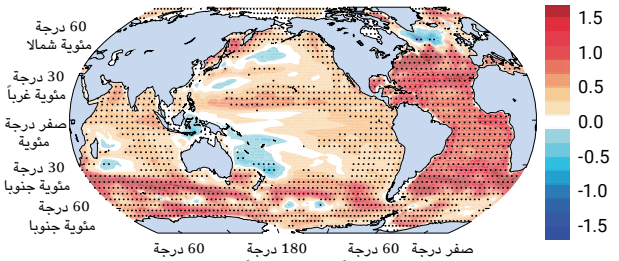
التغيرات المستمدة من الرصد في المحتوى الحراري للمحيطات



ملاحظة: (زيتاجول: 10^{21} جولا، متوسط سنوي) في طبقة الـ 2 000 متر العليا (Cheng and others, 2017a؛ و Domingues and others, 2008؛ و Levitus and others, 2012؛ و Ishii and others, 2017). ويتم الجمع بين تقدير دومينغيس (صفر- 700 متر) وتقدير ليفيتوس (700-2 000 متر) لإنتاج سلسلة زمنية للعمق صفر - 2 000 متر، تبعا لتقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Rhein and others, 2013).

الشكل السابع - باء

النمط المكاني للاتجاه الطويل الأجل للمحتوى الحراري للمحيطات (بالواط لكل متر مربع) في الفترة 1955-2018



ملاحظة: تستخدم جميع البيانات خط أساس مشترك للفترة من عام 1981 إلى عام 2010. وتشير علامات النقطة السوداء في الشكل (ب) إلى الخلايا الشبكية التي تكون فيها الاتجاهات ذات شأن (أي أن اتجاه الصفر يقع خارج نطاق الثقة الذي نسبته 90 في المائة).

المصدر: Cheng and others, 2017a.

وخلال الفترة 1998-2013، أدى حدوث تباطؤ في زيادة درجة حرارة سطح البحر ودرجة الحرارة السطحية العالمية إلى العديد من التأكيدات بشأن وجود "فجوة مناخية" (Hartmann, 2013). ويُظهر السجل المحدث لدرجة حرارة سطح البحر حتى عام 2018 (انظر الشكل الخامس) أن الاتجاه الخطي لدرجة حرارة سطح البحر للفترة 1998-2018 هو 1,25 درجة مئوية ± 0,52 استنادا إلى القرن، وهو أكبر من الاتجاه الخطي خلال الفترة المرجعية (1982-2018) (1,00 درجة مئوية ± 0,46). وهذا يشير فعلياً إلى نهاية التباطؤ في زيادة درجة حرارة السطح مع ظهور ظاهرة النينيو القصوى للفترة 2015/2016 (Hu and Fedorov, 2017). وعلاوة على ذلك، من الواضح أن معدل الزيادة في المحتوى الحراري للمحيطات ارتفع منذ أواخر تسعينيات القرن الماضي (انظر الشكل السابع). والزيادة المستمرة في معدل درجة حرارة سطح البحر والمحتوى الحراري للمحيطات تدحض مفهوم تباطؤ الاحترار العالمي الناجم عن النشاط البشري.

2-4 - الملوحة

وثّقت الدراسات المبينة في تقريري التقييم الرابع والخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ الأنماط المكانية في درجة الملوحة قرب السطح وتحت السطح التي تمثل تغيراً طويل الأجل (Bindoff and others, 2007؛ و Rhein and others, 2013). ووثق التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017) التغيرات الملحوظة الطويلة الأجل المرصودة على مدى عدة عقود في درجة ملوحة محيطات العالم خلال الفترة التاريخية.

ووفرت الدراسات المشار إليها أعلاه أدلة واضحة على أن مناطق المحيطات شبه المدارية القريبة من السطح وذات الملوحة العالية وحوض المحيط الأطلسي بأكمله أصبحا أكثر ملوحة، وأن المناطق المنخفضة الملوحة، مثل المنطقة الدافئة في غرب المحيط الهادئ، ومناطق خطوط العرض العليا أصبحت أكثر عذوبة عند مقارنة البيانات التاريخية السابقة (منذ عقد الخمسينيات من القرن الماضي تقريبا) بدرجات الملوحة في الوقت الحاضر (مثلا Boyer and others, 2005؛ و Hosoda and others, 2009؛ و Durack and Wijffels, 2010؛ و Helm and others, 2010؛ و Skliris and others, 2014). ويكشف نمط التغيرات تضخماً في متوسط الملوحة المناخية، وتم ربطه من خلال نماذج المحاكاة (مثلا Durack and others, 2012, 2013؛ و Terray and others, 2012؛ و Vinogradova and Ponte, 2013؛ و Durack, 2015؛ و Levang and Schmitt, 2015؛ و Zika and others, 2015) للإشارة إلى حدوث تضخم متزامن لدورة الماء في الغلاف الجوي (مثلا Held and Soden, 2006).

وفي حين تتسم التقييمات التاريخية الطويلة الأجل للتغير بالتشعب بسبب شبكة الرصد الضعيفة التي تعود إلى منتصف القرن العشرين، فإن التقييمات الحديثة تستفيد من التغطية الشاملة للمحيطات في العالم التي توفرها بيانات الدراسات الموجزة في إطار برنامج آرغو منذ عام 2008 إلى وقت قريب. وبما أن

الملاحظات الحديثة لا توفر سوى 10 سنوات من التغطية الزمنية (منذ عام 2008 حتى الوقت الحاضر)، فإن التغيرات المقدرة تتأثر تأثرا أشد بأنساق التقلبات غير المتأتية عن مؤثرات خارجية، التي تؤثر في ملوحة المحيطات على مستوى المناطق أكثر من التقديرات الطويلة الأجل، ولكن تغطيتها الجغرافية والزمنية تتيح تقديرات أدق للتغير. وقد أظهرت أحدث التحليلات التي أجراها برنامج آرغو وحده لأول مرة أن جميع الاختلالات تقريبا في الملوحة في عام 2017 في المحيط الأطلسي بين 0 و 500 1 متر هي اختلالات إيجابية (<0.05 مقياس الملوحة العملية-78)، مما يعكس الاتجاهات الطويلة الأجل المشار إليها أعلاه، حيث تظهر منطقة المحيط الهادئ ارتفاعا عامًا في درجة العذوبة، على غرار الاتجاهات الطويلة الأجل.

ومنذ صدور التقييم العالمي الأول، اكتسبت عمليات استخلاص درجة الملوحة من سواتل البعثة المعنية برطوبة التربة وملوحة المحيطات، وبعثة أكواريوس، والبعثة المعنية بدراسة رطوبة التربة النشطة السلبية (مثلا Berger and others, 2002؛ و Lagerloef and others, 2008؛ و Tang and others, 2017) أهمية أكبر. وعلى الرغم من أن البيانات المتعلقة بدرجة الملوحة المستخلصة من السواتل لم تتوفر إلا منذ عام 2010 فحسب، والعمل لا يزال جارياً على مقارنة نواتج البيانات فيما بينها وتوحيدها في كافة منصات السواتل، فإنها بدأت توفر رؤى هامة عن تباين درجات ملوحة المحيطات بسبب أحداث التهطال (مثلا Boutin and others, 2013 و 2014؛ و Drushka and others, 2016). وبالإضافة إلى ذلك، فإن التغطية الزمنية والجغرافية العالية القابلة للمقارنة فيما يتعلق بدرجة الملوحة المستخلصة من السواتل، عندما تُضاهى مع المنصات الموقعية (على سبيل المثال آرغو)، توفر لأول مرة فهما متعمقا لتفاعلات الدورة المائية مع الدورات المائية في اليابسة والمحيطات، مثل الانبعاث العمودي من مصبّ نهر الأمازون (Grodsky and others, 2014).

وبالنظر إلى جميع التحليلات المتاحة، من المرجح جداً أن تكون التغيرات في الملوحة قرب السطح وتحت السطح قد حدثت في جميع أنحاء العالم منذ خمسينيات القرن الماضي. وتضخم نمط الملوحة جلي، حيث أضحت المناطق العذبة أكثر عذوبة وأصبحت المناطق المالحة أكثر ملوحة، وهو تضخم تدعمه جميع دراسات الرصد المتاحة التي نظرت في تغير الملوحة منذ ظهور السجلات التي تستقى من الأجهزة. فعلى سبيل المثال، أظهرت المحيطات الواقعة في مستوى خطوط العرض العليا معدلات كبيرة من العذوبة. والتقييمات الأكثر حداثة لم تبلغ حاليا درجة تتيح تأكيد التغيرات المستمرة على مدى العقد الماضي. غير أن أحدث التحليلات تشير إلى أن أنماطا متسقة بدأت تظهر فيما يتعلق بالمحيط الأطلسي، وبدرجة أقل، فيما يتعلق بأحواض المحيط الهادئ العليا.

2-5 - تحمض المحيطات

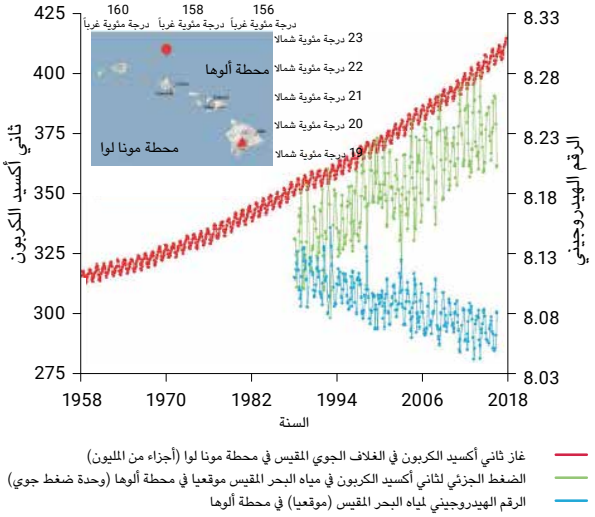
انخفض الرقم الهيدروجيني للطبقات السطحية للمحيطات في العالم في المتوسط بحوالي 0,1 منذ الثورة الصناعية (Caldeira and others, 2003)، أي بزيادة في الحموضة بلغت قرابة 30 في المائة. ومن المتوقع أن ينخفض الرقم الهيدروجيني للمحيطات، بقرابة 0,2 إلى 0,3 في المائة خلال القرن المقبل (Caldeira and others, 2003؛ وFeely and others, 2009) ما لم تُخفض انبعاثات الكربون العالمية بدرجة كبيرة. ويمكن ملاحظة هذه التغيرات في سلاسل زمنية ممتدة للمحيطات (انظر الشكل الثامن)، ويرجح أن يكون معدل التغير معدلا لا مثيل له في الـ 66 مليون سنة الماضية على الأقل (Hönisch and others, 2012؛ و Zeebe and others, 2016). وتختلف كيمياء الكربونات باختلاف الخصائص الواسعة النطاق للمحيطات بما في ذلك العمق والمسافة الفاصلة عن القارات بسبب تأثير اليابسة، ونظام ارتفاع مياه القاع إلى السطح، والمدخلات من المياه العذبة والمغذيات، وخط العرض (Jewett and Romanou, 2017). ونظرا لتلك التقلبات، على نحو ما تحددها الخصائص المختلفة، فإن السلاسل الزمنية للرصد على

المدى الطويل فقط يمكن أن تكشف عن الزيادة المتوقعة الطويلة الأجل في الحموضة في مواقع فردية بسبب ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وتتراوح مدة نشوء العلامة الدالة على التغير بين 8 سنوات و15 سنة للمواقع في عرض المحيطات، وبين 16 سنة و 41 سنة للمواقع الساحلية (Sutton and others, 2019)، مما يجعل من الضروري الالتزام بسجلات رصد طويلة الأجل، ولا سيما في المنطقة الساحلية حيث توجد معظم الموارد البحرية الهامة تجاريا وثقافيا.

وتثبت الوثائق حاليا أن تحمض المحيطات يجعل من الصعب على بعض الكائنات البحرية، مثل المرجان والمحار وجناحيات الأقدام أن تشكل صدفاتها وهياكلها العظمية بكربونات الكالسيوم (Hoegh-Guldberg and others, 2017؛ و Lemasson and others, 2017؛ و Bednarsek and others, 2016؛ و Feely and others, 2004؛ و Orr and others, 2005). وفي بعض الحالات، ثبت أيضا أن تحمض المحيطات يوهن القدرة على التكيف لدى بعض الأنواع مثل الطحالب النباتية الصدفية وسرطانات البحر وقنافذ البحر (Campbell and others, 2016؛ و Dodd and others, 2015؛ و Riebesell and others, 2017؛ و Munday and others, 2009). وعلى الرغم من أن الأنواع الفردية، عند اختبارها، تتضرر من تحمض المحيطات في البيئات المختبرية، فإن كيفية تجسيد ذلك في تغييرات في النظم الإيكولوجية الفعلية ومجموعات الأنواع لا تزال غير واضحة وغير موثقة في الغالب (McElhany, 2017). وقد بدأت الجهود البحثية على مدى العقد الماضي في رسم صورة توضح كيف يمكن أن تتأثر الأنواع البحرية والنظم الإيكولوجية والدورات البيوجيوكيميائية بتحمض المحيطات وحده، وكيف يمكن أن تتأثر به بالاقتران مع العوامل الأخرى المسببة للإجهاد، بما في ذلك فرط المغذيات والاحترار ونقص الأكسجين (Baumann, 2019؛ و Murray, 2019). وقد أصبحت تفاعلات تحمض المحيطات في المناطق الساحلية مع العمليات الساحلية، مثل ارتفاع مياه القاع غير المشبعة بالقدر الكافي وتدفقات المغذيات البرية إلى السطح، مجالاً من مجالات البحث ذات الأولوية العليا (Borgesa and Gypensb, 2010؛ و Feely and others, 2008). وتتفاقم التقلبات الطبيعية في كيمياء الكربونات، مثل ارتفاع مياه القاع إلى المياه السطحية الساحلية والتقلبات الموسمية في الإنتاجية الأولية، بفعل التغيرات البشرية المنشأ لتُسبب ظروفاً شديدة التحمض في المحيطات في بعض مناطق المحيطات في العالم (Feely and others, 2008؛ و Cross and others, 2014). أما الجهود المكثفة الوطنية والدولية التي تركز على رصد كيمياء الكربونات، والملاحظات البيولوجية، ونمذجة التنبؤات البيوجيوكيميائية أو الإيكولوجية على مدى العقد الماضي، فتلقي الضوء على حالة تحمض المحيطات وآثاره انطلاقا من النطاق المحلي ووصولا إلى النطاق العالمي. ويتم العمل حالياً على سد الثغرات في الفهم الحالي لكيمياء المحيطات عن طريق بذل جهود في مجال بناء القدرات على الرصد العالمي، مثل الشبكة العالمية لرصد تحمض المحيطات، وزيادة عدد الدراسات المتعلقة بالآثار البيولوجية، ونمذجة النظم الإيكولوجية البيوجيوكيميائية.

الشكل الثامن

الاتجاهات في كيمياء كربونات المحيطات السطحية (< 50 متراً) المحسوبة انطلاقا من الملاحظات التي تم الحصول عليها في برنامج سلاسل هاواي الزمنية المتعلقة بالمحيطات في شمال المحيط الهادئ خلال الفترة 1988-2018



يبين الشكل الزيادة المرتبطة في تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (النقاط الحمراء)، وتركيزات الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون (النقاط الخضراء)، والانخفاض المقابل في الرقم الهيدروجيني لمياه البحر (النقاط الزرقاء، المحور العمودي الثانوي). وتم الحصول على البيانات المتعلقة بكيمياء المحيطات من منظومة المخططات والرسوم البيانية لبيانات سلاسل هاواي الزمنية المتعلقة بالمحيطات.

المصدر: برنامج الانبعاثات الكربونية لمختبر البيئة البحرية في المحيط الهادئ التابع للإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي.

6-2 - الأكسجين المذاب

بما أنّ طرق التحليل الكيميائيّ لم تتغيّر تغيرا جوهريا (Carpenter, 1965؛ و Wilcock and others, 1981؛ و Knapp and others, 1991)، فيمكن تقدير اتجاهات الأكسجين في المحيطات بدقة مقبولة على المدى الطويل، حيث توجد تغطية كافية بالبيانات. ويجري تحليل عينات الأكسجين المذاب بواسطة معايرة وينكلر (Winkler)، التي أنشئت في عام 1903 واستخدمت منذ ذلك الحين لمعايرة جميع الوسائل المعتمدة لقياس الأكسجين المذاب في المحيطات. وتتيح تلك المعايرة إجراء تحليل قوي للاتجاهات الطويلة الأجل في جميع المجالات مع تغطية كافية بالبيانات. وتستعين معايرة وينكلر الحديثة بالحاسوب، وتوفر تحليلات ذات دقة عالية، على الرغم من أنها لا تستطيع إظهار الخطأ المنهجي في القياسات التاريخية (Schmidtko and others, 2017). وقد جرى اختبار إمكانية الخطأ المنهجي المحتمل لتغيرات الكاشف بنسبة 0,5 في المائة (Knapp and others, 1991) على مجموعة من البيانات المتعلقة بالأكسجين على الصعيد العالمي وعُثر على أنه غير محتمل للغاية، لأن النمط المرسوم فيما يتصل بتغير الأكسجين من أجل تبين الخطأ المنهجي الذي أُدرج عمداً لا يتطابق مع أي نمط ملاحظ (Schmidtko and others, 2017).

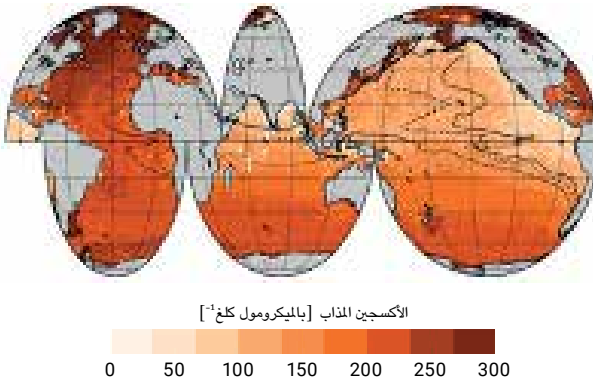
وفي عرض المحيطات، تُظهر معظم البيانات الإقليمية للسلاسل الطويلة الأجل انخفاضاً ضئيلاً طويل الأجل على الرغم من التغيرات الزمنية في العديد من الجداول الزمنية (مثلا Keeling and others, 2010). ولم يعثر على زيادة في مستويات الأكسجين إلا في سلاسل زمنية محدودة جداً (Keeling and others, 2010). وقد غذى امتزاجُ مياه الأنهار بالأسمدة معظم التغيرات الساحلية، ولكن لعلها تأثرت، في بعض الحالات، بتغيرات الأكسجين على نطاق أوسع. ويمكن أن تؤدي هذه التغيرات الساحلية إلى زيادة نشوء مناطق ميتة، مع ما يترتب على ذلك من عواقب على الإيكولوجيا والاقتصاد الإقليميين (Diaz and Rosenberg, 2008).

وعلى الصعيد العالمي، ما فتئت المحيطات تفقد الأكسجين في العقود الأخيرة. وتظهر كلتا الطريقتين، بمقارنة لقطات بيانات الأكسجين على مدى العقود وتحليلات الانحدار المحلية (Schmidtko and others, 2017؛ و Ito and others, 2017)، حالات انخفاض واسعة النطاق في الأكسجين (انظر الشكلين التاسع (أ) والتاسع (ب)). وعلى الرغم من اختلاف الطريقتين، تتطابق المعدلات المستمدة ضمن طبقات المياه نفسها وحالات عدم اليقين المحددة. وتتفاوت معدلات تناقص الأكسجين بتفاوت العمق والمنطقة، فتماثل الأنشطة المتعددة الأوجه التي تعدل محتوى الأكسجين، حيث تظهر المناطق

المعزولة زيادة في الأكسجين. وقد انخفض الميزان الإجمالي للأكسجين بنسبة 2 في المائة في العقود الخمسة الماضية، أي بخسارة قدرها 2,1±4,8 بيتامول منذ عام 1960 (Schmidtko and others, 2017). وفي العمود المائي العلوي، يهيمن انخفاض القابلية للذوبان بفعل درجات الحرارة (انظر الشكل التاسع (ج)). ففي الفترة 1970–2010، انخفض تركيز الأكسجين في طبقة الـ 1 000 متر العليا بمقدار 0,047±0,046 ميكرومول kg^{-1} في السنة$^{-1}$، وانطوى ذلك على تغيير القابلية للذوبان بمعدل 0,025 ميكرومول kg^{-1} في السنة$^{-1}$ (Schmidtko and others, 2017). ويزيد تحليل الطبقات الضحلة من التغير المرتبط بالقابلية للذوبان بدرجة كبيرة (انظر الشكل التاسع (ج))، وفقاً لزيادة الحرارة في العمود المائي العلوي (انظر الشكل التاسع (ج)، الجزء العلوي). بيد أن التغيرات بفعل القابلية للذوبان، فيما يتعلق بعمود المحيط الكامل، في الفترة من 1970 إلى 2010، هي تغيرات طفيفة، إذ تبلغ 0,006- ميكرومول kg^{-1} في السنة$^{-1}$ مقارنة بفقدان الأكسجين الإجمالي البالغ 0,031±0,063 ميكرومول kg^{-1} في السنة$^{-1}$. ومع ذلك، لا يمكن استبعاد أن تكون درجة الحرارة هي المصدر الرئيسي لهذه التغيرات، عن طريق آليات أخرى غير آلية تغير القابلية للذوبان. وتشمل هذه الآليات زيادة تطبق المياه، وتغيرات الدوران، والتأثيرات الحرارية على الدورات البيوجيوكيميائية (مثلا Keeling and others, 2002؛ وBianchi and others, 2013؛ وStendardo and Gruber, 2012).

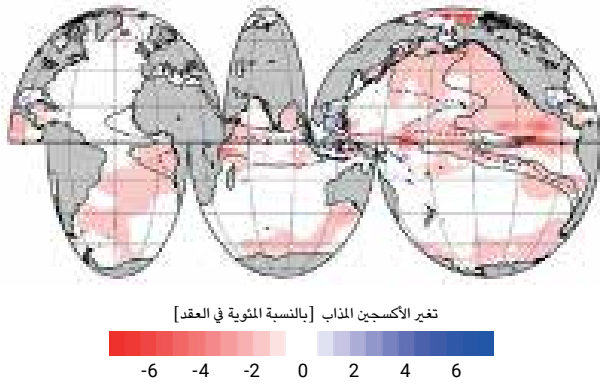
الشكل التاسع – ألف

متوسط تركيز الأكسجين المذاب في العمود المائي.



الشكل التاسع – باء

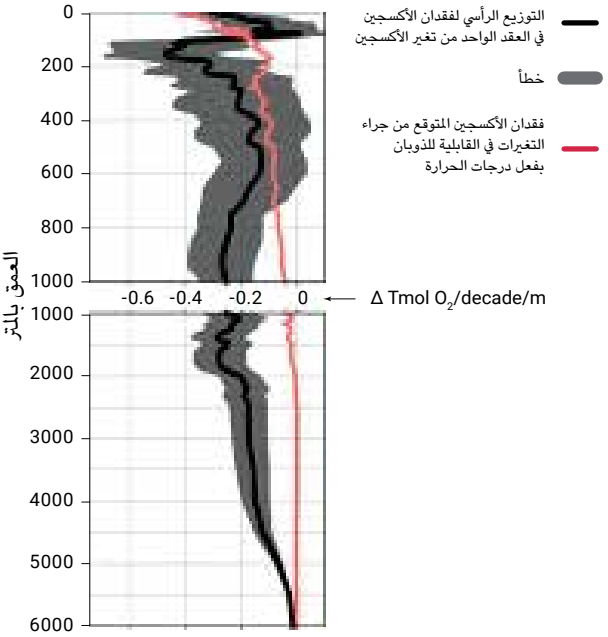
التغيرات في الأكسجين المذاب بالنسبة المئوية لكل عقد من الزمن



ملاحظة: الخطوط المتصلة والمنقطة والمتقطعة في (ألف) و (باء) تشير إلى وجود انخفاض في الأكسجين بمقدار 40 و80 و120 ميكرومول kg^{-1} في عمق معين داخل العمود المائي.

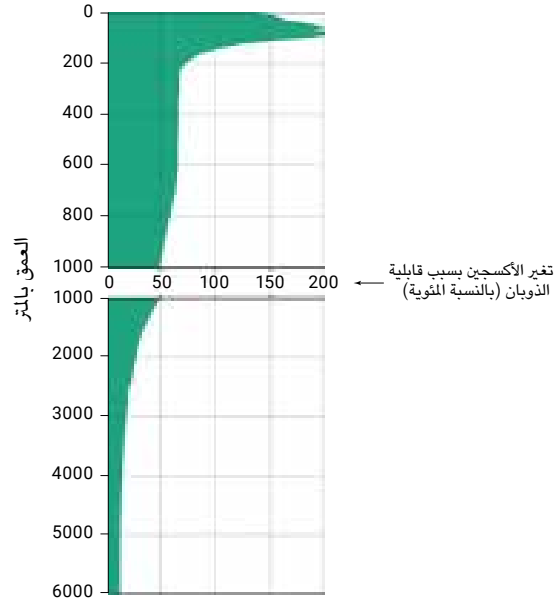
الشكل التاسع – جيم

التوزيع الرأسي لفقدان الأكسجين في العقد الواحد من تغير الأكسجين



الشكل التاسع – دال

تغير فقدان الأكسجين التراكمي في العمود المائي بسبب قابلية الذوبان كنسبة مئوية من تناقص الأكسجين الملاحظ



ملاحظة: وترجع التغيرات في القابلية للذوبان التي تتجاوز 100 في المائة إلى العمليات التي تزيد من محتوى الأكسجين في الطبقة العليا للمحيطات وتتصدى للاحترار.
المصدر: Schmidtko and others, 2017.

وقد ظلت مساحة مناطق الحد الأدنى من الأكسجين تتوسع عموما في العقود الأخيرة، على الرغم من وجود تباين إقليمي كبير (Diazand Rosenberg, 2008). ويحتمل أن تترتب على مناطق الحد الأدنى من الأكسجين آثار على تغير المناخ لأن كميات كبيرة من أكسيد النيتروز، وهو غاز دفيئة قوي، تنبعث منها بسبب عمليات نزع النيترات في حالات نقص الأكسجين (مثلا Codispoti, 2010؛ و Santoro and others, 2011). وقد اتسعت رقعة مناطق الحد الأدنى من الأكسجين بوجه خاص في المحيط الهادئ والمحيط الهندي.

2-7 – الجليد البحري

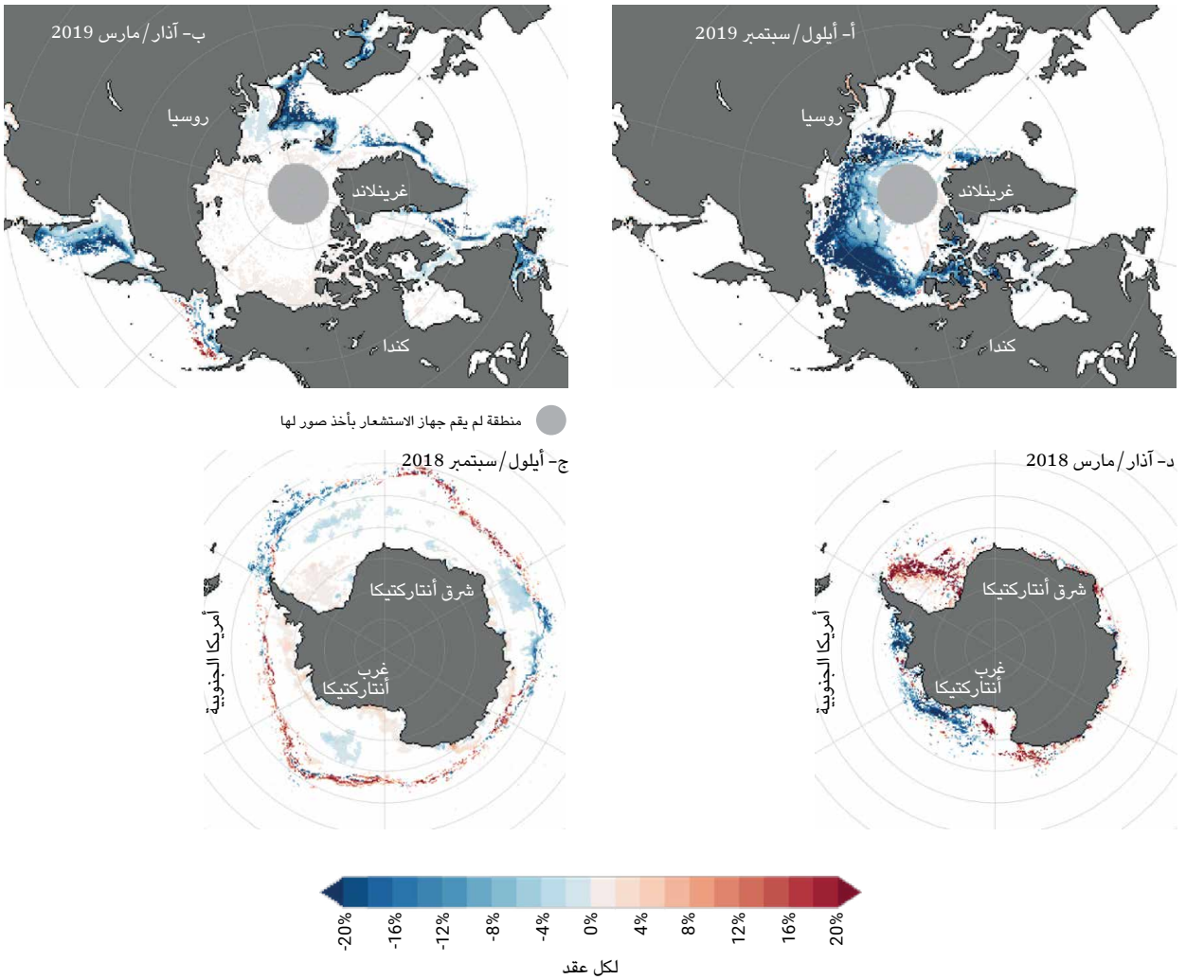
مثّل الجليد البحري في القطب الشمالي أحد أبرز المؤشرات على تغير المناخ. فخلال فصل الشتاء الشمالي، يصل امتداد رقعة الجليد البحري في منطقة القطب الشمالي إلى مساحة قصوى تبلغ 15,4 × 106 كم مربع في آذار/مارس، وخلال الصيف الشمالي، يتقلص إلى مساحة تبلغ 6,4 × 106 كم مربع في شهر أيلول/سبتمبر. وتنخفض مساحة رقعة الجليد البحري في منطقة القطب الشمالي بنسبة – 2,7 ± 0,4 في المائة في العقد خلال فصل الشتاء (آذار/مارس 1979-2019)، و – 12,8 ± 2,3 في المائة في العقد خلال فصل الصيف (أيلول/سبتمبر 1979-2018) (انظر الشكل العاشر؛ Feterrer and others, 2017). وفي حين تتوزع الاتجاهات المتناقصة خلال فصل الشتاء بالتساوي حول منطقة القطب، فإن اتجاهات الصيف تكاد تبلغ الضعف في قطاع المحيط الهادئ من المحيط المتجمد الشمالي (أعلى يمين الخرائط، الشكل العاشر). وفي هذه المنطقة، فإن تغيرات اتجاه هبوب الرياح المتصلة بظاهرة التذبذب في منطقة القطب الشمالي تحمل الجليد أكثر فأكثر بعيدا عن المناطق الساحلية وصوب شمال المحيط الأطلسي (Rigor and others, 2002)، فتخلف وراءها طبقات من الجليد أصغر وأرق بكثير (Rigor and others, 2004). وقد انخفض سمك الجليد البحري في القطب الشمالي بنسبة 40 في المائة على الأقل (Rothrock and others, 1999)، مقارنة ببيانات عمليات الرصد

البحرية المستقاة من الفترتين الممتدتين من 1958 إلى 1976 ومن 1993 إلى 1997))، ويبين كووك (Kwok (2018)) أن هذه التغيرات لا تزال مستمرة حتى اليوم. وتشير الاتجاهات الملحوظة في مساحة الجليد البحري (الرقعة) وسمكه معا إلى أن حجم الجليد البحري في القطب الشمالي انخفض بنسبة تزيد على 75 في المائة منذ عام 1979. ويتطابق هذا التقدير مع العديد من دراسات النمذجة، على سبيل المثال، نظام نمذجة ومحاكاة جليد المحيط في القطب الشمالي كله (Zhang and Rothrock, 2003؛ و Schweiger and others, 2011)، الذي يقدر أن متوسط حجم الجليد البحري في القطب الشمالي البالغ $11,5 \times 10^3$ كم^3 في أيلول/سبتمبر انخفض بين عامي 1979 و 2017 بمقدار $2,8 \times 10^3$ كم^3 في العقد، مع تسجيل حد أدنى قياسي في مجموع حجم الجليد في عام 2010.

وفي أنتاركتيكا، يتمدد الجليد البحري ليصل إلى مساحة قصوى تبلغ $199–20 \times 10^6$ كم مربع في أيلول/سبتمبر (فصل الشتاء في نصف الكرة الجنوبي) ويتقلص إلى أدنى مساحة تصل إلى 3×10^6 كم مربع في شباط/فبراير (فصل الصيف في نصف الكرة الجنوبي). واتّجاهات مساحة الجليد البحري في أنتاركتيكا هي $0,6 \pm 0,6$ في المائة في العقد خلال فصل الصيف (شباط/فبراير 1979–2019) و $1,1 \pm 3,7$ في المائة في العقد خلال فصل الشتاء (أيلول/سبتمبر 1979–2018). وأظهرت المساحة الصافية للجليد البحري في أنتاركتيكا زيادة ذات دلالة إحصائية في الفترة من 1979 إلى 2015. ومنذ عام 2016 فصاعداً، كانت أقل من المتوسط باستمرار وسجلت قيماً منخفضة قياسية جديدة. ونظرا لأن هذا التقلب المفاجئ في الغطاء الجليدي البحري في أنتاركتيكا يعزى إلى حد كبير إلى التغيرات في طبقة المياه السطحية المحيطية، فإن من المهم للغاية توسيع نطاق هذا التفسير. وكانت التغيرات الإجمالية الصافية في الغطاء الجليدي البحري متباينة كثيرا إقليميا. وتُعزى هذه الثنائية بين الجليد البحري في القطب الشمالي والجليد البحري في أنتاركتيكا إلى الحدود التي تفرضها الجغرافيا. فخلال فصل الشتاء، تفرض التيارات المحيطة بالقطب الجنوبي وقياس الأعماق الأساسي في المحيط الجنوبي امتداد مساحة الجليد البحري إلى أقصى حد (Nghiem and others, 2016)، وخلال فصل الصيف، لا يمكن أن يتجاوز الجليد البحري في تراجعه حافة قارة أنتاركتيكا. ومع ذلك، فإن الشكل العاشر (الصف الأسفل)، يبين أن الاتجاهات، إقليميا، أكثر وضوحا. وخلال فصل الصيف، تتزايد مساحة الجليد البحري في بحر ودل ولكنها تتناقص في بحري بلينغهاوزن وأموندسن (غرب أنتاركتيكا)، حيث تكون الصفيحة الجليدية أكثر تأثرا بأنشطة المحيط. وقد ارتبطت هذه الاتجاهات الإقليمية في مساحة الجليد البحري بتغيرات اتجاه الرياح (والتيارات في المحيطات)، المتعلقة بالنمط الحلقي الجنوبي وتيار النينيو – التذبذب الجنوبي (Parkinson, 2019؛ والمراجع الواردة فيه). ويكشف الرقم القياسي في 40 سنة عن زيادات تدريجية في الجليد البحري في أنتاركتيكا تليها انخفاضات بمعدلات تتجاوز بكثير المعدلات التي لوحظت في القطب الشمالي.

الشكل العاشر

اتجاهات تركز الجليد البحري في القطب الشمالي وأنتاركتيكا (بالنسبة المئوية لكل عقد)



تظهر اتجاهات القطب الشمالي في الصف الأعلى، واتجاهات أنتاركتيكا في الصف الأسفل، فيما يتعلق بشهر أيلول/سبتمبر للفترة 1979–2018 في العمود الأيسر، وفيما يتعلق بشهر آذار/مارس للفترة 1979–2019 في العمود الأيمن.
المصدر: المركز الوطني لبيانات الثلوج والجليد، جامعة كولورادو بولدر، و Fetterer and others, 2017.

وبما أن الجليد البحري يطفو على سطح المحيطات، فإن مساهمة ذوبان الجليد البحري في ارتفاع مستوى سطح البحر لا تكاد تذكر. بيد أن الجليد البحري يؤدي وظيفة الدرع الذي يمنع حرارة الشمس من تسخين المحيطات، ووظيفة السند للجليد البري، الذي يمتد حتى المحيط، مما يحول دون تآكل الصفيحة الجليدية بسبب مياه المحيط الدافئة وأمواجه. وقد أدى فقدان الجليد البحري إلى جعل العديد من الصفائح الجليدية أكثر هشاشة، وزاد من معدل ارتفاع مستوى سطح البحر بسبب ذوبان الصفائح الجليدية الأرضية (مثلا Stewart and others, 2019).

3 - الثغرات في المعارف

3-1 - مستوى سطح البحر

على خلاف المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر ومستوى سطح البحر الإقليمي اللذين تولت قياسهما بعثات قياس الارتفاع بواسطة الساتل، لا تزال التغيرات في مستوى سطح البحر في المناطق الساحلية غير معروفة جيدا. والواقع أن المناطق الساحلية تشهد نقصا كبيرا في أخذ العينات بواسطة مقاييس المد والجزر، وهي مناطق لم تقم بعثات قياس الارتفاع التقليدية بمسحها حالياً (على بعد 10 كيلومترات من الساحل) بسبب التشويش الذي يحدثه التلوث البري على إشارات الرادار (Cipollini and others, 2018). ومع ذلك، فإن التوفر على إعادة معالجة البيانات المستقاة من تلك البعثات يسمح الآن بتقدير تغير مستوى سطح البحر على مقربة شديدة من الساحل (Marti and others, 2019). وفي المستقبل القريب، سيتيح أيضا الاستخدام المنهجي للتكنولوجيا الجديدة المتعلقة بالرادارات ذوات الفتحة الاصطناعية، وهي تكنولوجيا نفذت في بعثات حديثة لوكالة الفضاء الأوروبية (مثل CryoSat-2 و Sentinel-3)، تقدير التغيرات في مستوى سطح البحر على مقربة شديدة من الساحل.

3-2 - دوران المحيطات

لا تزال هناك بعض القيود فيما يتعلق بالشبكة الحالية لرصد المحيطات، لا سيما فيما يتصل بالمناطق الساحلية والبحار الحافية ومناطق المحيطات العميقة الواقعة تحت 2 000 متر. ومن المهم إنشاء نظام لأعماق المحيطات في المستقبل لرصد التغيرات في المحيطات تحت 2 000 متر، من أجل تقديم تقدير كامل للاختلال في توازن الطاقة في الأرض (Johnson and others, 2015). وفي الوقت الحالي، ليست تيارات الحافة ممثلة تمثيلا كاملا في نظام آرغو، إذ يمكن أن تمر العوامات بسرعة عبر المناطق النشطة، مثل مناطق تيارات الحافة الغربية ومناطق التيار المحيط بالقطب الجنوبي في المحيط الأطلسي، مما يمكن أن يستحث سلسلة عكسية من الطاقة الحركية ويؤثر في التقلبات الواسعة النطاق المنخفضة التردد (Wang and others, 2017). وسيتطلب كفالة أخذ عينات كافية تصميم نظام رصد يستند إلى مزيج من تكنولوجيات الرصد التي تتكيف مع بيئات التشغيل المختلفة. وتدعو الحاجة إلى استحداث ومواصلة عمليات رصد من منصات متعددة لأغراض التحقق من صحة البيانات والمعايرة (Meyssignac and others, 2019)، بما في ذلك التحقق من صحة النماذج المناخية.

3-3 - درجة حرارة سطح البحر والمحتوى الحراري للمحيطات

سجلات درجات الحرارة تحكمها أنماط الظواهر المناخية الطبيعية، من قبيل التذبذب العقدي في المحيط الهادئ (England and others, 2014؛ وKosaka and Xie, 2013)، وتيار النينيو - التذبذب الجنوبي (Cheng and others, 2018)، والتذبذب المتعدد العقود في شمال الأطلسي (Garcia-Soto and Pingree, 2012). ويتمثل الاحتراس من التحليلات القائمة على الرصد في أن السجل لا يزال قصيرا جدا: أي أن الفترة النموذجية للتذبذب المتعدد العقود في شمال الأطلسي والتذبذب العقدي في المحيط الهادئ هي فترة تتراوح بين 30 و70 سنة تقريبا، على غرار طول سجل المحتوى الحراري للمحيطات الموثوق به (قرابة 60 سنة منذ أواخر خمسينيات القرن الماضي). والتحليلات المشتركة للنماذج وعمليات الرصد هي الطريق المقترح للمضي قدماً (Cheng and others, 2018؛ و Liu and others, 2016) من أجل فهم التغير والتباين في درجة حرارة سطح البحر والمحتوى الحراري للمحيطات على جداول زمنية مختلفة فهما أفضل. ويعد الافتقار إلى عمليات الرصد المتعلقة بتدفق الطاقة السطحية الطويل

الأجل في العالم تحديًا إضافيًا يحول دون فهم التغيرات التي تطرأ على درجة حرارة سطح البحر والمحتوى الحراري للمحيطات فهما كاملا. فالمعارف المتصلة بآليات تيار النينيو - التذبذب الجنوبي وتأثيراته التفاعلية، وكذلك بتنوعه فيما يتعلق بالاحترار العالمي، هي معارف غير كافية.

3-4 - الملوحة

على الرغم من أن التغيرات الملاحظة في الملوحة تظهر بقوة في جميع التحليلات القائمة على الرصد حتى الآن، فإن ثمة ثغرات معرفية في المصدر المحدد لهذه التغيرات، ولا سيما في المناطق القريبة من السواحل، المرتبطة بخزانات المياه الأرضية وخزانات مياه الغلاف الجليدي. وقد ربطت دراسات كثيرة للرصد والنمذجة ربطا قاطعا التغيرات في عرض المحيطات بتغير دورة الماء قسرا في السطح، مع زيادة متزامنة لأنماط التبخر والتهطال باعتبارها المحرك الرئيسي للتغير. وسيكون للتغيرات المستمرة تأثيرات كبيرة على النظم الإيكولوجية البحرية، بما في ذلك آثار على مدة دورة الحياة، وقدرة الأنواع الهامة على التكيف والبقاء إيكولوجيا واقتصاديا.

3-5 - تحمض المحيطات

يلزم إجراء مزيد من البحوث لزيادة إثراء النماذج وتحسين التنبؤات باستجابة النظام الأرضي لتحمض المحيطات، وتأثيراته على المجموعات والمجتمعات البحرية، وقدرة الكائنات الحية على التأقلم أو التكيف مع التغيرات في كيمياء المحيطات الناجمة عن تحمضها. ولا تزال ثمة حاجة ماسة إلى رصد أوسع نطاقا في المناطق الساحلية، وإلى أجهزة استشعار عالية الجودة ومنخفضة التكلفة للقيام بهذا الرصد، وإلى زيادة إمكانية الحصول على البيانات الساتلية والبحث في الاتجاهات الطويلة الأجل في كيمياء المحيطات التي تتجاوز سجلات الرصد (تحمض المحيطات قديما). ومن الأمثلة الجيدة على ذلك تمديد برنامج آرغو ليشمل المعايير البيوجيوكيميائية، بما في ذلك الرقم الهيدروجيني[6].

3-6 - الجليد البحري

يمثل الحفاظ على شبكات الرصد الموقعي في المناطق القطبية تحدياً نظراً إلى البيئة القاسية وإمكانية الوصول التي لا تتأتى عادة إلا في فصلي الربيع والصيف. وتتحسن عمليات استخلاص المعايير الجيوفيزيائية بواسطة السواتل، ولكن يلزم إجراء عمليات رصد موقعي للتحقق من صحة عمليات الاستخلاص تلك. وعلى وجه الخصوص، فإن القياسات الموقعية للثلوج على الجليد البحري، وسمك الجليد البحري، هي قياسات مفيدة للغاية لتعزيز فهم العمليات الفيزيائية في المناطق القطبية. وهذه القياسات نادرة في منطقة القطب الشمالي، وأشد ندرة في أنتاركتيكا.

4 - موجز

احترار المحيطات وذوبان الجليد البري هما السببان الرئيسيان لتسارع وتيرة ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر في الوقت الحاضر. فالمتوسط العالمي لمستوى سطح البحر ما فتئ يرتفع منذ عام 1993 (تاريخ قياس الارتفاع) بمعدل متوسط قدره 3,1 ± 0,3 مليمتر في السنة، مع تسارع مضاف واضح يبلغ قرابة 0,1 مليمتر في السنة[7]. كما أن قياس الارتفاع بواسطة الساتل كشف أيضا عن تفاوت إقليمي شديد في

[6] انظر https://biogeochemical-argo.org.
[7] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

معدلات تغير مستوى سطح البحر، إذ تصل المعدلات الإقليمية إلى ضعفي المتوسط العالمي أو ثلاثة أضعافه في بعض المناطق. وبسبب الاحترار العالمي، تشهد العديد من أنظمة الدوران أيضا تغيرات.

والتغيرات في ارتفاع مستوى سطح البحر، المقيسة بواسطة أجهزة قياس الارتفاع العالية الدقة بواسطة الساتل، تشير إلى اتساع رقعة الدوامات المائية شبه المدارية في شمال المحيط الهادئ وجنوبه وازدياد قوتها. وعلاوة على ذلك، تبين الدراسات وجود تحرك للعديد من التيارات البحرية باتجاه القطب، بما في ذلك التيار المحيط بالقطب الجنوبي والدوامات المائية شبه المدارية في نصف الكرة الجنوبي، فضلا عن تيارات الحافة الغربية في جميع أحواض المحيطات. وقد فتر فعلا أحد نظم التيارات البحرية الرئيسية، وهو نظام التيار التقلبـي الجنوبي للمحيط الأطلسي، ومن المرجح جداً أن يستمر في الفتور مستقبلا. وتشمل الآثار التي تعقب هذه التغيرات ارتفاعا في مستوى سطح البحر على الصعيد الإقليمي، وتغيرات في توزيع المغذيات وامتصاص الكربون، وتفاعلات مع الغلاف الجوي.

وتشير بيانات متوسط درجات حرارة سطح المحيطات على مستوى العالم إلى ارتفاع درجة الحرارة بما مقداره 0,12±0,62 درجة مئوية في القرن خلال الفترة 1900-2018. وفي العقد الأخير (2009-2018)، بلغ معدل ارتفاع درجة حرارة سطح المحيطات 0,68±2,56 درجة مئوية في القرن. ويحدث الاحترار في معظم مناطق المحيطات، مع ظهور انخفاض طويل الأمد في الحرارة في بعض المناطق، كما هو الحال في شمال المحيط الأطلسي. ومنذ عام 1955، ظهرت أيضاً علامات احترار قوية في طبقة الـ 2 000 متر العليا من المحيطات، كما يدل على ذلك زيادة المحتوى الحراري للمحيطات.

وتوفر الأنماط المكانية لتغيرات الملوحة على مدى عدة عقود دليلا مقنعا على تغير الدورة المائية على نطاق عالمي في محيطات العالم بتزامن مع الاحترار خلال هذه الفترة. وتُثبت التغيرات الملحوظة في جميع التحليلات الملاحظة لتغيرات الملوحة الطويلة الأجل، وقد أُعيد إثباتها في الآونة الأخيرة في عمليات محاكاة النماذج المناخية القسرية. وتتجلى هذه التغيرات في زيادة الملوحة في المناطق شبه المدارية ذات الملوحة العالية القريبة من السطح، وانخفاض مقابل في درجة الملوحة في المناطق ذات الملوحة المنخفضة مثل المنطقة الدافئة في غرب المحيط الهادئ والقطبين. وتُشاهد أيضا تغيرات مماثلة في جوف المحيطات، مع أنماط مماثلة من انخفاض درجة الملوحة في المياه المنخفضة الملوحة وازديادها في المياه العالية الملوحة الممثلة في كل حوض من أحواض المحيطات، المحيط الأطلسي والمحيط الهادئ والمحيط الهندي، وفي كافة أنحاء المحيط الجنوبي.

وانخفض الرقم الهيدروجيني للطبقات السطحية للمحيطات في العالم في المتوسط بحوالي 0,1 منذ الثورة الصناعية، أي بزيادة في درجة الحموضة بنسبة 30 في المائة تقريبا. ومن المتوقع أن ينخفض الرقم الهيدروجيني للمحيطات بنسبة إضافية مقدارها 0,3 تقريباً خلال القرن المقبل ما لم تُخفض انبعاثات الكربون العالمية بدرجة كبيرة. ويمكن ملاحظة التغيرات في السلاسل الزمنية الممتدة للمحيطات، ويرجح أن يكون معدل التغير معدلا لا مثيل له في الـ 66 مليون سنة الماضية على الأقل. وتتراوح مدة نشوء العلامة الدالة على التغير بين 8 سنوات و15 سنة للمواقع في عرض المحيطات، وبين 16 سنة و 41 سنة للمواقع الساحلية، مما يجعل من الضروري الالتزام بسجلات رصد طويلة الأجل، ولا سيما في المنطقة الساحلية، حيث توجد معظم الموارد البحرية الهامة تجاريا وثقافيا.

وانخفضت مستويات الأكسجين في المحيطات في العقود الأخيرة، مع وجود تباينات إقليمية شديدة. ففي حين انخفض المحتوى الإجمالي للأكسجين بحوالي 2 في المائة في خمسة عقود، فإن الأكسجين في المناطق الساحلية أو بالقرب من مناطق الحد الأدنى من الأكسجين يظهر تفاوتات أكبر. ويغذي جريان الأنهار في الغالب التغيرات الساحلية، ويرجح أن تكون التغيرات في عرض المحيطات مرتبطة بمزيج من التغيرات في دوران المحيطات والدورات البيوجيوكيميائية. ويتسبب انخفاض القابلية

للذوبان بفعل درجة الحرارة في معظم الفاقد في كميات الأكسجين بالقرب من السطح، بينما تتسبب عمليات أخرى في فقدان الأكسجين في أعماق المحيطات. ويمكن أن يؤدي المزيد من الانخفاض في الأكسجين في مناطق الحد الأدنى من الأكسجين وبالقرب منها إلى تفاعلات مناخية من خلال ما ينجم من انبعاثات غازات الدفيئة.

ويغطي الجليد البحري 15 في المائة من المحيطات في العالم ويؤثر في التوازن الحراري والدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي على الصعيد العالمي. وقد أخذ إجمالي مساحة الجليد البحري ينخفض بسرعة في القطب الشمالي، ولكن الاتجاهات غير ذات شأن في أنتاركتيكا. وتنخفض مساحة الجليد البحري في منطقة القطب الشمالي بنسبة 2,7- ± 0.4 في المائة في العقد خلال فصل الشتاء، و2,8- ± 2,3 في المائة في العقد خلال فصل الصيف. وعلى النقيض من ذلك، فإن الاتجاهات في إجمالي مساحة الجليد البحري في أنتاركتيكا غير ذات شأن، حيث تبلغ 0,6 ± 0,6 في المائة في العقد خلال الصيف و1,1 ± 3,7 في المائة في العقد خلال فصل الشتاء. وعلى الصعيد الإقليمي، فإن التوزيع الجغرافي لهذه الاتجاهات هائل. ففي منطقة القطب الشمالي، تظهر أبرز الاتجاهات الصيفية في قطاع المحيط الهادئ المتاخم للمحيط المتجمد الشمالي، بينما تظهر الاتجاهات الصيفية في أنتاركتيكا زيادات في بحر ودل وانخفاضات في قطاع غرب أنتاركتيكا المتاخم للمحيط الجنوبي. ويعزى التوزيع المكاني للتغيرات في الجليد البحري إلى التغيرات في الرياح والتيارات البحرية المتصلة بالتذبذب القطبي الشمالي في نصف الكرة الشمالي، والنمط الحلقي الجنوبي، والنينيو في نصف الكرة الجنوبي.

المراجع

مستوى سطح البحر

Chen, Xianyao, and others (2017). The increasing rate of global mean sea-level rise during 1993–2014. *Nature Climate Change*, vol. 7, No. 7, p. 492.

Cipollini, Paolo, and others (2018). Satellite altimetry in coastal regions. In *Satellite Altimetry over Oceans and Land Surfaces*, eds. Detlef Stammer and Anny Cazenave, pp. 343–373. CRC Press.

Dieng, H.B., and others (2017). New estimate of the current rate of sea level rise from a sea level budget approach. *Geophysical Research Letters*, vol. 44, No. 8, pp. 3744–3751.

Legeais, Jean-François, and others (2018). An improved and homogeneous altimeter sea level record from the ESA Climate Change Initiative. *Earth System Science Data*, vol. 10, pp. 281–301.

Marti, Florence, and others (2019). Altimetry-based sea level trends along the coasts of Western Africa. *Advances in Space Research*.

Nerem, Robert S., and others (2018). Climate-change–driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 9, pp. 2022–2025.

Woodworth, Philip L., and others (2019). Forcing factors affecting sea level changes at the coast. *Surveys in Geophysics*, pp. 1–47.

World Climate Research Programme Global Sea Level Budget Group (2018). Global sea-level budget 1993–present. *Earth System Science Data*, vol. 10, No. 3, pp. 1551–1590. https://doi.org/10.5194/essd-10-1551-2018.

Yi, Shuang, and others (2017). Acceleration in the global mean sea level rise: 2005–2015. *Geophysical Research Letters*, vol. 44, No. 23, p. 11905.

دوران المحيطات

Alory, Gaël, and others (2007). Observed temperature trends in the Indian Ocean over 1960–1999 and associated mechanisms. *Geophysical Research Letters*, vol. 34, No. 2.

Caesar, Levke, and others (2018). Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature*, vol. 556, No. 7700, p. 191.

Cai, Wenju (2006). Antarctic ozone depletion causes an intensification of the Southern Ocean super-gyre circulation. *Geophysical Research Letters*, vol. 33, No. 3.

Dima, Mihai, and Gerrit Lohmann (2010). Evidence for two distinct modes of large-scale ocean circulation changes over the last century. *Journal of Climate*, vol. 23, No. 1, pp. 5–16.

Dohan, Kathleen, and others (2010). Measuring the global ocean surface circulation with satellite and in situ observations. *Proceedings of OceanObs*, vol. 9.

Duchez, Aurélie, and others (2016). Drivers of exceptionally cold North Atlantic Ocean temperatures and their link to the 2015 European heat wave. *Environmental Research Letters*, vol. 11, No. 7, p. 074004.

Frackja-Williams, Eleanor (2015). Estimating the Atlantic overturning at 26 N using satellite altimetry and cable measurements. *Geophysical Research Letters*, vol. 42, No. 9, pp. 3458–3464.

Freeland, Howard, and others (2010). Argo – a decade of progress. *Proceedings of OceanObs*, vol. 9, pp. 357–370.

Gille, Sarah T. (2008). Decadal-scale temperature trends in the Southern Hemisphere ocean. *Journal of Climate*, vol. 21, No. 18, pp. 4749–4765.

Goddard, Paul B., and others (2015). An extreme event of sea-level rise along the Northeast coast of North America in 2009–2010. *Nature Communications*, vol. 6, No. 6346.

Hill, K.L., and others (2008). Wind forced low frequency variability of the East Australia Current. *Geophysical Research Letters*, vol. 35, No. 8.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of IPCC the Intergovernmental Panel on Climate Change*. eds. Thomas F. Stocker and others Cambridge: Cambridge University Press.

Jackson, Laura C., and others (2016). Recent slowing of Atlantic overturning circulation as a recovery from earlier strengthening. *Nature Geoscience*, vol. 9, No. 7, p. 518.

Latif, Mojib, and others (2006). Is the thermohaline circulation changing? *Journal of Climate*, vol. 19, No. 18, pp. 4631–4637.

Lozier, M.S., and others (2017). Overturning in the Subpolar North Atlantic Program: A new international ocean observing system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 98, No. 4, pp. 737–752.

Mercier, H., and others (2015). Variability of the meridional overturning circulation at the Greenland–Portugal OVIDE section from 1993 to 2010. *Progress in Oceanography*, vol. 132, pp. 250–261.

Qiu, Bo, and Shuiming Chen (2012). Multidecadal sea level and gyre circulation variability in the northwestern tropical Pacific Ocean. *Journal of Physical Oceanography*, vol. 42, No. 1, pp. 193–206.

Rahmstorf, Stefan, and others (2015). Exceptional twentieth-century slowdown in Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 5, p. 475.

Sherwood, Owen, and others (2011). Nutrient regime shift in the western North Atlantic indicated by compound-specific delta15N of deep-sea gorgonian corals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 108, pp. 1011–1015. https://doi.org/10.1073/pnas.1004904108.

Smeed, D.A., and others (2014). Observed decline of the Atlantic meridional overturning circulation 2004–2012. *Ocean Science*, vol. 10, No. 1, pp. 29–38.

Smeed, D.A., and others (2018). The North Atlantic Ocean is in a state of reduced overturning. *Geophysical Research Letters*, vol. 45, No. 3, pp. 1527–1533.

Thibodeau, B., and others (2018). Last Century Warming Over the Canadian Atlantic Shelves Linked to Weak Atlantic Meridional Overturning Circulation. *Geophysical Research Letters*, vol. 45, pp. 12376–12385. https://doi.org/10.1029/2018gl080083.

Thornalley, David J.R., and others (2018). Anomalously weak Labrador Sea convection and Atlantic overturning during the past 150 years. *Nature*, vol. 556, No. 7700, p. 227.

Timmermann, Axel, and others (2010). Wind effects on past and future regional sea level trends in the southern Indo–Pacific. *Journal of Climate*, vol. 23, No. 16, pp. 4429–4437.

Wu, Lixin, and others (2012). Enhanced warming over the global subtropical western boundary currents. *Nature Climate Change*, vol. 2, No. 3, p. 161.

Zanna, L., and others (2019). Global reconstruction of historical ocean heat storage and transport. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, p. 1126. https://doi.org/10.1073/pnas.1808838115.

Zickfeld, Kirsten, and others (2008). Carbon–cycle feedbacks of changes in the Atlantic meridional overturning circulation under future atmospheric CO_2. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 22, No. 3.

درجة حرارة البحر والمحتوى الحراري للمحيطات

Abraham, John P., and others (2013). A review of global ocean temperature observations: Implications for ocean heat content estimates and climate change. *Reviews of Geophysics*, vol. 51, No. 3, pp. 450–483.

Bindoff, Nathaniel L., and others (2013). Detection and attribution of climate change: from global to regional.

Boyer, Tim, and others (2016). Sensitivity of global upper–ocean heat content estimates to mapping methods, XBT bias corrections, and baseline climatologies. *Journal of Climate*, vol. 29, No. 13, pp. 4817–4842.

Caesar, Levke, and others (2018). Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature*, vol. 556, No. 7700, p. 191.

Cheng, Lijing, and others (2016). XBT Science: Assessment of instrumental biases and errors. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 97, No. 6, pp. 924–933.

Cheng, Lijing, and others (2017a). Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015. *Science Advances*, vol. 3, No. 3, p. e1601545.

Cheng, Lijing, and others (2017b). Taking the pulse of the planet. *Earth and Space Science News, Eos*, vol. 99, pp. 14–16.

Cheng, Lijing, and others (2018). Decadal Ocean Heat Redistribution Since the Late 1990s and Its Association with Key Climate Modes. *Climate*, vol. 6, No. 4, p. 91.

Cheng, Lijing, and others (2019a). 2018 Continues Record Global Ocean Warming. *Advances in Atmospheric Sciences*, vol. 36, No. 3, pp. 249–252.

Cheng, Lijing, and others (2019b). How fast are the oceans warming? *Science*, vol. 363, No. 6423, pp. 128–129.

Dewitte, B., and others. 2012. Change in El Niño flavours over 1958–2008: Implications for the long–term trend of the upwelling off Peru. *Deep–Sea Research II*, 77–80 (2012), pp. 143–156.

Domingues, Catia M., and others (2008). Improved estimates of upper–ocean warming and multi–decadal sea–level rise. *Nature*, vol. 453, No. 7198, p. 1090.

Durack, Paul J. (2015). Ocean salinity and the global water cycle. *Oceanography*, vol. 28, No. 1, pp. 20–31.

England, Matthew H., and others (2014). Recent intensification of wind–driven circulation in the Pacific and the ongoing warming hiatus. *Nature Climate Change*, vol. 4, No. 3, p. 222.

Garcia-Soto, Carlos, and Robin D. Pingree (2012). Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) and sea surface temperature in the Bay of Biscay and adjacent regions. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 92, No. 2, pp. 213–234.

Good, S.A. (2020): ESA Sea Surface Temperature Climate Change Initiative (SST_cci): GHRSST Multi-Product ensemble (GMPE), v2.0. Centre for Environmental Data Analysis.

Gutiérrez, D., and others. 2016. Productivity and Sustainable Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem under Climate Change.

Hansen, James, and others (2011). Earth's energy imbalance and implications. *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 11, No. 24, pp. 13421–13449.

Hartmann, Dennis L., and others (2013). Observations: atmosphere and surface. In *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 159–254. Cambridge University Press.

Hirahara, Shoji, and others (2014). Centennial-scale sea surface temperature analysis and its uncertainty. *Journal of Climate*, vol. 27, pp. 57–75.

Hu, Shineng, and Alexey V. Fedorov (2017). The extreme El Niño of 2015–2016 and the end of global warming hiatus. *Geophysical Research Letters*, vol. 44, No. 8, pp. 3816–3824.

Huang, Boyin, and others (2017). Extended reconstructed sea surface temperature, version 5 (ERSSTv5): upgrades, validations, and intercomparisons. *Journal of Climate*, vol. 30, No. 20, pp. 8179–8205.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2019). Summary for policymakers. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, H-O. Pörtner and others, eds. (in press).

Ishii, Masayoshi, and others (2005). Objective analyses of sea-surface temperature and marine meteorological variables for the 20th century using ICOADS and the Kobe collection. *International Journal of Climatology*, vol. 25, No. 7, pp. 865–879.

Ishii, Masayoshi, and others (2017). Accuracy of global upper ocean heat content estimation expected from present observational data sets. *Sola*, vol. 13, pp. 163–167.

Johnson, Gregory C., and others (2015). Informing deep Argo array design using Argo and full-depth hydrographic section data. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, vol. 32, No. 11, pp. 2187–2198.

Kosaka, Yu, and Shang-Ping Xie (2013). Recent global-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling. *Nature*, vol. 501, No. 7467, pp. 403.

Levitus, Sydney, and others (2012). World ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000 m), 1955–2010. *Geophysical Research Letters*, vol. 39, No. 10.

Liu, Wei, and others (2016). Tracking ocean heat uptake during the surface warming hiatus. *Nature Communications,* vol. 7, p. 10926.

Meyssignac, Benoit, and others (2019). Measuring global ocean heat content to estimate the earth energy imbalance. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 432

Rayner, N.A.A., and others (2003). Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 108, No. D14.

Rhein, M., and others (2013). Observations: ocean. In *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 159–254. Cambridge University Press.

Sallée, Jean-Baptiste (2018). Southern Ocean warming. *Oceanography*, vol. 31, No. 2, pp. 52–62.

Swart, Neil C., and others (2018). Recent Southern Ocean warming and freshening driven by greenhouse gas emissions and ozone depletion. *Nature Geoscience*, vol. 11, No. 11, p. 836.

Trenberth, Kevin E., and others (2018). Hurricane Harvey links to ocean heat content and climate change adaptation. *Earth's Future*, vol. 6, No. 5, pp. 730–744.

Von Schuckmann, K., and others (2016). An imperative to monitor Earth's energy imbalance. *Nature Climate Change*, vol. 6, No. 2, p. 138.

Wang, Gongjie, and others (2017). Consensuses and discrepancies of basin-scale ocean heat content changes in different ocean analyses. *Climate Dynamics*, vol. 50, Nos. 7–8, pp. 2471–2487.

الملوحة

Berger, Michael, and others (2002). Measuring ocean salinity with ESA's SMOS Mission–advancing the science.

Bindoff, Nathaniel L., and others (2007). Observations: oceanic climate change and sea level.

Boutin, Jacqueline, and others (2013). Sea surface freshening inferred from SMOS and ARGO salinity: impact of rain. *Ocean Science*, vol. 9, No. 1.

Boutin, Jacqueline, and others (2014). Sea surface salinity under rain cells: SMOS satellite and in situ drifters observations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 119, No. 8, pp. 5533–5545.

Boyer, Timothy P., and others (2005). Linear trends in salinity for the World Ocean, 1955–1998. *Geophysical Research Letters*, vol. 32, No. 1.

Drushka, Kyla, and others (2016). Understanding the formation and evolution of rain-formed fresh lenses at the ocean surface. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 121, No. 4, pp. 2673–2689.

Durack, Paul J. (2015). Ocean salinity and the global water cycle. *Oceanography*, vol. 28, No. 1, pp. 20–31.

Durack, Paul J., and Susan E. Wijffels (2010). Fifty-year trends in global ocean salinities and their relationship to broad-scale warming. *Journal of Climate*, vol. 23, No. 16, pp. 4342–4362.

Durack, Paul J., and others (2013). Chapter 28: Long-term Salinity Changes and Implications for the Global Water Cycle. In *Ocean Circulation and Climate*, eds. Gerold Siedler and others, vol. 103, pp. 727–57. International Geophysics. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391851-2.00028-3.

Durack, Paul J., and others (2012). Ocean salinities reveal strong global water cycle intensification during 1950 to 2000. *Science*, vol. 336, No. 6080, pp. 455–458.

Grodsky, Semyon A., and others (2014). Year-to-year salinity changes in the Amazon plume: Contrasting 2011 and 2012 Aquarius/SACD and SMOS satellite data. *Remote Sensing of Environment*, vol. 140, pp. 14–22.

Held, Isaac M., and Brian J. Soden (2006). Robust responses of the hydrological cycle to global warming. *Journal of Climate*, vol. 19, No. 21, pp. 5686–5699.

Helm, Kieran P., and others (2010). Changes in the global hydrological-cycle inferred from ocean salinity. *Geophysical Research Letters*, vol. 37, No. 18.

Hosoda, Shigeki, and others (2009). Global surface layer salinity change detected by Argo and its implication for hydrological cycle intensification. *Journal of Oceanography*, vol. 65, No. 4, pp. 579–596.

Lagerloef, Gary, and others (2008). The Aquarius/SAC-D mission: Designed to meet the salinity remote-sensing challenge. *Oceanography*, vol. 21, No. 1, pp. 68–81.

Levang, Samuel J., and Raymond W. Schmitt (2015). Centennial changes of the global water cycle in CMIP5 models. *Journal of Climate*, vol. 28, No. 16, pp. 6489–6502.

Rhein, M., and others (2013). Observations: ocean. In *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 159–254. Cambridge University Press.

Skliris, Nikolaos, and others (2014). Salinity changes in the World Ocean since 1950 in relation to changing surface freshwater fluxes. *Climate Dynamics*, vol. 43, Nos. 3–4, pp. 709–736.

Tang, Wenqing, and others (2017). Validating SMAP SSS with in situ measurements. *Remote Sensing of Environment*, vol. 200, pp. 326–340.

Terray, Laurent, and others (2012). Near-surface salinity as nature's rain gauge to detect human influence on the tropical water cycle. *Journal of Climate*, vol. 25, No. 3, pp. 958–977.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Vinogradova, Nadya T., and Rui M. Ponte (2013). Clarifying the link between surface salinity and freshwater fluxes on monthly to interannual time scales. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 118, No. 6, pp. 3190–3201.

Zika, Jan D., and others (2015). Maintenance and broadening of the ocean's salinity distribution by the water cycle. *Journal of Climate*, vol. 28, No. 24, pp. 9550–9560.

تحمض المحيطات

Baumann, Hannes (2019). Experimental assessments of marine species sensitivities to ocean acidification and co-stressors: how far have we come? *Canadian Journal of Zoology*, vol. 97, No. 5, pp. 399–408.

Bednaršek, Nina, and others (2016). Pteropods on the edge: Cumulative effects of ocean acidification, warming, and deoxygenation. *Progress in Oceanography*, vol. 145, pp. 1–24.

Borgesa, Alberto V., and Nathalie Gypensb (2010). Carbonate chemistry in the coastal zone responds more strongly to eutrophication than ocean acidification. *Limnology and Oceanography*, vol. 55, No. 1, pp. 346–353.

Breitburg, Denise L., and others (2015). And on top of all that... Coping with ocean acidification in the midst of many stressors. *Oceanography*, vol. 28, No. 2, pp. 48–61.

Caldeira, Ken, and Michael E. Wickett (2003). Oceanography: anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature*, vol. 425, No. 6956, p. 365.

Campbell, Anna L., and others (2016). Ocean acidification changes the male fitness landscape. *Scientific Reports*, vol. 6, p. 31250.

Cross, Jessica N., and others (2014). Annual sea-air CO_2 fluxes in the Bering Sea: Insights from new autumn and winter observations of a seasonally ice-covered continental shelf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 119, No. 10, pp. 6693–6708.

Dodd, Luke F., and others (2015). Ocean acidification impairs crab foraging behaviour. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 282, No. 1810, p. 20150333.

Feely, Richard A., and others (2004). Impact of anthropogenic CO_2 on the $CaCO_3$ system in the oceans. *Science*, vol. 305, No. 5682, pp. 362–366.

Feely, Richard A., and others (2008). Evidence for upwelling of corrosive "acidified" water onto the continental shelf. *Science*, vol. 320, No. 5882, pp. 1490–1492.

Feely, Richard A., and others (2009). Ocean acidification: Present conditions and future changes in a high-CO_2 world. *Oceanography*, vol. 22, No. 4, pp. 36–47.

Gruber, Nicolas, and others (2019). The oceanic sink for anthropogenic CO_2 from 1994 to 2007. *Science*, vol. 363, No. 6432, pp. 1193–1199.

Hoegh-Guldberg, Ove, and others (2017). Coral reef ecosystems under climate change and ocean acidification. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 158.

Hönisch, Bärbel, and others (2012). The geological record of ocean acidification. *Science*, vol. 335, No. 6072, pp. 1058–1063.

Jewett, L., and A. Romanou (2017). Ocean acidification and other ocean changes. *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment*, vol. 1, pp. 364–392.

Le Quéré, Corinne, and others (2016). Global carbon budget 2016.

Lemasson, Anaelle J., and others (2017). Linking the biological impacts of ocean acidification on oysters to changes in ecosystem services: a review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 492, pp. 49–62.

McElhany, Paul (2017). CO_2 sensitivity experiments are not sufficient to show an effect of ocean acidification. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 4, pp. 926–928.

Munday, Philip L., and others (2009). Ocean acidification impairs olfactory discrimination and homing ability of a marine fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, No. 6, pp. 1848–1852.

Murray, Christopher S. (2019). An Experimental Evaluation of the Sensitivity of Coastal Marine Fishes to Acidification, Hypoxia, and Warming.

Orr, James C., and others (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, vol. 437, No. 7059, pp. 681–686.

Riebesell, Ulf, and others (2017). Competitive fitness of a predominant pelagic calcifier impaired by ocean acidification. *Nature Geoscience*, vol. 10, No. 1, p. 19.

Sutton, Adrienne J., and others (2019). Autonomous seawater pCO_2 and pH time series from 40 surface buoys and the emergence of anthropogenic trends. *Earth System Science Data*, p. 421.

Zeebe, Richard E., and others (2016). Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years. *Nature Geoscience*, vol. 9, No. 4, pp. 325–329.

الأكسجين المذاب

Bianchi, Daniele, and others (2013). Intensification of open-ocean oxygen depletion by vertically migrating animals. *Nature Geoscience*, vol. 6, No. 7, pp. 545–548.

Carpenter, James H. (1965). The accuracy of the Winkler method for dissolved oxygen analysis. *Limnology and Oceanography*, vol. 10, No. 1, pp. 135–140.

Codispoti, Louis A. (2010). Interesting times for marine N_2O. *Science*, vol. 327, No. 5971, pp. 1339–1340.

Diaz, Robert J., and Rutger Rosenberg (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, vol. 321, No. 5891, pp. 926–929.

Ito, Takamitsu, and others (2017). Upper ocean O_2 trends: 1958–2015. *Geophysical Research Letters*, vol. 44, No. 9, pp. 4214–4223.

Keeling, Ralph F., and Hernan E. Garcia (2002). The change in oceanic O_2 inventory associated with recent global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 99, No. 12, pp. 7848–7853.

Keeling, Ralph F., and others (2010). Ocean deoxygenation in a warming world. *Annual Review of Marine Science*, vol. 2, pp. 199–229.

Knapp, George P., and others (1991). Iodine losses during Winkler titrations. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, vol. 38, No. 1, pp. 121–128.

Levin, L.A. (2018). Manifestation, Drivers, and Emergence of Open Ocean Deoxygenation. *Annual Review of Marine Science*, vol. 10, pp. 229–260, https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121916-063359.

Santoro, Alyson E., and others (2011). Isotopic signature of N_2O produced by marine ammonia-oxidizing archaea. *Science*, vol. 333, No. 6047, pp. 1282–1285.

Schmidtko, Sunke, and others (2017). Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature*, vol. 542, No. 7641, pp. 335–339. https://doi.org/10.1038/nature21399.

Stendardo, I., and N. Gruber (2012). Oxygen trends over five decades in the North Atlantic. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 117, No. C11.

Stramma, Lothar, and others (2012). Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes. *Nature Climate Change*, vol. 2, No. 1, pp. 33–37.

Voss, Maren, and others (2013). The marine nitrogen cycle: Recent discoveries, uncertainties. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 368.

Wilcock, R.J., and others (1981). An interlaboratory study of dissolved oxygen in water. *Water Research*, vol. 15, No. 3, pp. 321–325.

Worm, Boris, and others (2005). Global patterns of predator diversity in the open oceans. *Science*, vol. 309, No. 5739, pp. 1365–1369.

الجليد البحري

Fetterer, F., and others (2017). *Sea Ice Index, Version 3*. Boulder, Colorado, United States of America: NSIDC: National Snow and Ice Data Center. https://doi.org/10.7265/N5K072F8.

Kwok, Ron (2018). Arctic sea ice thickness, volume, and multiyear ice coverage: losses and coupled variability (1958–2018). *Environmental Research Letters*, vol. 13, No. 10, p. 105005.

Massom, R.A., and others (2018). Antarctic Ice shelf disintegration triggered by sea ice loss and ocean swell. *Nature*, vol. 558, pp. 383–389, https://doi.org/10.1038/s41586-018-0212-1.

Meehl, G.A., and others (2019). Sustained ocean changes contributed to sudden Antarctic sea ice retreat in late 2016. *Nature Communications*, vol. 10(1), p. 14. https://doi.org/10.1038/s41467-018-07865-9.

Nghiem, S.V., and others (2016). Geophysical constraints on the Antarctic sea ice cover. *Remote Sensing of Environment*, vol. 181, pp. 281–292.

Parkinson, Claire L. (2019). A 40-y record reveals gradual Antarctic sea ice increases followed by decreases at rates far exceeding the rates seen in the Arctic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, No. 29, pp. 14414–14423.

Reid, P., and others (2019): Sea ice extent, concentration, and seasonality. In *State of the Climate in 2018*. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 100 (9), pp. S178–S181.

Rigor, Ignatius G., and John M. Wallace (2004). Variations in the age of Arctic sea-ice and summer sea-ice extent. *Geophysical Research Letters*, vol. 31, No. 9.

Rigor, Ignatius G., and others (2002). Response of sea ice to the Arctic Oscillation. *Journal of Climate*, vol. 15, No. 18, pp. 2648–2668.

Rothrock, Drew A., and others (1999). Thinning of the Arctic sea-ice cover. *Geophysical Research Letters*, vol. 26, No. 23, pp. 3469–3472.

Schweiger, Axel, and others (2011). Uncertainty in modeled Arctic sea ice volume. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 116, No. C8.

Stewart, Craig L., and others (2019). Basal melting of Ross Ice Shelf from solar heat absorption in an ice-front polynya. *Nature Geoscience*, vol. 12, No. 6, pp. 435–440.

Zhang, Jinlun, and D.A. Rothrock (2003). Modeling global sea ice with a thickness and enthalpy distribution model in generalized curvilinear coordinates. *Monthly Weather Review*, vol. 131, No. 5, pp. 845–861.

الفصل 6
الاتجاهات في التنوع البيولوجي للأصنوفات الرئيسية من الأحياء البحرية

عضو رئيسي عن الفصل: شول بارك.

مقدمة

في التقييم العالمي الأول للمحيطات الذي نُشر في عام 2017، دُرس التنوع البيولوجي من ثلاث وجهات نظر: حسب المنطقة الجغرافية، وحسب المجموعة التصنيفية، وحسب الموائل المحددة باعتبارها مثيرة للقلق. وفي التقييم العالمي الثاني للمحيطات، يُدرس التنوع البيولوجي حسب المجموعة التصنيفية (الفصل 6) وحسب الموائل (الفصل 7) في جميع المناطق التي تتوفر بشأنها بيانات. ففيما يتعلق بالمجموعات التصنيفية التي أدرجت في التقييم العالمي الأول، ينصب التركيز على التغيرات التي حدثت منذ نشر التقييم، بما في ذلك المعلومات الجديدة. وفيما يتعلق بالمجموعات التصنيفية التي لم تدرج في التقييم العالمي الأول، ينصب التركيز على المعلومات العامة، من أجل وضع خط أساس بشأن الحالة الراهنة.

ويتوسع الفصل 6 ألف في عرض المعلومات المتعلقة بالعوالق الواردة في التقييم العالمي الأول من خلال وصف التنوع البيولوجي لهذه المجموعة، ويقدم، على وجه الخصوص، معلومات عن العوالق النباتية الوحيدة الخلية والبكتيريا والفيروسات والعوالق الحيوانية المتعددة الخلايا. وترد المعلومات المتعلقة باللافقاريات القاعية، التي لم تناقش على نحو مستقل في التقييم العالمي الأول، في الفصل الفرعي 6 باء. ومن بين اللافقاريات اليميّة، ترد أشكال العوالق في الفصل الفرعي 6 ألف. وتظل اللافقاريات اليميّة (رأسيات الأرجل) ثغرة تحتاج إلى تدارك في تقييم مقبل وإن قدمت بعض المعلومات عن هذه اللافقاريات في إضافة للفصل الفرعي 6 باء من جانب فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية – الاقتصادية. وترد في الفصل 6 جيم معلومات جديدة ووافية عن تنوع الأسماك، ولا سيما فيما يتعلق بالأنواع التي لم تُدرس في التقييم العالمي الأول. ويتضمن الفصل 6 أيضا معلومات عن التغيرات الأخيرة في التنوع البيولوجي للثدييات البحرية (الفصل الفرعي 6 دال)، والزواحف البحرية (الفصل الفرعي 6 هاء)، والطيور البحرية (الفصل الفرعي 6 واو)، والنباتات البحرية والطحالب الكبيرة (الفصل الفرعي 6 زاي). ويتضمن هذا الفصل الفرعي الأخير الاتجاهات في حالة غابات طحالب الكيلب ومنابت الطحالب. ويرد وصف للنباتات البحرية في الفصول الفرعية 7 زاي إلى طاء حسب الموائل.

الفصل 6 ألف
العوالق
(العوالق النباتية، والعوالق الحيوانية، والميكروبات، والفيروسات)

المساهمون: توماس مالون (منظم الاجتماعات)، وماوريتسيو أزارو، وراسل هوبكروفت، وشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، وكازواكي تادوكورو، ومايكل ثورندايك، وسينجاي يو.

النقاط الرئيسية

- الميكروبات الوحيدة الخلية هي أكثر أشكال الحياة البحرية وفرة وتنوعا. فشبكات الأغذية القائمة عليها تحافظ على معظم التنوع البيولوجي للمحيطات.
- تمثل العوالق النباتية البحرية قرابة 50 في المائة من الإنتاج الأولي للأرض، ومن إمدادات الأكسجين، ومن عمليات تثبيت النيتروجين. وتمثل الدياتومات والعوالق المجهرية (<2 ميكرومتر) معظم الإنتاج الأولي البحري.
- من المرجح أن تؤدي زيادات في الانقسام الرأسي لطبقات المياه (تطبق المياه) وانخفاضات في مدخلات المغذيات غير العضوية إلى الجزء الذي يمكن أن يحدث فيه التمثيل الضوئي (المنطقة المضاءة)، بفعل ارتفاع درجة حرارة الطبقة العليا للمحيطات، إلى ما يلي:
  - انخفاضات في إنتاجية العوالق النباتية وحجم الخلايا؛
  - زيادات في تدفق الطاقة عبر الشبكات الغذائية الميكروبية المتعلقة بذلك من خلال الشبكات الغذائية للأنواع المتعددة الخلايا (العوالق التي يفوق حجمها 20 ميكرومترا)؛
  - انخفاضات في تصدير الإنتاج الأحيائي إلى المحيط السحيق. ومن شأن هذه الانخفاضات أن تقلل قدرة المحيطات على امتصاص ثاني أكسيد الكربون، مما يسرع وتيرة احترار الغلاف الجوي للأرض؛
  - انخفاض الإنتاج الأحيائي في مستوى غذائي أعلى.
  - قد يؤدي تحمض المحيطات بفعل المناخ إلى الحد من وفرة العوالق الجيرية وتوزعها.
- لا ترصد عمليات الرصد العالمية الحالية للمحيطات تحديدا تنوع العوالق. وتقتضي الحاجة إقامة نظام دولي متكامل لرصد الحياة في المحيطات، باعتباره عنصرا من عناصر النظام العالمي لنظم رصد الأرض.

1 - مقدمة

تتألف مجتمعات العوالق البحرية من الفيروسات وبدائيات النوى (العتائق والبكتيريا) وحقيقيات النوى (الأولانيات والكائنات المتعددة الخلايا). وتشمل كلتا بدائيات النوى وحقيقيات النوى الكائنات المنتجة الأولية والمستهلكة المتباينة الاغتذاء، وتمثل العوالق البحرية مجموعة الكائنات الحية الأكثر تنوعا في تاريخ النشوء على الأرض (Colomban and others, 2015؛ United Nations, 2017a). وينصب التركيز في هذا الفصل الفرعي على تجمعات العوالق في الطبقة العليا للمحيطات (صفر إلى 1 000 متر) والتغيرات الناجمة عن المناخ في العوالق التي من المرجح أن يكون لها تأثير على خدمات النظم الإيكولوجية.

وتستأثر الميكروبات الوحيدة الخلية بمعظم الكتلة الأحيائية والتنوع البيولوجي والنشاط الأيضي في المحيطات (Gasol and others, 1997؛ وAzam and Malfatti 2007؛ و Salazar and Sunagawa, 2017؛ وBar-On and others, 2018) وتؤدي أدواراً حاسمة في توفير خدمات النظم الإيكولوجية البحرية (Palumbi and others, 2009؛ وLiquete and others, 2013). وعلى وجه الخصوص، تمثل العوالق النباتية قرابة 50 في المائة من صافي الإنتاج الأولي للأرض الذي يدعم شبكات الأغذية البحرية، وقرابة 50 في المائة من إمدادات الأكسجين على الأرض (Field and others, 1998؛ و Westberry and others, 2008)؛ وتدعم شبكات العوالق الغذائية معظم مصائد الأسماك (Blanchard and others, 2012؛ وBoyce and others, 2015)، وتعزز المضخة

البيولوجية[1] (Honjo and others, 2014)، وتحافظ على التنوع البيولوجي (Beaugrand and others, 2013؛ وVallina and others, 2014). ويسهم صافي الإنتاج الأولي للعوالق النباتية وتدفقات المغذيات من خلال شبكات العوالق الغذائية إسهاما كبيرا في ما لا يقل عن 14 هدفا من أهداف التنمية المستدامة (Wood and others, 2018)، وفي مقدمتها الهدف 14 (حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة)[2].

وتتمثل أهداف هذا الفصل الفرعي فيما يلي: (أ) وصف التركيبة الحالية لتجمعات العوالق والاتجاهات السابقة في تنوعها وإنتاجيتها على المستويين العالمي والإقليمي؛ (ب) وتلخيص الاتجاهات المتوقعة التي يتسبب فيها المناخ في هذه التجمعات من العوالق؛ (ج) وتحديد الثغرات في المعارف الحالية. والتغيرات التي يتسبب فيها المناخ في بيئة الطبقة العليا للمحيطات المشمولة بالتحليل في هذا الفرع هي احترار المحيطات وتحمضها[3]. وهذه المعلومات لها أهمية خاصة بالنسبة للفصلين 5 (الاتجاهات في الحالة الفيزيائية والكيميائية للمحيطات) و10 (التغيرات في مدخلات المغذيات في البيئة البحرية). وتشمل المواضيع التي جرى تناولها في هذا الفصل الفرعي والتي لم يتناولها تحديدا الفصل 6 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017b) الاتجاهات السابقة والمتوقعة في تنوع العوالق.

2 - موجز الفصل 6 من التقييم العالمي الأول للمحيطات

دُرست الأنماط الإقليمية والعالمية لصافي الإنتاج الأولي بحسب العوالق النباتية والنباتات العيانية القاعية، وتدوير المغذيات في الطبقة العليا للمحيطات، والتأثيرات البشرية المنشأ على هذه العمليات، وأفضت الدراسة إلى النتائج التالية:

- باستثناء المياه الساحلية الخاضعة للمدخلات النهرية من المغذيات والمناطق العالية المغذيات المنخفضة اليخضور (الكلوروفيل)، يعكس النمط العالمي لصافي الإنتاج الأولي للعوالق النباتية نمط مدخلات المغذيات من المياه العميقة (النيتروجين والفوسفور) إلى المنطقة المضاءة من الجسم المائي[4].
- انخفض صافي الإنتاج الأولي للعوالق النباتية في الدوامات المائية شبه المدارية في الفترة من عام 1998 إلى عام 2006 نتيجة ارتفاع درجة حرارة الطبقة العليا للمحيطات بفعل المناخ وما يرتبط بذلك من انخفاض في إمدادات المغذيات، بينما ازداد صافي الإنتاج الأولي في النظم الإيكولوجية الساحلية نتيجة الزيادات في مدخلات المغذيات البرية. وقد أدى ذلك إلى انتشار نقص الأكسجين في المحيطات على الصعيد العالمي، وإلى انخفاض المساحة الجغرافية لمنابث الأعشاب البحرية، وزيادة وقوع حوادث التسمم بالعوالق النباتية.
- ينزع تنوع أنواع العوالق النباتية إلى أن يكون في أدنى مستوى له في المياه القطبية وشبه القطبية، حيث تشكل الأنواع السريعة النمو معظم صافي الإنتاج الأولي، وفي أعلى مستوى له في المياه المدارية وشبه المدارية، حيث تمثل العوالق النباتية الصغيرة (< 10 ميكرومترات) معظم صافي الإنتاج الأولي.
- مع ارتفاع درجة حرارة الطبقة العليا للمحيطات وزيادة تطبق المياه فيها، يرجح أن تشكل أنواع العوالق النباتية الصغيرة جزءاً كبيراً متزايداً من صافي الإنتاج الأولي، مما يؤدي إلى انخفاض في

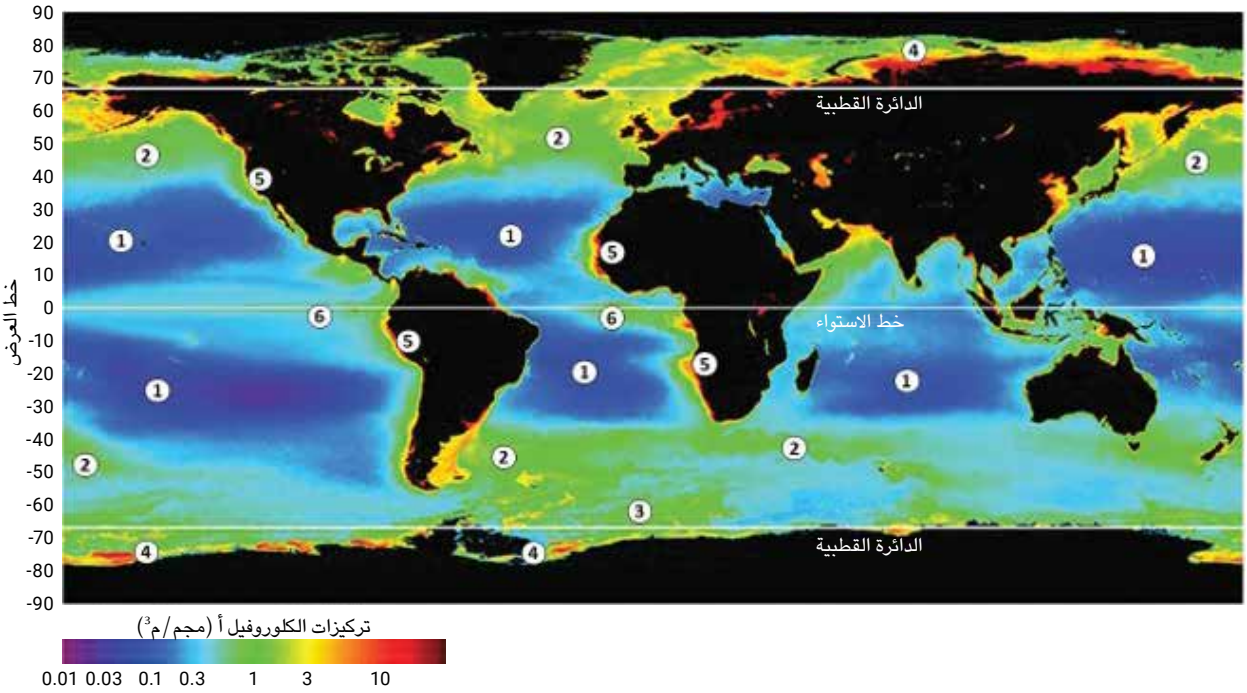
[1] تصدير بوساطة بيولوجية للمواد العضوية الجسيمية وكربونات الكالسيوم إلى المحيط السحيق (أدنى من 1 000 م).
[2] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
[3] يشير تحمض المحيطات إلى تناقص الرقم الهيدروجيني للمحيطات على مدى فترة زمنية طويلة، نظرا أساساً لامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي.
[4] المنطقة المضاءة هي الطبقة العليا للمحيطات التي يخترقها ضوء كاف يتيح حدوث عملية التمثيل الضوئي.

الأرصدة السمكية وتصدير الكربون العضوي إلى أعماق البحار.

- مع ارتفاع درجات حرارة الطبقة العليا للمحيطات في خطوط العرض العليا، اتسعت رقعة المساحات الجغرافية لأنواع مجدافيات الأرجل في شمال المحيط الأطلسي لتشمل خطوط العرض العليا وباتت الذروات الموسمية لوفرة الأنواع التي تعيش في المياه المعتدلة تحل في وقت أبكر من العام.

3 - المناطق المشمولة بالتحليل في هذا التقييم

متوسط تركيزات الكلوروفيل أ (Chlorophyll *a*) في سطح البحر (1997-2010) والمناطق الست المستهدفة في هذا التقرير



المصدر: مقتبس من Sundby and others (2016).

ملاحظة: 1 - الدوامات المحيطية الوسطى؛ 2 - مناطق التكاثر الربيعي للعوالق في خطوط العرض العليا؛ 3 - المنطقة المحيطة بأنتاركتيكا، 4 - المناطق الجليدية القطبية؛ 5 - المناطق الساحلية التي ترتفع فيها مياه القاع إلى المياه السطحية؛ 6 - المناطق الاستوائية التي ترتفع فيها مياه القاع إلى المياه السطحية (الأزرق: <0,1 ملغم/م$^{-3}$؛ والأخضر: 0,1 – 1,0 ملغم/م$^{-3}$؛ والأصفر: 1 – 3 ملغم/م$^{-3}$؛ والأحمر: >3 ملغم/م$^{-3}$).

يتفاوت صافي الإنتاج الأولي للعوالق النباتية من منطقة إلى أخرى (Behrenfeld and others, 2006؛ و Uitz and others, 2010؛ United Nations, 2017c)، وقسمت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ محيطات العالم إلى مناطق وفقاً لذلك (Hoegh-Guldberg and Poloczanska, 2017). ومن بين المناطق السبع التي حددها الفريق، تمثل المناطق المشمولة بالتحليل في هذا الفرع نظم خطوط العرض العليا وخطوط العرض المنخفضة، وهي نظم تتأتى فيها المدخلات الأساسية من المغذيات من المياه العميقة من خلال الخلط الرأسي أو ارتفاع مياه القاع إلى السطح والنظم التي تظهر مجموعة واسعة من الحالات

التغذوية[5] (التي لا تعكس المدخلات البرية من المغذيات). وفيما يلي المناطق الست المشمولة بالتحليل (مرقمة كما هو الحال في الشكل أعلاه):

1 - الدوامات المائية شبه المدارية الخمسة الوسطى، وهي أكبر المجتمعات الأحيائية في الطبقة العليا للمحيطات (قرابة 40 في المائة من مساحة المحيطات، و22 في المائة من صافي الإنتاج الأولي السنوي للمحيطات)؛

2 - مناطق التكاثر الربيعي للعوالق في خطوط العرض العليا (قرابة 25 في المائة من مساحة المحيطات، و43 في المائة من صافي الإنتاج الأولي السنوي للمحيطات)؛

3 - المنطقة المحيطة بأنتاركتيكا في المحيط الجنوبي (قرابة 12 في المائة من مساحة المحيطات، وقرابة 9 في المائة من صافي الإنتاج الأولي السنوي للمحيطات)؛

4 - المناطق الجليدية القطبية في المحيط المتجمد الشمالي والمحيط الجنوبي (قرابة 4 في المائة من مساحة المحيطات، وبين 1 و2 في المائة من صافي الإنتاج الأولي السنوي للمحيطات)؛

5 - المناطق الساحلية التي ترتفع فيها مياه القاع إلى المياه السطحية (قرابة 2 في المائة من مساحة المحيطات، و7 في المائة من صافي الإنتاج الأولي السنوي للمحيطات)؛

6 - المناطق الاستوائية التي ترتفع فيها مياه القاع إلى المياه السطحية (قرابة 8 في المائة من مساحة المحيطات، و9 في المائة من صافي الإنتاج الأولي السنوي للمحيطات).

وتشمل هذه المناطق الست مجتمعة 90 في المائة من مساحة المحيطات وتمثل 90 في المائة من صافي الإنتاج الأولي للمحيطات.

4 - تقدير تنوع العوالق

4-1 - تنوع الأنواع

لا يمكن في الوقت الحاضر إجراء تقديرات دقيقة لتنوع أنواع العوالق على المستويين الإقليمي والعالمي استناداً إلى الفحص المجهري لعينات المحيطات بسبب النقص الحاد في العينات[6] (Appeltans and others, 2012)، والعدد المتزايد بسرعة من الأنواع المستترة (المتشابهة غير المتزاوجة)[7] التي كشف عنها علم الجينوميات البيئية (Delong, 2009؛ وGoetze, 2010؛ وLindeque and others, 2013؛ و Harvey and others, 2017، ومراحل اليرقات من العوالق الحيوانية التي تفتقر إلى خصائص تشخيصية واضحة (Bucklin and others, 2016، وعدم التوافق في الآراء بين علماء الأحياء المجهرية بشأن تعريف الأنواع (Amaral-Zettler and others, 2010). ولا يمكن معالجة مشكلة النقص في العينات إلا بزيادة الاستبانة الزمنية والمكانية لعمليات أخذ العينات. وفي هذا الصدد، يجب التشديد على أهمية توسيع ومواصلة دعم التحالف العالمي للمسوح بنظام التسجيل المستمر للعوالق (Batten and others, 2019) وإنشاء نظام متكامل لرصد الحياة في المحيطات (Canonico and others, 2019).

[5] من المناطق القليلة المغذيات ذات متوسط تركيزات اليخضور-أ (الكلوروفيل أ) السنوي المنخفض (< 0,1 ملغم/م$^{-3}$) إلى المناطق الغنية بالمغذيات ذات متوسط تركيزات عال نسبياً (1 – 30 ملغم/م$^{-3}$).

[6] المقاييس قليلة جداً من حيث الزمان والمكان بحيث لا يمكن تقدير التنوع البيولوجي للعوالق بدقة على الصعيدين الإقليمي والعالمي.

[7] الأنواع المتميزة وراثيا (استنادا إلى الوحدات التصنيفية التشغيلية) التي لا تظهر اختلافات مورفولوجية واضحة. وتستخدم هذه الوحدات لتقدير غزارة الأنواع على أساس الاختلافات الجينية (Caron and others, 2009).

4-2 - التنوع الوظيفي

يمكن أن يكون تصنيف الكائنات الحية في مجموعات وظيفية تشترك في خصائص مشتركة (الحجم والأدوار الإيكولوجية) أكثر فائدة من الناحية الإيكولوجية من المجموعات التصنيفية (Litchman and others, 2010؛ وMitra and others, 2016). فالعوالق تنتشر في رقعة يمتد طيفها على أكثر من سبعة أضعاف المساحة (Boyce and others, 2015؛ وSommer and others, 2017) وينعكس ذلك في المسارات التي يجري من خلالها إعادة تدوير صافي الإنتاج الأولي للعوالق النباتية في الطبقة العليا للمحيطات، أو توجيهها إلى مصائد الأسماك أو تصديرها إلى باطن المحيطات عن طريق المضخة البيولوجية (Ward and others, 2012؛ وAcevedo-Trejos and others, 2018). وجرى تقسيم العوالق من حيث الحجم إلى عوالق مجهرية (0,2 إلى 2 ميكرومتر)، وعوالق متناهية الصغر (2 إلى 20 ميكرومتر)، وعوالق دقيقة (20 إلى 200 ميكرومتر)، وعوالق متوسطة (200 ميكرومتر إلى 20 مم)، وعوالق كبيرة (20 مم إلى 200 مم)، وعوالق ضخمة (>200 مم) (Sieburth and others, 1978؛ و Sommer and others, 2017). وعلى مستوى أحواض المحيطات الرئيسية، تزداد الكتلة الأحيائية للعوالق النباتية وجزء العوالق النباتية الكبيرة عموماً مع تزايد توافر المغذيات غير العضوية المذابة، وهو نمط يعكس أهمية إمدادات المغذيات كمعيار لصافي الإنتاج الأولي للعوالق النباتية وتكوين المجتمعات (Mousing and others, 2018).

ومن منظور وظيفي، يمكن تقسيم الشبكات الغذائية البحرية إلى فئتين على أساس الحجم (Fenchel, 1988؛ Pomeroy and others, 2007)، هما:

(أ) الشبكات الغذائية الميكروبية التي تتكاثر فيها العوالق النباتية المجهرية والعوالق النباتية المتناهية الصغر، والبكتيريا المُتباينة الاغتذاء وملتقمات الأوالي التي تتزود في المقام الأول من صافي الإنتاج الأولي للعوالق النباتية المجهرية (بما في ذلك إطلاق المواد العضوية المذابة من قبل الكائنات المنتجة والمستهلكة الأولية)؛

(ب) الشبكات الغذائية للأنواع المتعددة الخلايا التي تتكاثر فيها العوالق النباتية الدقيقة والعوالق المتعددة الخلايا التي تتزود في المقام الأول من إنتاجية العوالق النباتية الدقيقة ومن الشبكات الغذائية الميكروبية.

وتمثل الشبكات الغذائية الميكروبية معظم الكتلة الأحيائية وإعادة تدوير المغذيات في المحيطات (Del Giorgio and Duarte 2002؛ وSunagawa and others, 2015)، بينما تدعم الشبكات الغذائية للأنواع المتعددة الخلايا معظم مصائد الأسماك والمضخة البيولوجية (Legendre and Michaud, 1998؛ و Sommer and others, 2002). وهكذا، من المرجح أن يكون للتغيرات في التوازن بين هاتين الشبكتين الغذائيتين تأثيرات كبيرة على توفير خدمات النظم الإيكولوجية (Müren and others, 2005؛ وWorm and others, 2006؛ و Sommer and others, 2016).

5 - العوالق الميكروبية

5-1 - العوالق النباتية

تشمل الأصنوفات الرئيسية من حيث مساهمتها في صافي الإنتاج الأولي العالمي زَراقِم بدائيات النوى وديناتوميات حقيقيات النوى، والطحالب النباتية الصدفية والطحالب الخضراء (Not and others, 2007؛ و Simon and others, 2009؛ و Uitz and others, 2010؛ و Flombaum and others, 2013).

5-1-1 - تنوع العوالق النباتية ومجموعاتها الوظيفية

اعتُرف بخمس مجموعات وظيفية من العوالق النباتية استنادا إلى حجمها وأدوارها في الشبكات الغذائية اليميّة ودورات المغذيات (Chisholm, 1992؛ وLe Quéré and others, 2005؛ و Marañón and others, 2012)، هي: العوالق المجهرية القادرة على التمثيل الضوئي، والعوالق الدقيقة المتسلكتة، والعوالق المتناهية الصغر المتكلسة، والعوالق المتوسطة المثبتة للنيتروجين، والعوالق المتناهية الصغر المفرزة لكبريتيد ثنائي الميثيل. ولأغراض هذا الفصل الفرعي، أضيفت العوالق الدقيقة السامة إلى هذه القائمة. وللتغيّرات في وفرة هذه المجموعات الوظيفية وإنتاجيتها وسميتها النسبية تداعيات كبيرة على قدرتها على دعم خدمات النظم الإيكولوجية.

5-1-1-1 - العوالق المجهرية

تشمل العوالق المجهرية جنسين من أجناس البكتيريا الزرقاء (اليخضورية (Prochlorococcus) والمتعاقبة الحبيبية (Synechococcus))، ومجموعة متنوعة من حقيقيات النوى المجهرية المتأتية من شعب عديدة (Not and others, 2007؛ و Kirkham and others, 2013). وهي منتشرة في كل مكان في العالم، وتمثل قرابة 50 في المائة من صافي الإنتاج الأولي للمحيطات (Agusti and others, 2019) وتدعم الشبكات الغذائية الميكروبية (Marañón and others, 2001, 2015). وتشير التقديرات إلى أن البكتيريا اليخضورية تمثل نسبة تتراوح بين 17 و39 في المائة من الكتلة الأحيائية للعوالق المجهرية في العالم، وأن البكتيريا المتعاقبة الحبيبية تمثل نسبة تتراوح بين 12 و15 في المائة منها، وأن حقيقيات النوى المجهرية تمثل نسبة تتراوح بين 49 و62 في المائة منها (Buitenhuis and others, 2012). وتهيمن البكتيريا اليخضورية على العوالق النباتية في المياه الدافئة (<15 درجة مئوية)، والمياه التي تشح فيها المغذيات (Chisholm, 2017). بينما تحظى البكتيريا المتعاقبة الحبيبية بانتشار أوسع نطاقا، وأكثر اتساقا، وأشد وفرة من البكتيريا اليخضورية في ظل الظروف الأشد برودة والغنية بالمغذيات (Follows and others, 2007؛ و Flombaum and others, 2013). وتنزع حقيقيات النوى المجهرية إلى التكاثر بوفرة مع زيادة مستويات المغذيات، وغالباً ما تهيمن على العوالق النباتية عند خطوط العرض العليا (Li, 1994؛ و Worden and Not, 2008؛ و Kirkham and others, 2013). وتظهر هذه الكائنات تنوعا مجينيا غزيرا جدا يقوم عليه توزيعها الجغرافي الواسع النطاق (Vaulot, 2008؛ Kent and others, 2016).

5-1-1-2 - العوالق الدقيقة المتسلكتة: الدياتومات

تهيمن الدياتومات على العوالق الدقيقة في المياه الباردة والمضطربة والغنية بالمغذيات (Malone, 1980؛ و Rousseaux and Gregg, 2015). وهي تمثل ما بين 40 و50 في المائة من صافي الإنتاج الأولي البحري على الصعيد العالمي، وتدعم الشبكات الغذائية للأنواع المتعددة الخلايا، وتمثل قرابة 40 في المائة من صادرات الكربون عن طريق المضخة البيولوجية (Honjo and others, 2014؛ و Tréguer and others, 2018). ولذلك تعد الدياتومات عوامل هامة في دورة الكربون العالمية.

5-1-1-3 - العوالق المتناهية الصغر المتكلسة[8]

تنتشر الطحالب النباتية الصدفية (التي تهيمن عليها العوالق المتكلسة الإميليانية الهكسلية) في كل مكان في العالم، وتؤدي دور البالوعة التي تمتص ثاني أكسيد الكربون (التمثيل الضوئي) والمصدر لثاني أكسيد الكربون (التكلس)، وبالتالي، فهي عوامل هامة في دورة الكربون العالمية (Sarmiento and others, 2002؛ و Balch and others, 2016). وتشكل العوالق من جنس العوالق الإميليانية الهكسلية "حزام الكالسيت الكبير" الذي يحيط بأنتاركتيكا بين الجبهة المجاورة لأنتاركتيكا والجبهة القطبية (Balch and others, 2016؛ و Nissen and others, 2018). وثمة أدلة على أن العوالق الإميليانية الهكسلية تنتج كمية من كربونات الكالسيوم الحيوية تفوق ما ينتجه أي كائن آخر على وجه الأرض (Iglesias-Rodríguez and others, 2002). ويميل التكاثر إلى الحدوث بعد فترات تكاثر الدياتومات الموسمية (Brown and Yoder, 1994؛ و Smith and others, 2017). وتستقبل العوالق الإميليانية الهكسلية المجموعة الكاملة للمورثات ذات التقلبات الجينية الواسعة النطاق التي تدعم توزيعها العالمي وقدرتها على التكاثر في ظل مجموعة واسعة من الظروف البيئية (Read and others, 2013).

5-1-1-4 - العوالق المتوسطة المثبتة للنيتروجين[9]

تقوم البكتيريا الزرقاء العالقة بما يقارب نصف عمليات تثبيت النيتروجين في الكرة الأرضية (Karl and others, 2002؛ و Landolfi and others, 2018) وهي أكبر مصدر للنيتروجين المثبت في محيطات العالم (Galloway and others, 2004؛ و Gruber, 2004). وتشمل المجموعة المتكافلات الأحادية الخلية (ترابط بين الدياتومات والكائنات المثبتة للنيتروجين) والأجناس المستعمرة (على سبيل المثال، التريكوديزميوم أو نشارة البحر (Trichodesmium)) (Delmont and others, 2018؛ و White and others, 2018). وتحدث معظم عمليات تثبيت النيتروجين البحري في الدوامات المائية شبه المدارية (Gruber, 2019) حيث تتكاثر نشارة البحر بوفرة في درجات حرارة أعلى من 20 درجة مئوية (Breitbarth and others, 2007؛ و Monteiro and others, 2010).

5-1-1-5 - العوالق المتناهية الصغر المفرزة لثنائي ميثيل بروبيونات السلفونيوم[10]

تنجم نسبة تربو على 90 في المائة من انبعاثات كبريتيد ثنائي الميثيل في الغلاف الجوي من ثنائي ميثيل بروبيونات السلفونيوم الذي يفرز في المحيطات، ومعظمه تفرزه الطحالب الأحادية الخلية (Prymnesiophyceae) (على سبيل المثال، نوعان أو أكثر من طحالب فيوسيستيس (Phaeocystis)، والعوالق الإميليانية الهكسلية) والطحالب الدوارة (Dinophyceae) (على سبيل المثال، طحالب بروروسنتروم الدنيا (Prorocentrum minimum)) خلال فترة التكاثر (Keller and others, 1989؛ و Bullock and others, 2017). والفيوسيستيس (Phaeocystis) هو جنس عالمي من الطحالب ذو دورة حياة تتناوب على طور العوالق المتناهية الصغر الطليقة (3 إلى 9 ميكرومترات) وطور المستعمرات الهلامية الكبيرة (>2 مم) (Schoemann and others, 2005). وتتطور هذه المستعمرات خلال فترة التكاثر الصيفي الزاخرة في مناطق التكاثر الربيعي في خطوط العرض العليا وخلال فترة التكاثر الصيفي في مناطق الجليد البحري القطبي وفي المنطقة القطبية المحيطة بأنتاركتيكا (Schoemann and others, 2005؛ و Vogt and others, 2012). ويحدث تكاثر طحالب بروروسنتروم

[8] تشمل العوالق المتكلسة أصنوفات تنمو لها صدفات أو هياكل عظمية أو هياكل أخرى من كربونات الكالسيوم. وتشكل هذه العوالق مجموعة متنوعة تصنيفيا تشمل عوالق نباتية مثل الطحالب النباتية الصدفية، وعوالق حيوانية مثل جناحيات الأقدام ومراحل اليرقات من الرخويات ثنائيات الصدفة القاعية وشوكيات الجلد.

[9] لا يقتصر تثبيت النيتروجين على العوالق الحيوانية المتوسطة. فثمة أدلة على وجود مثبتات للنيتروجين خلاف البكتيريا الزرقاء (البكتيريا والعتائق) في المحيطات (Benavides and others, 2018).

[10] ثنائي ميثيل بروبيونات السلفونيوم هو من السلائف الأحيائية المنشأ لكبريتيد ثنائي الميثيل، وهو يمثل مصدرا هاما للكبريت الذي ينتشر في الغلاف الجوي للأرض، حيث يساعد على دفع تراكم السحب الذي يحول دون تسلل الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض ويعكسه إلى الفضاء.

الدنيا في المناطق التي بها مدخلات مرتفعة نسبياً من المغذيات البشرية المنشأ، ومن المتوقع أن يتسع نطاق انتشارها العالمي، نظراً إلى أنه من المنتظر أن تزيد المدخلات من المغذيات البشرية المنشأ بأكثر من الضعف بحلول عام 2050، ما لم يتم التحكم في المدخلات بفعالية أكبر على نطاق عالمي (Glibert and others, 2008).

5-1-1-6 - العوالق الدقيقة المفرزة للسموم

من بين 5 000 نوع من العوالق النباتية البحرية الموجودة (Sournia and others, 1991)، لزهاء 80 نوعا أو نحو ذلك القدرة على إفراز سموم (توكسينات) قوية تتسرب من خلال الأسماك والصدفيات إلى البشر (Hallegraeff and others, 2004). ومعظم الأنواع السامة هي دَوَّامِيّات السِّياط التي تتسبب في تسمم الصدفيات المسبب للشلل (على سبيل المثال، نوعان أو أكثر من دَوَّامِيّات السِّياط الإسكندرانية (Alexandrium))، وتسمم الصدفيات المسبب للإسهال (على سبيل المثال، نوعان أو أكثر من دَوَّامِيّات السِّياط الشرسة الطباع (Dinophysis))، وتسمم الصدفيات العصبي (على سبيل المثال، نوعان أو أكثر من دَوَّامِيّات السِّياط كارينيا (Karenia))، وتسمم الصدفيات ذات التكسين القاتل (Azaspiracid) (على سبيل المثال، دَوَّامِيّات السِّياط الأولية ذات السيقان الغليظة (Protoperidinium crassipes))، والتسمم بالأسماك المدارية (السيكواتيرا) (على سبيل المثال، دَوَّامِيّات السِّياط السمية المنسوبة إلى جزر غامبيي (Gambierdiscus toxic)). ويتسبب جنس واحد من الدياتومات (نوعان أو أكثر من الدياتومات النيتشية الزائفة (Pseudo-nitzschia)) في تسمم الصدفيات المسبب لفقدان الذاكرة (Lelong and others, 2012). وتنتشر العوالق الدقيقة المفرزة للسموم عالميا (Hallegraeff and others, 2004).

5-2 - ملتقمات الأوالي

تنتمي معظم الأوالي الوحيدة الخلِيّة والمُتباينة الاغتذاء إلى فئتي حجم العوالق الحيوانية المتناهية الصغر والدقيقة وهي من الكائنات الملتقمة الرئيسية في الشبكات الغذائية الميكروبية وتمثل صلات هامة بالشبكات الغذائية للأنواع المتعددة الخلايا (Landry and Calbet, 2004؛ و Mitra and others, 2016). ويمكن وصف تنوعها من حيث ثلاث خطط أساسية لأجسامها تحدد على نطاق واسع أدوارها الإيكولوجية هي: الأشكال شبه الأميبية والسياطية والهدبية (Fuhrman and Caron, 2016).

وتوجد المنخربات شبه الأميبية بوفرة أكبر في مناطق التكاثر الربيعي في خطوط العرض العليا، وهي أقل وفرة في الدوامات المائية شبه المدارية (Berger, 1969). وهي من الكائنات المنتجة الرئيسية للأصداف الجيرية التي تترسب في قاع المحيطات (Schiebel and Hemleben, 2005). وتنتشر الشعاعيات في المناطق المضاءة من المناطق المدارية وشبه المدارية في العالم وهي أقل وفرة في مناطق ارتفاع مياه القاع إلى المياه السطحية الساحلية، ومناطق التكاثر الربيعي في خطوط العرض العليا والمناطق القطبية (Caron and Swanberg, 1990).

أما السوطيات المتناهية الصغر المتباينة الاغتذاء فهي أكثر ملتقمات الأوالي وفرة وهي تتحكم في وفرة العوالق البكتيرية (Fenchel, 1982؛ و Massana and Jürgens, 2003). وعلى الرغم من أن السوطيات المتناهية الصغر هي كائنات تتغذى كثيرا على العوالق النباتية المجهرية في الموائل القليلة المغذيات، فإن السوطيات الدقيقة المتباينة الاغتذاء (على سبيل المثال، دَوَّامِيّات السِّياط) يمكن أن تكون ملتقمة هامة للعوالق النباتية الدقيقة، بما في ذلك الدياتومات في فترة التكاثر (Sherr and Sherr, 2007؛ و Calbet, 2008).

وتشير التقديرات إلى أن العوالق الحيوانية الدقيقة (دَوَّامِيّات السِّياط والهدبيات) تتغذى على أكثر من نصف صافي الإنتاج الأولي اليومي للعوالق النباتية على صعيد العالم وتتحكم تحكما تنازليا كبيرا في تكاثر العوالق النباتية في النظم الإيكولوجية بداية من المحيط الجنوبي (Swalethorp and others, 2019) وغرب المحيط المتجمد الشمالي (Sherr and others, 2009)

ووصولا إلى النظم الإيكولوجية الساحلية المعتدلة (Pierce and Turner, 1992).

5-3 - البكتيريا المُتباينة الاغتذاء والعتائق

عادة ما يهيمن عدد قليل من الأنواع الفينية[11] على التجمعات البكتيرية (Yooseph and others, 2010)، والتي تُصنف العشرون الأكثر وفرة منها ضمن واحدة من أربع مجموعات (Amaral-Zettler and others, 2010؛ و Luo and Moran, 2014) هي: المتقلبات-ألفا α-Proteobacteria (SAR 11 البكتيريا الوردية (Rhodobacteraceae)، والمتقلبات-غاما (SAR 86)، والعصوانيات (Bacteroidetes) (نظيرات الصيفرية)، والشعاويات (Actinobacteria)، والمتقلبات-ألفا هي الأكثر وفرة (Lefort and Gasol, 2013؛ و Giovannoni, 2017). وتنزع غزارة الأنواع إلى الانخفاض في المناطق الواقعة قرب القطبين لدى كل من الملكتين الحيوانية والنباتية (Wietz and others, 2010).

وتوجد أربع مجموعات رئيسية من العتائق (المجموعات البحرية من الأولى إلى الرابعة) بوفرة في المحيطات (Church and others, 2003؛ Danovaro and others, 2017. وتعد عتائق المجموعة الأولى من بين الأكثر وفرة والأكثر انتشاراً على نطاق واسع بدءا من المياه القطبية ووصولا إلى المياه المدارية (Karner and others, 2001؛ و Santoro and others, 2019). وعلى الرغم من أن عدد البكتيريا يميل إلى تجاوز عدد العتائق، فإن العتائق تسهم إسهاما كبيرا في الكتلة الأحيائية الميكروبية في المياه العميقة (Danovaro and others, 2015).

5-4 - الفيروسات

تقوم الفيروسات بأدوار هامة في الشبكات الغذائية البحرية وإعادة تدوير المغذيات عن طريق التحكم في وفرة مجموعات الميكروبات وإطلاق المواد العضوية المذابة بواسطة انحلال الخلايا (Rohwer and Thurber, 2009؛ و Sieradzki and others, 2019). وتعد الفيروسات، بما في ذلك الجسيمات الحموية الطليقة، أكثر الكيانات البيولوجية وفرة في المحيطات، وهي تشكل احتياطيا رئيسيا للتنوع الجيني (Suttle, 2007؛ و Simmonds and others, 2017). وغالبية الفيروسات هي ملتهمات للبكتيريا (Coutinho and others, 2017)، وترتبط وفرة هذه الفيروسات بوفرة البكتيريا على نطاق يتراوح بين الإقليمي والعالمي (Fuhrman and Caron, 2016). وتشير تحليلات الجينوميات البيئية إلى أنه توجد آلاف من الجسيمات الحموية المختلفة في بضعة لترات، مع كون أكثر الأنماط الجينية وفرةً ممثلة بنسبة صغيرة نسبياً من التجمع بأكمله (Breitbart and others, 2004؛ و Angly and others, 2006). ومع ذلك، وعلى الرغم من التطورات الأخيرة في علم الجينوميات البيئية مثل هذه، فمن الواضح أن هذا "غيض من فيض" من حيث التنوع البيولوجي الفيروسي (Paez-Espino and others, 2019).

6 - العوالق الحيوانية المتعددة الخلايا

6-1 - الهوائم الحيوانية الدائمة[12]

وصفت الهوائم الحيوانية الدائمة المتعددة الخلايا المنتمية إلى 15 شعبة (Bucklin and others, 2010؛ و Wiebe and others, 2010). وباعتبارها مجموعة، فإنها تظهر أنواع تغذية متنوعة (Kiørboe, 2011)، تتراوح بين مرشّحات الغذاء (على سبيل المثال، مجذافيات الأرجل،

[11] مجموعة من الكائنات التي تتشابه جينياً ويمكن تجميعها على مستويات تصنيفية مختلفة، مثل النوع أو الفصيلة أو الطائفة أو الشعبة.
[12] الأنواع التي تعيش دورة حياتها بأكملها كعوالق.

والقشريات الشبيهة بالقريدس (euphausiids)، والقَمِيصِيّات) والحيوانات المفترسة بنصب الكمائن الساكنة (على سبيل المثال، المشطيات (ctenophores) وبعض جناحيات الأقدام (pteropods)) والحيوانات المفترسة بنصب الكمائن الفعالة (على سبيل المثال، الديدان السهمية (chaetognaths) وبعض مزدوجات الأرجل). وعلى غرار مجموعات أخرى من الحيوانات، يميل تنوع الهوائم الحيوانية الدائمة إلى الانخفاض نحو القطبين (Lindley and Batten, 2002؛ وBurridge and others, 2017). ويميل التنوع أيضا إلى أن يكون أعلى عندما تكون الكتلة الأحيائية منخفضة (على سبيل المثال، الدوامات المائية شبه المدارية) وأدنى عندما تكون الكتلة الأحيائية مرتفعة (على سبيل المثال، مناطق ارتفاع مياه القاع إلى المياه السطحية الساحلية ومناطق التكاثر الربيعي في خطوط العرض العليا) (United Nations, 2017a).

6-1-1 - القشريات

تمثل القشريات قرابة نصف الأنواع المعروفة من الهوائم الحيوانية الدائمة (Verity and Smetacek, 1996؛ United Nations, 2017a). وتشكل مجذافيات الأرجل الأنواع الأكثر وفرة إلى حد بعيد، وتمثل حلقة الوصل الغذائية الرئيسية بين العوالق النباتية والأسماك (مثلا Möllmann and others, 2003؛ و Beaugrand, 2005). وعلى الرغم من أن وفرة مجذافيات الأرجل تكون أعلى عموما في المناطق التي يكون فيها صافي الإنتاج الأولي عاليا موسميا، فإن التنوع البيولوجي يكون أعلى عموماً في مناطق المياه الدافئة حيث يكون صافي الإنتاج الأولي منخفضاً نسبياً (Rombouts and others, 2009؛ و Valdés and others, 2017).

ومع توثيق ما يقرب من 100 نوع (Baker and others, 1990)، تتكاثر القشريات الشبيهة بالقريدس (الكريل) في جميع محيطات العالم، وعلى غرار مجذافيات الأرجل، فهي أكثر وفرة خلال الفترات التي ترتفع فيها إنتاجية العوالق النباتية (Baker and others, 1990). وهي وفيرة بوجه أخص في المحيط الجنوبي، حيث تؤدي دورا حاسما في الشبكة الغذائية، وهي هدف لمصائد الأسماك (Mangel and Nicol, 2000؛ وBoopendranath, 2013).

وثمة قرابة 200 نوع موصوف من الصدفيات العالقة (Angel and others, 2007) وقرابة 300 نوع من مزدوجات الأرجل الهابيرياوية[13] (Vinogradov, 1996؛ وBoltovskoy and others, 2003). وتنزع غزارة أنواع الصدفيات إلى أن تكون أعلى في منطقة طبقة المياه المتوسطة عند خطوط العرض المنخفضة (< 50 درجة شمالا) وفي منطقة طبقة المياه السطحية عند خطوط العرض العليا. وتقضي غالبية الهابيرياويات جزءا على الأقل من دورة حياتها ككائنات متعايشة مع أسماك السالب أو قناديل البحر، أو المشطيات أو السَّحَّاريَّات (Madin and Harbison, 1977؛ و Gasca and Haddock, 2004)، وغزارة أنواعها تبلغ أعلى درجاتها في المناطق التي تكون فيها العوالق الحيوانية الهلامية أكثر وفرة.

6-1-2 - العوالق الحيوانية الهلامية

تشمل هذه المجموعة المتنوعة قناديل البحر[14]، والمشطيات، والديدان السهمية، والقَمِيصِيّات (سمك السالب، وسمك الدوليوليد (doliolids)، والزائديات)، والرخويات (جناحيات الأقدام والقشريات من سلالة الحلزونات (heteropods)) (Alldredge, 1984؛ و Jennings and others, 2010). وتتكيف القَمِيصِيّات جيدا، كمجموعة، مع الحياة في المحيطات القليلة المغذيات حيث تكون في كثير من الأحيان أعلى تنوعا ووفرة من القشريات العالقة (Alldredge and Madin, 1982؛ وMadin and Harbison, 2001). وتكون غزارة الأنواع أعلى لدى قناديل البحر (أكثر من

[13] رتبة بحرية حصرا من مزدوجات الأرجل.

[14] على الرغم من أن قناديل البحر تمر خلال دورة حياتها بمرحلة الزائدات القاعية ثم طور العوالق الهلامية، فإنها تعتبر هائمات دائمية لأن مرحلة التكاثر الجنسي (مرحلة العوالق الهلامية) هي مرحلة ذات صلة بالعوالق.

1 000 نوع) (Purcell and others, 2007؛ Pitt and others, 2018)، تليها الرخويات (250 نوعًا) (Jennings and others, 2010)، فالمشطيات (200 نوع) (Harbison, 1985؛ و Madin and Harbison, 2001)، ثم القَمِيصِيّات (145 نوعا) (Deibel and Lowen, 2012) وأخيرا الديدان السهمية (100 نوع) (Daponte and others, 2004).

6-2 - العوالق المؤقتة

العوالق المؤقتة هي أطوار يرقية للكائنات الناضجة القاعية واليمية (مثل الصدفيات والأسماك) ومن ثمة فهي عوالق مؤقتة. وإسهامها في تنوع العوالق يحدث عرضيا أو موسميا، وتتناقص وفرتها قياسا إلى الهوائم الحيوانية الدائمة مع زيادة العمق والإيغال في خط العرض (Silberberger and others, 2016؛ و Costello and Chaudhary, 2017). ويرتبط توزع وتنوع وخصوبة الكائنات الناضجة التي تمر بطور اليرقة العالقة ارتباطاً وثيقاً بوفرة وتنوع يرقات عوالقها المؤقتة اللذين يؤثران بدورهما في التوزع والتنوع في طور بلوغها سن النضج (Miron and others, 1995؛ و Hughes and others, 2000).

7 - الاتجاهات الموثقة

7-1 - على الصعيد العالمي

لم تكشف بعد دراسة السلاسل الزمنية الساتلية (1998-2015) لليخضور أ في سطح البحر عن اتجاه طويل الأجل لصافي الإنتاج الأولي على نطاق عالمي (Gregg and others, 2017). ومع ذلك، فقد انخفضت الكتلة الأحيائية لدياتومات العوالق الدقيقة مقارنة بالعوالق النباتية المجهرية في معظم المناطق خلال الفترة قيد الاستعراض (Rousseaux and Gregg, 2015؛ و Gregg and others, 2017)، وهو اتجاه يبدو أنه مرتبط بارتفاع درجة حرارة الطبقة العليا للمحيطات، والزيادات في التطبق الرأسي للمياه[15]، والانخفاضات في إمدادات المغذيات المتأتية من أعماق البحار (Daufresne and others, 2009؛ و Basu and Mackey, 2018).

وتشير مقارنة بين حوادث التسمم المعروفة في عام 1970 والحوادث التي لوحظت في عام 2017[16] إلى أن تأثيرات حوادث التسمم على الصحة العامة والاقتصاد ازدادت تواتراً وانتشرت على صعيد العالم (Hallegraeff and others, 2004)، على النحو التالي:

- زاد عدد حوادث تسمم الصدفيات المسبب للشلل التي تعزى إلى دَوَّامِيّات السِّياط من جنسي الدَوَّامِيّات الإسكندرانية التامارنسية (Alexandrium tamarense) والإسكندرانية الكاتينيلية (Alexandrium catenella) من 19 موقعا ساحليا (منها 12 موقعا في أمريكا الشمالية، و4 مواقع في أوروبا الغربية) إلى 118 موقعا ساحليا (منها 26 موقعا في أمريكا الشمالية، و25 موقعا في أوروبا الغربية، و36 موقعا في غرب المحيط الهادئ، و9 مواقع في أستراليا ونيوزيلندا، و7 مواقع في أمريكا الجنوبية، و7 مواقع في أفريقيا، و4 مواقع في الهند).
- زاد عدد حوادث تسمم الصدفيات المسبب للإسهال الذي يعزى إلى نوعين أو أكثر من دَوَّامِيّات السِّياط الشرسة الطباع من 15 موقعا ساحليا (منها 13 موقعا في أوروبا الغربية) إلى 71 موقعا ساحليا (8 مواقع في أمريكا الشمالية، و37 موقعا في أوروبا

[15] يحدث التطبق الرأسي في عمود الماء عندما يتكون جسم ماء أقل كثافة (بسبب ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاض الملوحة أو كليهما) على المياه الأكثر عمقاً وكثافة. وتحد هذه العملية من الاختلاط بين طبقة التجانس السطحي وأعماق المحيط السحيقة.

[16] United States National Office for Harmful Algal Blooms, "Distribution of HABs throughout the World". وهو متاح على الرابط التالي: www.whoi.edu/website/redtide/regions/world-distribution.

الغربية، و9 مواقع في أمريكا الجنوبية، و7 مواقع في أستراليا ونيوزيلندا، و6 مواقع في اليابان، و4 مواقع في الهند).

- زاد عدد حوادث تسمم الصدفيات المسبب لفقدان الذاكرة التي تعزى إلى نوعين أو أكثر من الدياتومات النيتشية الزائفة من موقع ساحلي واحد في أمريكا الشمالية إلى 31 موقعا ساحليا (منها 12 موقعا في أمريكا الشمالية، و9 مواقع في أوروبا الغربية، و9 مواقع في أستراليا ونيوزيلندا).

وفي حين هناك ما يدعو للاشتباه في أن الآثار المتضافرة للزيادات في فرط المغذيات في المناطق الساحلية، ودرجة حرارة سطح البحر، والتطبق الرأسي للمياه قد تشجع نمو دَوَّامِيّات السِّياط، فإن الأسباب الكامنة وراء هذه الاتجاهات تبقى مجرد تخمينات (Wells and others, 2015).

ويؤثر احترار الطبقة العليا للمحيطات في الجغرافيا الأحيائية لأنواع العوالق وجوانبها الفينولوجية (Hays and others, 2005؛ و Thackeray and others, 2010؛ و Mackas and others, 2012). وفي المتوسط، تقدمت ذروات الربيع الموسمية في الكتلة الأحيائية بمقدار 4,4 أيام في العقد، في ظل خطأ معياري قدره 0,7 يوم، واتسع نطاق الحواف المتقدمة لتوزيع الأنواع باتجاه القطب بمقدار 72 كيلومترا في العقد (1920–2010) (Hoegh-Guldberg and others, 2014). وفي حين أن الهوائم الحيوانية الدائمة تظهر تحولات كبيرة من حيث الجغرافيا الأحيائية والفينولوجيا كليهما بفعل ارتفاع درجة حرارة الطبقة العليا للمحيطات، فإن العوالق المؤقتة تظهر تحولات ضئيلة نسبيا في الانتشار ولكنها تظهر تغيرات أكبر في جانب الفينولوجيا (Edwards and Richardson , 2004)، وهي تغيرات من المرجح أن يكون لها آثار مرتدة على وفرة العوالق التي تبلغ سن النضج.

7-2 - مناطق الجليد البحري القطبي

7-2-1 - المحيط الجنوبي

لم يُوثق اتجاه كبير عبر السنين لصافي الإنتاج الأولي في المحيط الجنوبي بكامله (Arrigo and others, 2008). ومع ذلك، فإن الاتجاهات المتعارضة لصافي الإنتاج الأولي في بحر روس (المتزايد) وشبه جزيرة غرب أنتاركتيكا (المتناقص) تزامنت مع زيادات (بحر روس) وانخفاضات (شبه جزيرة غرب أنتاركتيكا) في مساحة الجليد البحري[17] (Montes-Hugo and others, 2009؛ و Ducklow and others, 2013). وارتبط الانخفاض في صافي الإنتاج الأولي بتحول في طيف أحجام العوالق النباتية انطلاقا من تجمعات (الدياتومات) التي تهيمن عليها العوالق الدقيقة ووصولا إلى العوالق المتناهية الصغر وحقيقيات النوى المجهرية مع ارتفاع درجة حرارة سطح البحر (Moline and others, 2004؛ و Montes-Hugo and others, 2009). وتبين أيضا أن الاحترار والتحول إلى العوالق النباتية الأصغر يرتبط بامتداد نطاقي للعوالق الإميليانية الهكسلية من المنطقة المحيطة بأنتاركتيكا في المحيط الجنوبي إلى منطقة الجليد البحري القطبي (Cubillos and others, 2007).

ويبدو أيضا أن التباينات عبر السنين في مساحة الجليد البحري قبالة شبه جزيرة أنتاركتيكا تنعكس في الوفرة النسبية لنوعين من الكائنات الملتقمة المهيمنة وهما: الكريل (من جنس Euphausia superba) وأسماك السالب (من جنس Salpa thompsoni). فتزايد رصيد الكريل، الذي يعتمد على بقاء يرقات الكريل خلال فصل الشتاء، هو معيار الأعداد الذي سيتغير بفعل تغير المناخ (Flores and others, 2012). وقد عُثر على أن الكريل (من جنس E. superba) أكثر وفرة بعد فصول الشتاء ذات الغطاء الجليدي البحري الممتد بينما تكون أسماك السالب أكثر وفرة عقب فصل الشتاء عندما تكون المساحة الجغرافية للجليد البحري منخفضة نسبيا

[17] انظر Michon Scott and Kathryn Hansen, "Sea ice", Earth Observatory, 16 September 2016.

(Loeb and others, 1997). وهكذا، ففي حين ربما تكون أعداد الكريل عانت من تناقص مساحة الجليد البحري، يبدو أن أسماك السالب استفادت من ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية خلال القرن العشرين (Loeb and Santora 2012). فالانخفاض الملحوظ في مساحة الجليد البحري ينذر بتحول طويل الأجل من شبكة غذائية يهيمن عليها الكريل (من جنس E. superba) إلى شبكة تهيمن عليها أسماك السالب مع آثار متداعية غير معروفة على وفرة الحيوانات المفترسة الفقارية (Henschke and others, 2016).

7-2-2 - المحيط المتجمد الشمالي

يمرّ المحيط المتجمد الشمالي بمرحلة انتقالية سيصبح إثرها أكثر دفئاً (راجع، Buchholz and others, 2010). وعلى عكس أنتاركتيكا، تقلصت مساحة الجليد البحري (2015-1998) في جميع نطاقات القطب الشمالي بفعل زيادة درجات حرارة سطح البحر (Kahru and others, 2016)، وهو اتجاه يرتبط بزيادات في صافي الإنتاج الأولي (Arrigo and van Dijken, 2011؛ و Hill and others, 2017)، وبزيادات في الكتلة الأحيائية لحقيقيات النوى المجهرية على حساب دياتومات العوالق الدقيقة بسبب زيادة تطبق مياه العمود المائي (Li and others, 2009).

وكما هو الحال في المياه الساحلية لشبه جزيرة غرب أنتاركتيكا ، يمثل الكريل فريسة هامة لعدد من الأنواع بما في ذلك أسماك الهف. وفي الفترتين من عام 1984 إلى عام 1992 ومن عام 2007 إلى عام 2015، ازدادت وفرة الكريل في جنوب غرب بحر بارنتس ووسطه، على الرغم من إقبال أسماك الهف على التهامه بكثرة، ربما نتيجة لارتفاع درجات الحرارة، وحمل حركة التيار للكريل بقوة أكبر إلى بحر بارنتس (Slagstad and others, 2011)، والزيادة في صافي الإنتاج الأولي للعوالق النباتية (Dalpadado and others, 2014). وقد أثر الاحترار أيضا على الوفرة النسبية لأنواع الكريل مع زيادة الأنواع الشمالية من جنس Meganyctiphanes norvegica وتناقص أنواع المياه الباردة من جنس Thysanoeassa raschii (Rasmussen, 2018).

7-3 - منطقة التكاثر الربيعي في خطوط العرض العليا لشمال المحيط الأطلسي

في مياه منطقة التكاثر الربيعي في خطوط العرض العليا لشمال المحيط الأطلسي الغنية بالمغذيات موسميا، يتضافر الاحترار في الطبقة العليا للمحيطات مع تكوّن طبقة تغير الكثافة[18] الموسمية في وقت أبكر لزيادة طول موسم التكاثر وتوافر أشعة الشمس. ونتيجة لذلك، ما فتئ صافي الإنتاج الأولي يتزايد في العقود الأخيرة (2010-1979) (Dalpadado and others, 2014؛ و Raitsos and others, 2014)، وهو اتجاه اقترن بزيادات في حقيقيات النوى المجهرية والطحالب النباتية الصدفية مقارنة بالدياتومات (Li and others, 2009)، وانخفاض في متوسط حجم العوالق النباتية والعوالق الحيوانية، وزيادة في التنوع البيولوجي لتجمعات العوالق (Hoegh-Guldberg and Bruno, 2010؛ و Edwards and others, 2013).

وقد وُثقت توسعات نطاقية لأنواع العوالق باتجاه القطب بفعل احترار الطبقة العليا للمحيطات (Poloczanska and others, 2013) ولا سيما في شمال المحيط الأطلسي، وهذه العوالق هي: العوالق الإميليانية الهكسلية في بحر بارنتس (Smyth and others, 2004)؛ والعوالق من جنس Calanus helgolandicus التي تحل محل العوالق من جنس C. finmarchicus في بحر الشمال (Edwards and others, 2013)؛ وتوسّع باتجاه القطب في نطاقات أنواع العوالق المتكلسة (المنخربات والطحالب النباتية

[18] طبقة تغير الكثافة هي منطقة رأسية تفصل زيادة الكثافة فوقها طبقة سطحية من الكثافة المنخفضة نسبيًا عن طبقة أعمق من الكثافة العالية نسبيًا. وتبدأ طبقة تغير الكثافة الموسمية في التشكل في منطقة التكاثر الربيعي في خطوط العرض العليا لشمال المحيط الأطلسي حين تبدأ التدفئة الشمسية في تدفئة الطبقة السطحية خلال أواخر فصل الشتاء وأوائل فصل الربيع، وهي عملية تزيد من توافر الطاقة الشمسية لعملية التمثيل الضوئي.

الصدفية وجناحيات الأقدام) (Beaugrand and others, 2013؛ وWinter and others, 2014).

وتتغير أيضا المظاهر الفينولوجية[19] للعوالق النباتية والعوالق الحيوانية بفعل الاحترار في الطبقة العليا للمحيطات (1958–2002). فعلى سبيل المثال، في الفترة من عام 1958 إلى عام 2002، بدأت الوفرة الموسمية لمجدافيات الأرجل من جنس Calanus finmarchicus في شمال المحيط الأطلسي تبلغ ذروتها في وقت أبكر من السنة، بحيث أنه، بحلول نهاية القرن، بدأت هذه الوفرة تبلغ ذروتها قبل 10 أيام تقريبًا في السنة مقارنة بالسابق، بينما يبلغ غذاؤها (دياتومات العوالق الدقيقة ودَوَّامِيّات السِّياط) ذروته قبل 30 يومًا تقريبًا (Edwards and Richardson, 2004). وبالمثل، فإن تكاثر الدياتومات في بحر الشمال يحدث في وقت أبكر من السنة قياسا إلى بلوغ الكائنات الملتقمة للعوالق الحيوانية الكبيرة ذروة وفرتها (Hays and others, 2005). ووثّق مثل هذا الانفصال في المستويات الغذائية في بحر البلطيق حيث ازدادت فترة موسم التكاثر طولا خلال الفترة من عام 1988 إلى عام 2017 بمعدل 4,5 أيام في السنة، مما أدى إلى وقوع التكاثر الربيعي في وقت أبكر، وإطالة فترة الحد الأدنى للكتلة الأحيائية في الصيف، وتأخر وزيادة إطالة التكاثر الخريفي (Wasmund and others, 2019).

7-4 - مناطق ارتفاع مياه القاع إلى السطح

ما فتئ توالد الدياتومات يزداد (1996–2011) في أنظمة المجرى الصاعد في الحافة الشرقية (Kahru and others, 2012)، بينما ارتفع صافي الإنتاج الأولي في المنطقة الاستوائية التي ترتفع فيها مياه القاع إلى السطح في المحيط الهادئ (Chavez and others, 2011)، على ما يبدو بسبب الزيادات في ارتفاع مياه القاع إلى السطح (Tim and others, 2016). ومع ذلك، فإن تحمض المحيطات في أنظمة المجرى الصاعد الساحلية يثبت أنه يتسبب في تآكل أصداف جناحيات الأقدام (من جنس Limacina helicina) (Bednaršek and others, 2014). ومع تدهور ملاءمة الموئل لجناحيات الأقدام، يرجح أن تتأثر الشبكات الغذائية للأنواع المتعددة الخلايا (Bednaršek and others, 2012؛ و Lischka and others, 2011)، ويرجح أن تكون لتحمض المحيطات تأثيرات مماثلة على المحيط الجنوبي والمحيط المتجمد الشمالي (Comeau and others, 2009؛ و Negrete-García and others, 2019).

7-5 - الدوامات المائية شبه المدارية

وُثِّق اتجاه تنازلي كبير في اليخضور أ (1998–2013) يعزى أساسا إلى انخفاض الدياتومات والطحالب الخضراء (Gregg and others, 2017)، وذلك في جميع الدوامات المائية، ما عدا في جنوب المحيط الهادئ (Signorini and others, 2015). وكانت معدلات الانخفاض أعلى في نصف الكرة الشمالي وأدنى في جنوب المحيط الأطلسي والمحيط الهندي، وهي اتجاهات تتوافق مع توسعات الدوامات في المحيط الأطلسي وشمال المحيط الهادئ (Polovina and others, 2008).

ولوحظت اتجاهات تنازلية في صافي الإنتاج الأولي في جميع الدوامات الخمس التي تزامنت مع احترار الطبقة العليا للمحيطات وانخفاض حجم خلايا العوالق النباتية (Polovina and Woodworth, 2012). وهذا الانخفاض يتسق مع الزيادات الملحوظة في الوفرة النسبية للعوالق المجهرية من جنس البكتيريا اليخضورية (Prochlorococcus) والمتعاقبة الحبيبية (Synechococcus) (Flombaum and others, 2013؛ و Agusti and others, 2019)، وهي اتجاهات تعكس على الأرجح كلا من زيادة درجات الحرارة (Daufresne and others, 2009؛ و Morán and others, 2010) وانخفاض إمدادات المغذيات إذ تصبح المنطقة المضاءة منعزلة أكثر عن المياه العميقة الغنية بالمغذيات (Marañón and others, 201؛ و Sommer and others, 2016).

[19] تشير الفينولوجيا إلى توقيت الأحداث البيولوجية في حياة النباتات والحيوانات (مثل التكاثر والهجرة) في علاقتها بالتغيرات في المواسم والمناخ.

8 - آفاق المستقبل

من المتوقع أن يستمر تغير المناخ خلال القرن الحادي والعشرين في إحداث تغيرات في الطبقة العليا للمحيطات تؤثر على تنوع تجمعات العوالق وإنتاجيتها على النطاقين الإقليمي والعالمي. وتشمل هذه التغيرات اتساع رقعة الدوامات المائية شبه المدارية (Polovina and others, 2011)، واحترار المحيطات وتحمضها، وانخفاض الملوحة، وزيادة التطبق الرأسي للمياه، وانخفاض إمدادات المغذيات غير العضوية إلى المنطقة المضاءة في المحيط المفتوح (Bopp and others, 2013). وتشمل الاستجابات البيولوجية المتوقعة لهذه التغيرات على النطاق العالمي ما يلي:

(أ) من المرجح أن ينخفض صافي الإنتاج الأولي وأن تزيد الوفرة النسبية للعوالق النباتية المجهرية (Daufresne and others, 2009؛ Morán and others, 2010) على حساب دياتومات العوالق الدقيقة (Bopp and others, 2005؛ و Moore and others, 2018)؛

(ب) من المرجح أن تعم هذه الاتجاهات عبر الشبكات الغذائية بما يؤدي إلى انخفاض في قدرة المحيطات على استيعاب مصائد الأسماك (Worm and others, 2006؛ و Chust and others, 2014) وفي قدرتها على احتجاز الكربون عن طريق المضخة البيولوجية (Boyd, 2015)؛

(ج) قد يعزز توسع الدوامات المائية شبه المدارية الزيادات في تثبيت النيتروجين (Boatman and others, 2017؛ و Follett and others, 2018)، وهو اتجاه يمكن أن يزيد من اضطراب دورة النيتروجين العالمية (Jiang and others, 2018)؛

(د) ستكون الشبكات الغذائية للعوالق في المحيطين القطبيين والمناطق الساحلية التي ترتفع فيها مياه القاع إلى المياه السطحية الأكثر تأثراً بتحمض المحيطات بسبب ارتفاع قابلية ثاني أكسيد الكربون للذوبان في المياه الباردة (Bednaršek and others, 2014؛ و Gardner and others, 2018).

ومن المتوقع أن تحدث استثناءات إقليمية خلال القرن الحادي والعشرين في منطقة الدوامات المائية شبه المدارية باتجاه القطب نتيجة للتغيرات البيئية في المنطقة المضاءة، بما في ذلك حدوث زيادات في توافر أشعة الشمس مع زيادة ضحالة طبقة التجانس السطحي في البيئات الغنية بالمغذيات (بما يعزز الزيادات في صافي الإنتاج الأولي)، وحدوث زيادة في درجة حرارتها، وحدوث انخفاض في ملوحتها (بما يعزز نمو العوالق النباتية الصغيرة) (Tréguer and others, 2018). ومن الأمثلة البارزة على ذلك ما يلي:

(أ) الزيادة في صافي الإنتاج الأولي والانخفاض في حجم العوالق النباتية في المحيط المتجمد الشمالي (Mueter and others, 2009؛ وKahru and others, 2011؛ وDalpadado and others, 2014)؛

(ب) الزيادة في صافي الإنتاج الأولي، والإنتاج التصديري للدياتومات ووفرتها خلال النصف الأول من القرن في منطقة الجليد البحري القطبي في أنتاركتيكا (Bopp and others, 2001؛ و Kaufman and others, 2017؛ و Moore and others, 2018)؛

(ج) توسّع نطاق انتشار العوالق الإميليانية الهكسلية في المحيطين القطبيين (Winter and others, 2014)، وزيادة تواتر فترات تكاثر الطحالب النباتية الصدفية في مناطق التكاثر الربيعي في خطوط العرض العليا (Bopp and others, 2013؛ و Rivero-Calle and others, 2015)؛

(د) الزيادة في صافي الإنتاج الأولي والانخفاض في الوفرة النسبية للدياتومات في منطقة التكاثر في خطوط العرض العليا في شمال المحيط الأطلسي (Bopp and others, 2005, 2013؛ و Sundby and others, 2016).

إن توقعات الاتجاهات المستقبلية لصافي الإنتاج الأولي في مناطق ارتفاع مياه القاع إلى المياه السطحية الساحلية غير مضمونة نظرا للشكوك التي تحوم حول ما سيؤول إليه التفاعل بين ازدياد هبوب الرياح المواتية لارتفاع مياه القاع إلى السطح (الزيادات في ارتفاع مياه القاع إلى السطح، وصافي الإنتاج الأولي، والوفرة النسبية للدياتومات) وارتفاع حرارة الطبقة العليا للمحيطات (الانخفاضات في ارتفاع مياه القاع إلى السطح، وصافي الإنتاج الأولي، والوفرة النسبية للدياتومات) (Chavez and others, 2011؛ و García-Reyes and others, 2015).

وفي هذا السياق، يجب التأكيد على أن هذا التحليل لآثار تغير المناخ على مجتمعات العوالق لا يأخذ في الاعتبار التكيف عبر الأجيال مع التغيرات التي تحدث بفعل المناخ في بيئة الطبقة العليا للمحيطات (مثلا Schlüter and others, 2014؛ و Thor and Dupont, 2015).

المراجع

Acevedo-Trejos, Esteban, and others (2018). Phytoplankton size diversity and ecosystem function relationships across oceanic regions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 285, No. 1879, pp. 20180621.

Agusti, Susana, and others (2019). Projected changes in photosynthetic picoplankton in a warmer subtropical ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 506.

Alldredge, A.L., and L.P. Madin (1982). Pelagic tunicates: unique herbivores in the marine plankton. *Bioscience*, vol. 32, No. 8, pp. 655–663.

Alldredge, Alice L. (1984). The quantitative significance of gelatinous zooplankton as pelagic consumers. In *Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems*, pp. 407–433. Boston, MA: Springer.

Amaral-Zettler, Linda, and others (2010). A global census of marine microbes. *Life in the World's Oceans: Diversity, Distribution and Abundance*, pp. 223–245.

Angel, Martin V., and others (2007). Changes in the composition of planktonic ostracod populations across a range of latitudes in the North-east Atlantic. *Progress in Oceanography*, vol. 73, No. 1, pp. 60–78.

Angly, Florent E., and others (2006). The marine viromes of four oceanic regions. *PLoS Biology*, vol. 4, No. 11, e368.

Appeltans, Ward, and others (2012). The magnitude of global marine species diversity. *Current Biology*, vol. 22, No. 23, pp. 2189–2202.

Arrigo, Kevin R., and Gert L. van Dijken (2011). Secular trends in Arctic Ocean net primary production. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 116, No.C 9.

Arrigo, Kevin R., and others (2008). Primary production in the Southern Ocean, 1997–2006. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 113, No.C 8.

Azam, Farooq, and Francesca Malfatti (2007). Microbial structuring of marine ecosystems. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 5, pp. 782–791.

Baker, A. de C., and others (1990). A practical guide to the euphausiids of the world. *British Museum (Natural History)*, vol. 96.

Balch, William M., and others (2016). Factors regulating the Great Calcite Belt in the Southern Ocean and its biogeochemical significance. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 30, No. 8, pp. 1124–1144.

Bar-On, Yinon M., and others (2018). The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 25, pp. 6506–6511.

Basu, Samarpita, and Katherine R. M. Mackey (2018). Phytoplankton as key mediators of the biological carbon pump: Their responses to a changing climate. *Sustainability*, vol. 10, No. 3.

Batten, Sonia D., and others (2019). A global plankton diversity monitoring program. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 321.

Beaugrand, Grégory (2005). Monitoring pelagic ecosystems using plankton indicators. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 62, No. 3, pp. 333–338.

Beaugrand, Gregory, and others (2013). Long-term responses of North Atlantic calcifying plankton to climate change. *Nature Climate Change*, vol. 3, pp. 263–267.

Bednaršek, N., and others (2012). Extensive dissolution of live pteropods in the Southern Ocean. *Nature Geoscience*, vol. 5, No. 12, pp. 881–885.

Bednaršek, N., and others (2014). *Limacina helicina* shell dissolution as an indicator of declining habitat suitability owing to ocean acidification in the California Current Ecosystem. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281, No. 1785, 20140123.

Behrenfeld, M.J., and others. 2006. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, vol. 444, pp. 752–755. https://doi.org/10.1038/nature05317.

Benavides M., and others (2018). Deep into oceanic N_2 fixation. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 108. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00108.

Berger, Wolfgang H. (1969). Ecologic patterns of living planktonic foraminifera. In *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, vol. 16: pp. 1–24. Elsevier.

Blanchard, Julia L., and others (2012). Potential consequences of climate change for primary production and fish production in large marine ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 367, No. 1605, pp. 2979–2989.

Boatman, Tobias G., and others (2017). A key marine diazotroph in a changing ocean: the interacting effects of temperature, CO_2 and light on the growth of *Trichodesmium erythraeum* IMS101. *PLoS One*, vol. 12, No. 1, e0168796.

Boltovskoy, Demetrio, and others (2003). Marine zooplanktonic diversity: a view from the South Atlantic. *Oceanologica Acta*, vol. 25, No. 5, pp. 271–278.

Boopendranath, M.R. (2013). Antarctic krill–A keystone species of Antarctica. *Science India*, vol. 16, pp. 4–10.

Bopp, Laurent, and others (2001). Potential impact of climate change on marine export production. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 15, No. 1, pp. 81–99.

Bopp, Laurent, and others (2005). Response of diatoms distribution to global warming and potential implications: A global model study. *Geophysical Research Letters*, vol. 32, No. 19.

Bopp, Laurent, and others (2013). Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models. *Biogeosciences*, vol. 10, pp. 6225–6245.

Boyce, Daniel G., and others (2015). Spatial patterns and predictors of trophic control in marine ecosystems. *Ecology Letters*, vol. 18, No. 10, pp. 1001–1011.

Boyd, Philip W. (2015). Toward quantifying the response of the oceans' biological pump to climate change. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 77.

Breitbart, Mya, and others (2004). Diversity and population structure of a near-shore marine-sediment viral community. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, vol. 271, No. 1539, pp. 565–574.

Breitbarth, Eike, and others (2007). Physiological constraints on the global distribution of *Trichodesmium*? Effect of temperature on diazotrophy. *Biogeosciences*, vol. 4, No. 1, pp. 53–61.

Brown, Christopher W., and James A. Yoder (1994). Coccolithophorid blooms in the global ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 99, No.C 4, pp. 7467–7482.

Buchholz, Friedrich, and others (2010). Ten years after: krill as indicator of changes in the macro-zooplankton communities of two Arctic fjords. *Polar Biology*, vol. 33, No. 1, pp. 101–113.

Bucklin, Ann, and others (2010). A census of zooplankton of the global ocean. *Life in the World's Oceans: Diversity, Distribution, and Abundance, Edited by: McIntyre, A*247–265.

Bucklin, Ann, and others (2016). Metabarcoding of marine zooplankton: prospects, progress and pitfalls. *Journal of Plankton Research*, vol. 38, No. 3, pp. 393–400.

Buitenhuis, Erik Theodoor, and others (2012). Picophytoplankton biomass distribution in the global ocean. *Earth System Science Data*, vol. 4, No. 1, pp. 37–46.

Bullock, Hannah A., and others (2017). Evolution of dimethylsulfoniopropionate metabolism in marine phytoplankton and bacteria. *Frontiers in Microbiology*, vol. 8, art. 637.

Burridge, Alice K., and others (2017). Diversity and distribution of hyperiid amphipods along a latitudinal transect in the Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*, vol. 158, pp. 224–235.

Calbet, Albert (2008). The trophic roles of microzooplankton in marine systems. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 65, No3, pp. 325–331.

Canonico, Gabrielle, and others (2019). Global observational needs and resources for marine biodiversity. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 367.

Caron, David A. (2016). Mixotrophy stirs up our understanding of marine food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, No. 11, pp. 2806–2808.

Caron, David A., and N. R. Swanberg (1990). The ecology of planktonic sarcodines. *Reviews in Aquatic Sciences*, vol. 3, pp. 147–80.

Chavez, Francisco P., and others (2011). Marine primary production in relation to climate variability and change. *Annual Review of Marine Science*, vol. 3, pp. 227–260.

Chisholm, Sallie W. (1992). Phytoplankton Size. In *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*, eds. Paul G. Falkowski, Avril D. Woodhead, and Katherine Vivirito, pp. 213–237. Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0762-2_12.

Chisholm, Sallie W. (2017). *Prochlorococcus. Current Biology*, vol. 27, No. 11, pp. R447–R448.

Church, Matthew J., and others (2003). Abundance and distribution of planktonic Archaea and Bacteria in the waters west of the Antarctic Peninsula. *Limnology and Oceanography*, vol. 48, No. 5, pp. 1893–1902.

Chust, Guillem, and others (2014). Biomass changes and trophic amplification of plankton in a warmer ocean. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 7, pp. 2124–2139.

Comeau, S., and others (2009). Impact of ocean acidification on a key Arctic pelagic mollusc (*Limacina helicina*). *Biogeosciences*, vol. 6, No. 9, pp. 1877–1882.

Costello, Mark J., and Chhaya Chaudhary (2017). Marine biodiversity, biogeography, deep-sea gradients, and conservation. *Current Biology*, vol. 27, No. 11, pp. R511–R527.

Coutinho, Felipe H., and others (2017). Marine viruses discovered via metagenomics shed light on viral strategies throughout the oceans. *Nature Communications*, vol. 8, art. 15955.

Cubillos, J.C., and others (2007). Calcification morphotypes of the coccolithophorid *Emiliania huxleyi* in the Southern Ocean: changes in 2001 to 2006 compared to historical data. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 348, pp. 47–54.

Dalpadado, Padmini, and others (2014). Productivity in the Barents Sea–response to recent climate variability. *PloS One*, vol. 9, No. 5, e95273.

Danovaro, R., and others (2015). Towards a better quantitative assessment of the relevance of deep–sea viruses, Bacteria and Archaea in the functioning of the ocean seafloor. *Aquatic Microbial Ecology*, vol. 75, No. 1, pp. 81–90.

Danovaro, Roberto, and others (2017). Marine archaea and archaeal viruses under global change. *F1000Research*, vol. 6.

Daponte, M.C., and others (2004). Sagitta friderici Ritter–Záhony (Chaetognatha) from South Atlantic waters: abundance, population structure, and life cycle. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 61, No. 4, pp. 680–686.

Daufresne, Martin, and others (2009). Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, No. 31, pp. 12788–12793.

Delong, E.F. (2009) The microbial ocean from genomes to biomes. *Nature*, vol. 459, pp. 200–206.

Deibel, Don, and Ben Lowen (2012). A review of the life cycles and life–history adaptations of pelagic tunicates to environmental conditions. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 69, No. 3, pp. 358–369.

Del Giorgio, Paul A., and Carlos M. Duarte (2002). Respiration in the open ocean. *Nature*, vol. 420, pp. 379–384.

Delmont, Tom O., and others (2018). Nitrogen–fixing populations of Planctomycetes and Proteobacteria are abundant in surface ocean metagenomes. *Nature Microbiology*, vol. 3, No. 7, pp. 804–813.

De Vargas, Colomban, and others (2015). Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean. *Science*, vol. 348, No. 6237.

Ducklow, Hugh W., and others (2013). West Antarctic Peninsula: an ice–dependent coastal marine ecosystem in transition. *Oceanography*, vol. 26, No. 3, pp. 190–203.

Edwards, Martin, and others (2013). Impacts of climate change on plankton. *MCCIP Science Review*, vol. 2013, pp. 98–112.

Edwards, Martin, and Anthony J. Richardson (2004). Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature*, vol. 430, pp. 881–884.

Fenchel, T. (1982). Ecology of heterotrophic microflagellates. IV. Quantitative occurrence and importance as bacterial consumers. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 9, pp. 35–42.

Fenchel, Tom (1988). Marine plankton food chains. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 19, No. 1, pp. 19–38.

Field, Christopher B., and others (1998). Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, vol. 281, No. 5374, pp. 237–240.

Flombaum, Pedro, and others (2013). Present and future global distributions of the marine Cyanobacteria *Prochlorococcus* and *Synechococcus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 24, pp. 9824–9829.

Flores, Hauke, and others (2012). Impact of climate change on Antarctic krill. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 458, pp. 1–19.

Follett, Christopher L., and others (2018). Seasonal resource conditions favor a summertime increase in North Pacific diatom–diazotroph associations. *The ISME Journal*, vol. 12, pp. 1543–1557.

Follows, Michael J., and others (2007). Emergent biogeography of microbial communities in a model ocean. *Science*, vol. 315, No. 5820, pp. 1843–1846.

Fuhrman, Jed A., and David A. Caron (2016). Heterotrophic planktonic microbes: virus, bacteria, archaea, and protozoa. In *Manual of Environmental Microbiology, Fourth Edition*, pp. 4–2. American Society of Microbiology.

Galloway, James N., and others (2004). Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry*, vol. 70, No. 2, pp. 153–226.

García-Reyes, Marisol, and others (2015). Under pressure: climate change, upwelling, and eastern boundary upwelling ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 109.

Gardner, Jessie, and others (2018). Southern Ocean pteropods at risk from ocean warming and acidification. *Marine Biology*, vol. 165, art. 8.

Gasca, Rebeca, and Steven H.D. Haddock (2004). Associations between gelatinous zooplankton and hyperiid amphipods (Crustacea: Peracarida) in the Gulf of California. *Hydrobiologia*, vol. 530, Nos. 1–3, pp. 529–535.

Gasol, Josep M., and others (1997). Biomass distribution in marine planktonic communities. *Limnology and Oceanography*, vol. 42, No. 6, pp. 1353–1363.

Giovannoni, Stephen J. (2017). SAR11 bacteria: the most abundant plankton in the oceans. *Annual Review of Marine Science*, vol. 9, pp. 231–255.

Glibert, Patricia M., and others (2008). *Prorocentrum* minimum tracks anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs on a global basis: application of spatially explicit nutrient export models. *Harmful Algae*, vol. 8, No. 1, pp. 33–38.

Goetze, Erica (2010). Species discovery in marine planktonic invertebrates through global molecular screening. *Molecular Ecology*, vol. 19, No. 5, pp. 952–967.

Gregg, Watson W., and others (2017). Global trends in ocean phytoplankton: a new assessment using revised ocean colour data. *Remote Sensing Letters*, vol. 8, pp. 1102–1111.

Gruber, Nicolas (2004). The dynamics of the marine nitrogen cycle and its influence on atmospheric CO_2 variations. In *The Ocean Carbon Cycle and Climate*, pp. 97–148. Springer.

_____ (2019). A diagnosis for marine nitrogen fixation. *Nature*, vol. 566, pp. 191–193.

Hallegraeff, Gustaaf M., and others (2004). *Manual on Harmful Marine Microalgae*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Harbison, G.R. (1985). On the classification and evolution of the Ctenophora. In *The Origins and Relationships of Lower Invertebrates*, pp. 78–100.

Harvey, Julio B.J., and others (2017). Comparison of morphological and next generation DNA sequencing methods for assessing zooplankton assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 487, pp. 113–126.

Hays, Graeme C., and others (2005). Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 20, No. 6, pp. 337–344.

Henschke, Natasha, and others (2016). Rethinking the role of salps in the ocean. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 31, No. 9, pp. 720–733.

Hill, Victoria, and others (2017). Decadal trends in phytoplankton production in the Pacific Arctic Region from 1950 to 2012. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 152, pp. 82–94.

Hoegh-Guldberg, Ove, and John F. Bruno (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, vol. 328, No. 5985, pp. 1523–1528.

Hoegh-Guldberg, Ove, and others (2014): The Ocean. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Barros, V.R., and others (eds.) (Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, United States), pp. 1655–1731.

Hoegh-Guldberg, Ove, and Elvira S. Poloczanska (2017). The Effect of Climate Change across Ocean Regions. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 361.

Honjo, Susumu, and others (2014). Understanding the role of the biological pump in the global carbon cycle: an imperative for ocean science. *Oceanography*, vol. 27, No. 3, pp. 10–16.

Hughes, T.P., and others (2000). Supply-side ecology works both ways: the link between benthic adults, fecundity, and larval recruits. *Ecology*, vol. 81, No. 8, pp. 2241–2249.

Iglesias-Rodríguez, M. Débora, and others (2002). Representing key phytoplankton functional groups in ocean carbon cycle models: Coccolithophorids. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 16, No. 4, pp. 47–1.

Jennings, Robert M., and others (2010). Species diversity of planktonic gastropods (Pteropoda and Heteropoda) from six ocean regions based on DNA barcode analysis. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 57, Nos. 24–26, pp. 2199–2210.

Jiang, Hai-Bo, and others (2018). Ocean warming alleviates iron limitation of marine nitrogen fixation. *Nature Climate Change*, vol. 8, pp. 709–712.

Kahru, M., and others (2011). Are phytoplankton blooms occurring earlier in the Arctic? *Global Change Biology*, vol. 17, No. 4, pp. 1733–1739.

Kahru, M., and others (2012). Trends in the surface chlorophyll of the California Current: Merging data from multiple ocean color satellites. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 77, pp. 89–98.

Kahru, M., and others (2016). Effects of sea ice cover on satellite-detected primary production in the Arctic Ocean. *Biology Letters*, vol. 12, No. 11, 20160223.

Karl, D.M., and others (2002). Dinitrogen fixation in the World's oceans. *Biogeochemistry*, vols.57–58, pp. 47–98. https://doi.org/10.1023/A:1015798105851.

Karner, Markus B., and others (2001). Archaeal dominance in the mesopelagic zone of the Pacific Ocean. *Nature*, vol. 409, pp. 507–510.

Kaufman, Daniel E., and others (2017). Climate change impacts on southern Ross Sea phytoplankton composition, productivity, and export. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 122, No. 3, pp. 2339–2359.

Keller, Maureen D., and others (1989). Dimethyl sulfide production in marine phytoplankton: The Importance of Species Composition and Cell Size. *Biological Oceanography*, vol. 6, Nos. 5–6, pp. 75–382.

Kent, Alyssa G., and others (2016). Global biogeography of *Prochlorococcus* genome diversity in the surface ocean. *The ISME Journal*, vol. 10, pp. 1856–1865.

Kiørboe, Thomas (2011). How zooplankton feed: mechanisms, traits and trade-offs. *Biological Reviews*, vol. 86, No. 2, pp. 311–339.

Kirkham, Amy R., and others (2013). A global perspective on marine photosynthetic picoeukaryote community structure. *The ISME Journal*, vol. 7, pp. 922–936.

Landolfi, Angela, and others (2018). Global marine N2 fixation estimates: From observations to models. *Frontiers in Microbiology*, vol. 9, art. 2112.

Landry, Michael R., and Albert Calbet (2004). Microzooplankton production in the oceans. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 61, No. 4, pp. 501–507.

Le Quéré, Corinne, and others (2005). Ecosystem dynamics based on plankton functional types for global ocean biogeochemistry models. *Global Change Biology*, vol. 11, No. 11, pp. 2016–2040.

Lefort, Thomas, and Josep M. Gasol (2013). Short-time scale coupling of picoplankton community structure and single-cell heterotrophic activity in winter in coastal NW Mediterranean Sea waters. *Journal of Plankton Research*, vol. 36, No. 1, pp. 243–258.

Legendre, Louis, and Josée Michaud (1998). Flux of biogenic carbon in oceans: size-dependent regulation by pelagic food webs. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 164, pp. 1–11.

Lelong, A. (2012). *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) species, domoic acid and amnesic shellfish poisoning: revisiting previous paradigms. *Phycologia*, vol. 51 (2), pp. 168–216.

Li, William K.W. (1994). Primary production of prochlorophytes, cyanobacteria, and eucaryotic ultraphytoplankton: measurements from flow cytometric sorting. *Limnology and Oceanography*, vol. 39, No. 1, pp. 169–175.

Li, William K.W., and others (2009). Smallest algae thrive as the Arctic Ocean freshens. *Science*, vol. 326, No. 5952, pp. 539–539.

Lindeque, Penelope K., and others (2013). Next generation sequencing reveals the hidden diversity of zooplankton assemblages. *PloS One*, vol. 8, No. 11, e81327.

Lindley, J.A., and S. D. Batten (2002). Long-term variability in the diversity of North Sea zooplankton. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 82, No. 1, pp. 31–40.

Liquete, Camino, and others (2013). Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. *PloS One*, vol. 8, No. 7, e67737.

Lischka, Silke, and others (2011). Impact of ocean acidification and elevated temperatures on early juveniles of the polar shelled pteropod *Limacina helicina*: mortality, shell degradation, and shell growth. *Biogeosciences (BG)*, vol. 8, pp. 919–932.

Litchman, Elena, and others (2010). Linking traits to species diversity and community structure in phytoplankton. In *Fifty Years after the '"Homage to Santa Rosalia"': Old and New Paradigms on Biodiversity in Aquatic Ecosystems*, pp. 15–28. Springer.

Loeb, Valerie, and others (1997). Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web. *Nature*, vol. 387, pp. 897–900.

Loeb, V.J., and J.A. Santora (2012). Population dynamics of *Salpa thompsoni* near the Antarctic Peninsula: growth rates and interannual variations in reproductive activity (1993–2009). *Progress in Oceanography*, vol. 96, No. 1, pp. 93–107.

Luo, Haiwei, and Mary Ann Moran (2014). Evolutionary ecology of the marine Roseobacter clade. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 78, No. 4, pp. 573–587.

Mackas, D.L., and others (2012). Changing zooplankton seasonality in a changing ocean: Comparing time series of zooplankton phenology. *Progress in Oceanography*, vol. 97, pp. 31–62.

Madin, L.P., and G.R. Harbison (1977). The associations of Amphipoda Hyperiidea with gelatinous zooplankton—I. Associations with Salpidae. *Deep Sea Research*, vol. 24, No. 5, pp. 449–463.

_____(2001). Gelatinous zooplankton. *1st Edition of Encyclopedia of Ocean Sciences*, vol. 2, pp. 1120–1130.

Malone, T. C. (1980). Algal size. *The Physiological Ecology of Phytoplankton*.

Malone, T.C., and others (2017). Chapter 6: Primary production, cycling of nutrients, surface layer and plankton. In United Nations (ed.), *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 119–148. https://doi.org/10.1017/9781108186148.009.

Mangel, Marc, and Stephen Nicol (2000). Krill and the unity of biology. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 57, (S3), pp. 1–5.

Marañón, Emilio, and others (2001). Patterns of phytoplankton size structure and productivity in contrasting open-ocean environments. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 216, pp. 43–56.

Marañón, Emilio, and others (2012). Temperature, resources, and phytoplankton size structure in the ocean. *Limnology and Oceanography*, vol. 57, No. 5, pp. 1266–1278.

Marañón, Emilio, and others (2015). Resource supply alone explains the variability of marine phytoplankton size structure. *Limnology and Oceanography*, vol. 60, No. 5, pp. 1848–1854.

Massana, Ramon, and Klaus Jürgens (2003). Composition and population dynamics of planktonic bacteria and bacterivorous flagellates in seawater chemostat cultures. *Aquatic Microbial Ecology*, vol. 32, No. 1, pp. 11–22.

Miron, Gilles, and others (1995). Use of larval supply in benthic ecology: testing correlations between larval supply and larval settlement. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 124, pp. 301–305.

Mitra, Aditee, and others (2016). Defining planktonic protist functional groups on mechanisms for energy and nutrient acquisition: incorporation of diverse mixotrophic strategies. *Protist*, vol. 167, No. 2, pp. 106–120.

Moline, Mark A., and others (2004). Alteration of the food web along the Antarctic Peninsula in response to a regional warming trend. *Global Change Biology*, vol. 10, No. 12, pp. 1973–1980.

Möllmann, Christian, and others (2003). The marine copepod, *Pseudocalanus elongatus*, as a mediator between climate variability and fisheries in the Central Baltic Sea. *Fisheries Oceanography*, vol. 12, Nos. 4–5, pp. 360–368.

Monteiro, Fanny Meline, and others (2010). Distribution of diverse nitrogen fixers in the global ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 24, No. 3.

Montes-Hugo, Martin, and others (2009). Recent changes in phytoplankton communities associated with rapid regional climate change along the western Antarctic Peninsula. *Science*, vol. 323, No. 5920, pp. 1470–1473.

Moore, J. Keith, and others (2018). Sustained climate warming drives declining marine biological productivity. *Science*, vol. 359, No. 6380, pp. 1139–1143.

Morán, Xosé Anxelu, and others (2010). Increasing importance of small phytoplankton in a Warmer Ocean. *Global Change Biology*, vol. 16, No. 3, pp. 1137–1144. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01960.x.

Mousing, Erik Askov, Katherine Richardson, and Marianne Ellegaard (2018). Global patterns in phytoplankton biomass and community size structure in relation to macronutrients in the open ocean. *Limnology and Oceanography*, vol. 63, No. 3, pp. 1298–1312.

Mueter, Franz J., and others (2009). Ecosystem responses to recent oceanographic variability in high-latitude Northern Hemisphere ecosystems. *Progress in Oceanography*, vol. 81, Nos. 1–4, pp. 93–110.

Müren, U., and others (2005). Potential effects of elevated sea-water temperature on pelagic food webs. *Hydrobiologia*, vol. 545, No. 1, pp. 153–166.

Negrete-García, Gabriela, and others (2019). Sudden emergence of a shallow aragonite saturation horizon in the Southern Ocean. *Nature Climate Change*, vol. 9, pp. 313–317.

Nissen, Cara, and others (2018). Factors controlling coccolithophore biogeography in the Southern Ocean. *Biogeosciences*, vol. 15, No. 22, pp. 6997–7024.

Not, Fabrice, and others (2007). Diversity and ecology of eukaryotic marine phytoplankton. In *Advances in Botanical Research*, vol. 64: pp. 1–53. Elsevier.

Paez-Espino, David, and others (2019). IMG/VR v. 2.0: an integrated data management and analysis system for cultivated and environmental viral genomes. *Nucleic Acids Research*, vol. 47, No. D 1, pp. D678–D686.

Palumbi, Stephen R., and others (2009). Managing for ocean biodiversity to sustain marine ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 7, No. 4, pp. 204–211.

Pierce, Richard W., and Jefferson T. Turner (1992). Ecology of planktonic ciliates in marine food webs. *Reviews in Aquatic Sciences*, vol. 6, No. 2, pp. 139–181.

Pineda, Jesús, and others (2010). Causes of decoupling between larval supply and settlement and consequences for understanding recruitment and population connectivity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 392, Nos. 1–2, pp. 9–21.

Pitt, Kylie Anne, and others (2018). Claims that anthropogenic stressors facilitate jellyfish blooms have been amplified beyond the available evidence: a systematic review. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 451.

Poloczanska, Elvira S., and others (2013). Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change*, vol. 3, pp. 919–925.

Polovina, Jeffrey J., and others (2011). Projected expansion of the subtropical biome and contraction of the temperate and equatorial upwelling biomes in the North Pacific under global warming. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, No. 6, pp. 986–995.

Polovina, Jeffrey J., and others (2008). Ocean's least productive waters are expanding. *Geophysical Research Letters*, vol. 35, No. 3.

Polovina, Jeffrey J., and Phoebe A. Woodworth (2012). Declines in phytoplankton cell size in the subtropical oceans estimated from satellite remotely-sensed temperature and chlorophyll, 1998–2007. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 77, pp. 82–88.

Pomeroy, Lawrence R., and others (2007). The microbial loop. *Oceanography*, vol. 20, No. 2, pp. 28–33.

Purcell, Jennifer E., and others (2007). Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 350, pp. 153–174.

Raitsos, Dionysios E., and others (2014). From silk to satellite: half a century of ocean colour anomalies in the Northeast Atlantic. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 7, pp. 2117–2123.

Rasmussen, Astrid Fuglseth (2018). Changes in the abundance, species composition and distribution of the Barents Sea euphausiids (krill): with focus on the expansion and reproduction of *Meganyctiphanes norvegica*. Master's Thesis, Norwegian University of Life Sciences, Aas.

Read, Betsy A., and others (2013). Pan genome of the phytoplankton *Emiliania* underpins its global distribution. *Nature*, vol. 499, pp. 209–213.

Rivero-Calle, Sara, and others (2015). Multidecadal increase in North Atlantic coccolithophores and the potential role of rising CO_2. *Science*, vol. 350, No. 6267, pp. 1533–1537.

Rohwer, Forest, and Rebecca Vega Thurber (2009). Viruses manipulate the marine environment. *Nature*, vol. 459, pp. 207–212.

Rombouts, Isabelle, and others (2009). Global latitudinal variations in marine copepod diversity and environmental factors. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 276, No. 1670, pp. 3053–3062.

Rousseaux, Cecile S., and Watson W. Gregg (2015). Recent decadal trends in global phytoplankton composition. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 29, No. 10, pp. 1674–1688.

Salazar, Guillem, and Shinichi Sunagawa (2017). Marine microbial diversity. *Current Biology*, vol. 27, No. 11, pp. R489–R494.

Santoro, Alyson E., and others (2019). Planktonic marine archaea. *Annual Review of Marine Science*, vol. 11, pp. 131–158.

Sarmiento, Jorge Louis, and others (2002). A new estimate of the CaCO3 to organic carbon export ratio. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 16, No. 4, pp. 54-1–54-12.

Schiebel, Ralf, and Christoph Hemleben (2005). Modern planktic foraminifera. *Paläontologische Zeitschrift*, vol. 79, No. 1, pp. 135–148.

Schlüter, Lothar, and others (2014). Adaptation of a globally important coccolithophore to ocean warming and acidification. *Nature Climate Change*, vol. 4, pp. 1024–1030.

Schoemann, Véronique, and others (2005). *Phaeocystis* blooms in the global ocean and their controlling mechanisms: a review. *Journal of Sea Research*, vol. 53, Nos. 1–2, pp. 43–66.

Sherr, Evelyn B., and Barry F. Sherr (2007). Heterotrophic dinoflagellates: a significant component of microzooplankton biomass and major grazers of diatoms in the sea. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 352, pp. 187–197.

Sherr, Evelyn B., and others (2009). Microzooplankton grazing impact in the Western Arctic Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 56, No. 17, pp. 1264–1273.

Sieburth, John McN., and others (1978). Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, vol. 23, No. 6, pp. 1256–1263.

Sieradzki, Ella T., and others (2019). Dynamic marine viral infections and major contribution to photosynthetic processes shown by spatiotemporal picoplankton metatranscriptomes. *Nature Communications*, vol. 10, art. 1169.

Signorini, Sergio R., and others (2015). Chlorophyll variability in the oligotrophic gyres: mechanisms, seasonality and trends. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 1.

Silberberger, Marc J., and others (2016). Spatial and temporal structure of the meroplankton community in a sub–Arctic shelf system. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 555, pp. 79–93.

Simmonds, Peter, and others (2017). Consensus statement: virus taxonomy in the age of metagenomics. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 15, pp. 161–168.

Simon, Nathalie, and others (2009). Diversity and evolution of marine phytoplankton. *Comptes Rendus Biologies*, vol. 332, Nos. 2–3, pp. 159–170.

Slagstad, D., and others (2011). Evaluating primary and secondary production in an Arctic Ocean void of summer sea ice: an experimental simulation approach. *Progress in Oceanography*, vol. 90, Nos. 1–4, pp. 117–131.

Smith, Helen E.K., and others (2017). The influence of environmental variability on the biogeography of coccolithophores and diatoms in the Great Calcite Belt. *Biogeosciences*, vol. 14, pp. 4905–4925.

Smyth, T.J., and others (2004). Time series of coccolithophore activity in the Barents Sea, from twenty years of satellite imagery. *Geophysical Research Letters*, vol. 31, No. 11.

Sommer, Ulrich, and others (2002). Pelagic food web configurations at different levels of nutrient richness and their implications for the ratio fish production: primary production. In *Sustainable Increase of Marine Harvesting: Fundamental Mechanisms and New Concepts*, pp. 11–20. Springer.

Sommer, Ulrich, and others (2016). Benefits, costs and taxonomic distribution of marine phytoplankton body size. *Journal of Plankton Research*, vol. 39, No. 3, pp. 494–508.

Sommer, Ulrich, and others (2017). Do marine phytoplankton follow Bergmann's rule sensu lato? *Biological Reviews*, vol. 92, No. 2, pp. 1011–1026.

Sournia, Alain, and others (1991). Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? *Journal of Plankton Research*, vol. 13, No. 5, pp. 1093–1099.

Sunagawa, Shinichi, and others (2015). Structure and function of the global ocean microbiome. *Science*, vol. 348, No. 6237, 1261359.

Sundby, Svein, and others (2016). The North Atlantic spring–bloom system—Where the changing climate meets the winter dark. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 28.

Suttle, Curtis A. (2007). Marine viruses—major players in the global ecosystem. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 5, pp. 801–812.

Swalethorp, Rasmus, and others (2019). Microzooplankton distribution in the Amundsen Sea Polynya (Antarctica) during an extensive *Phaeocystis antarctica* bloom. *Progress in Oceanography*, vol. 170, pp. 1–10.

Thackeray, Stephen J., and others (2010). Trophic level asynchrony in rates of phenological change for marine, freshwater and terrestrial environments. *Global Change Biology*, vol. 16, No. 12, pp. 3304–3313.

Thor, Peter, and Sam Dupont (2015). Transgenerational effects alleviate severe fecundity loss during ocean acidification in a ubiquitous planktonic copepod. *Global Change Biology*, vol. 21, No. 6, pp. 2261–2271.

Tim, N., and others. (2016). The importance of external climate forcing for the variability and trends of coastal upwelling in past and future climate. *Ocean Science*, vol. 12, pp. 807–823.

Tréguer, Paul, and others (2018). Influence of diatom diversity on the ocean biological carbon pump. *Nature Geoscience*, vol. 11, pp. 27–37.

Uitz, Julia, and others (2010). Phytoplankton class-specific primary production in the world's oceans: Seasonal and interannual variability from satellite observations. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 24, No. 3.

United Nations (2017a). Chapter 34: Global patterns in marine biodiversity. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press, pp. 501–524. https://doi.org/10.1017/9781108186148.037.

_____(2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017c). Chapter 6: Primary production, cycling of nutrients, surface layer and plankton. In United Nations (ed.), *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press, pp. 119–148. https://doi.org/10.1017/9781108186148.009.

Valdés, Valentina, and others (2017). Scaling copepod grazing in a coastal upwelling system: the importance of community size structure for phytoplankton C flux. *Latin American Journal of Aquatic Research*, vol. 45, No. 1, pp. 41–54.

Vallina, Sergio M., and others (2014). Global relationship between phytoplankton diversity and productivity in the ocean. *Nature Communications*, vol. 5, art. 4299.

Vaulot, Daniel, and others (2008). The diversity of small eukaryotic phytoplankton (≤ 3 µm) in marine ecosystems. *FEMS Microbiology Reviews*, vol. 32, No. 5, pp. 795–820.

Verity, Peter G., and Victor Smetacek (1996). Organism life cycles, predation, and the structure of marine pelagic ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 130, pp. 277–293.

Vinogradov, Mikhail Evgen'evich, and others (1996). Hyperiid amphipods (Amphipoda, Hyperiidea) of the world oceans.

Vogt, Meike, and others (2012). Global marine plankton functional type biomass distributions: *Phaeocystis* spp. *Earth System Science Data*, vol. 4, No. 1, pp. 107–120.

Ward, Ben A., and others (2012). A size-structured food-web model for the global ocean. *Limnology and Oceanography*, vol. 57, No. 6, pp. 1877–1891.

Wasmund, Norbert, and others (2019). Extension of the growing season of phytoplankton in the western Baltic Sea in response to climate change. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 622, pp. 1–16.

Wells, Mark L., and others (2015). Harmful algal blooms and climate change: Learning from the past and present to forecast the future. *Harmful Algae*, vol. 49, pp. 68–93.

Westberry, T., and others (2008). Carbon-based primary productivity modeling with vertically resolved photoacclimation. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 22, No. 2.

White, Angelicque E., and others (2018). Temporal Variability of *Trichodesmium* spp. and Diatom-Diazotroph Assemblages in the North Pacific Subtropical Gyre. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 27.

Wiebe, Peter H., and others (2010). Deep-sea sampling on CMarZ cruises in the Atlantic Ocean–An introduction. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 57, Nos. 24–26, pp. 2157–2166.

Wietz, Matthias, and others (2010). Latitudinal patterns in the abundance of major marine bacterioplankton groups. *Aquatic Microbial Ecology*, vol. 61, No. 2, pp. 179–189.

Winter, Amos, and others (2014). Poleward expansion of the coccolithophore *Emiliania huxleyi*. *Journal of Plankton Research*, vol. 36, No. 2, pp. 316–325.

Wood, Sylvia L.R., and others (2018). Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services*, vol. 29, pp. 70–82.

Worden, Alexandra Z., and Fabrice Not (2008). Ecology and diversity of picoeukaryotes. *Microbial Ecology of the Oceans*, vol. 2, pp. 159–205.

Worm, Boris, and others (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, vol. 314, No. 5800, pp. 787–790.

Yooseph, Shibu, and others (2010). Genomic and functional adaptation in surface ocean planktonic prokaryotes. *Nature*, vol. 468, pp. 60–66.

الفصل 6 باء

اللافقاريات البحرية

المساهمون: ليس ل. يورغنسن (منظمة الاجتماعات)، وكريستوس أرفانيتيديس، ونغوين خاك بات، وسيلفانا ن. ر. بيرشناو، ومالكولم ر. كلارك، وإيغور كريستينو سيلفا كروز، ومارينا كونها، وآلان ديدون، وجوديث غوبين، ومعروف حسين، وآنا س. م دي خيسوس، وكارمن ميفسود، وخاك بات نغوين، وتشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، وراشيل برزسلافسكي، ودجيك رايس، ولينرت شيبرز، وبول سنلغروف، وناتاليا سترلكوفا، ولين فاندبيت.

النقاط الرئيسية

- حتى عام 2019، تم وصف 153 434 نوعاً من أنواع اللافقاريات البحرية القاعية على صعيد العالم.
- منذ عام 2012، وصف الباحثون 10 777 نوعاً جديداً من أنواع اللافقاريات البحرية القاعية؛ وفي الوقت نفسه، يتغير التنوع البيولوجي على الصعيد العالمي بمعدلات لم يسبق لها مثيل في تاريخ البشرية، مما يخلق إمكانية انقراض أنواع قبل أن يتم وصفها.
- تغطي أعماق البحار 43 في المائة من سطح الأرض، ويقدر أن 95 في المائة من أنواع اللافقاريات البحرية لا تزال غير موصوفة.
- تشمل الضغوط الرئيسية على اللافقاريات البحرية زيادة درجة الحرارة، والآثار المادية لتحمض المحيطات على قاع البحر، واستخراج الموارد الحية وغير الحية، واستخدام السواحل، والأنواع المُغيرة، والتلوث.
- لا تزال مناطق شاسعة من الكرة الأرضية، بما في ذلك مناطق تقع خارج نطاق الولاية الوطنية، تفتقر إلى رصد النظم الإيكولوجية الطويلة الأجل للافقاريات البحرية وحمايتها بطريقة فعالة وملائمة.
- على الرغم من البحوث الجديدة المتعلقة بالعديد من العمليات والوظائف والسلع والخدمات الهامة المتصلة بالنظم الإيكولوجية، لا تزال هناك ثغرات معرفية هائلة في فهم تأثير التخفيضات في التنوع البيولوجي للافقاريات القاعية على رفاه البشر وديناميات النظم الإيكولوجية.

1 - مقدمة

يركز هذا الفصل الفرعي على أنواع القريدس والديدان وبطنيات الأقدام وذوات الصدفتين القاعية وغيرها من اللافقاريات التي تعيش فوق قاع البحر أو داخله وتمثل مصادر غذائية هامة للأسماك والثدييات البحرية والطيور البحرية والبشر، فضلا عن أنواع اللافقاريات التي تستهدفها بعض مصائد الأسماك التجارية. وتشكل هذه الأصنوفات أساس بعض أكثر النظم الإيكولوجية إنتاجية على كوكب الأرض (مثل مصاب الأنهار والشعاب المرجانية)، وتنافس الغابات المدارية (Valiela, 1995) وتنشئ موائل تغطي مساحة من سطح الأرض تفوق المساحة التي تتألف منها جميع الموائل الأخرى مجتمعة (Snelgrove and others, 1997). والتغيرات في استخدام المحيطات، واصطياد الكائنات الحية، وتغير المناخ، والتلوث، والأنواع المُغيرة، تسهم في حدوث تغيرات عالمية في الطبيعة بمعدلات لم يسبق لها مثيل في تاريخ البشرية. وتاريخياً، شهدت الكائنات الحية الساحلية ضغوطاً وتأثيرات أكبر من أعماق البحار، ولكن استنفاد الموارد البحرية الساحلية والتكنولوجيات الجديدة يوفران القدرات والحوافز التي تدفع إلى الصيد والتعدين والحفر في بعض أعمق أجزاء المحيطات (McCauley and others, 2015). وكثيراً ما تؤدي التغيرات في التنوع البيولوجي إلى تآكل الاقتصادات وسبل العيش والأمن الغذائي والصحة ونوعية الحياة في جميع أنحاء العالم (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019).

2 - موجز الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017b)، حُددت العوامل المحركة والأنماط الرئيسية للتنوع البيولوجي للافقاريات البحرية، على النطاقين الإقليمي والعالمي. والتفاعلات المعقدة بين العوامل المحركة، فضلا عن تأثيراتها الفردية والجماعية على التنوع البيولوجي البحري على نطاقات متعددة من التنظيم والرصد البيولوجيين، تحد

من القدرة الحالية على التنبؤ بثقة بالتنوع الإقليمي. وتختلف الأنماط الساحلية والمحيطية على الصعيد العالمي، وغزارة الأنواع القاعية الساحلية تبلغ ذروتها عموما بالقرب من خط الاستواء وتنخفض باتجاه القطب، على النقيض من الذروات في خطوط العرض الوسطى في الأنواع التي تعيش في المحيطات. غير أن درجات الميل القوية على خط الطول تعقد الأنماط الساحلية، مع وجود بؤر محلية للتنوع البيولوجي عبر العديد من الأصنوفات في مناطق مثل المنطقة المدارية الواقعة بين المحيط الهادئ والمحيط الهندي ومنطقة البحر الكاريبي.

وتؤدي المناطق المنخفضة الأكسجين، وعدم استقرار القيعان، واختلاف كيمياء المحيطات، وتباين الموائل، والأنشطة البحرية، إلى تعقّد التنبؤ بأنماط التنوع في اللافقاريات البحرية مكانيا وزمانيا. ثم إن العوامل المحركة المتعددة للتغير، التي غالباً ما تعمل جنباً إلى جنب، تجعل من الصعب للغاية فصل التغيرات الطبيعية عن الضغوط البشرية المنشأ. وغالبا ما تجتذب بؤر التنوع البيولوجي الشديد الأنشطة الاستخراجية التي يمارسها البشر وتدعمها، وتربط مباشرة بين التنوع البيولوجي للمحيطات وخدمات النظم الإيكولوجية. وعلاوة على ذلك، كثيرا ما تدعم تلك البؤر وظائف هامة في النظام الإيكولوجي، مثل إعادة تدوير المغذيات، ودعم الشبكات الغذائية، وإنشاء الموائل، التي تسهم بدورها في خدمات النظم الإيكولوجية التي تعود بفائدة مباشرة على البشر.

3 - وصف التغيرات البيئية (2010-2020)

3-1 - التنوع البيولوجي للافقاريات البحرية

تشير السجلات المودعة في السجل العالمي للأنواع البحرية (Vandepitte and others, 2018؛ و WoRMS Editorial Board, 2019)، إلى أنه تم وصف 777 10 نوعًا جديدًا موثقا من اللافقاريات البحرية القاعية بين عامي 2012 و2019، ليصل مجموع عدد هذه الأنواع الموصوفة عالميًا إلى 434 153 نوعا. وتحتوي أصنوفة الرخويات على أعلى عدد من اللافقاريات القاعية البحرية الموصوفة (31 في المائة)، تليها مفصليات الأرجل (24 في المائة).

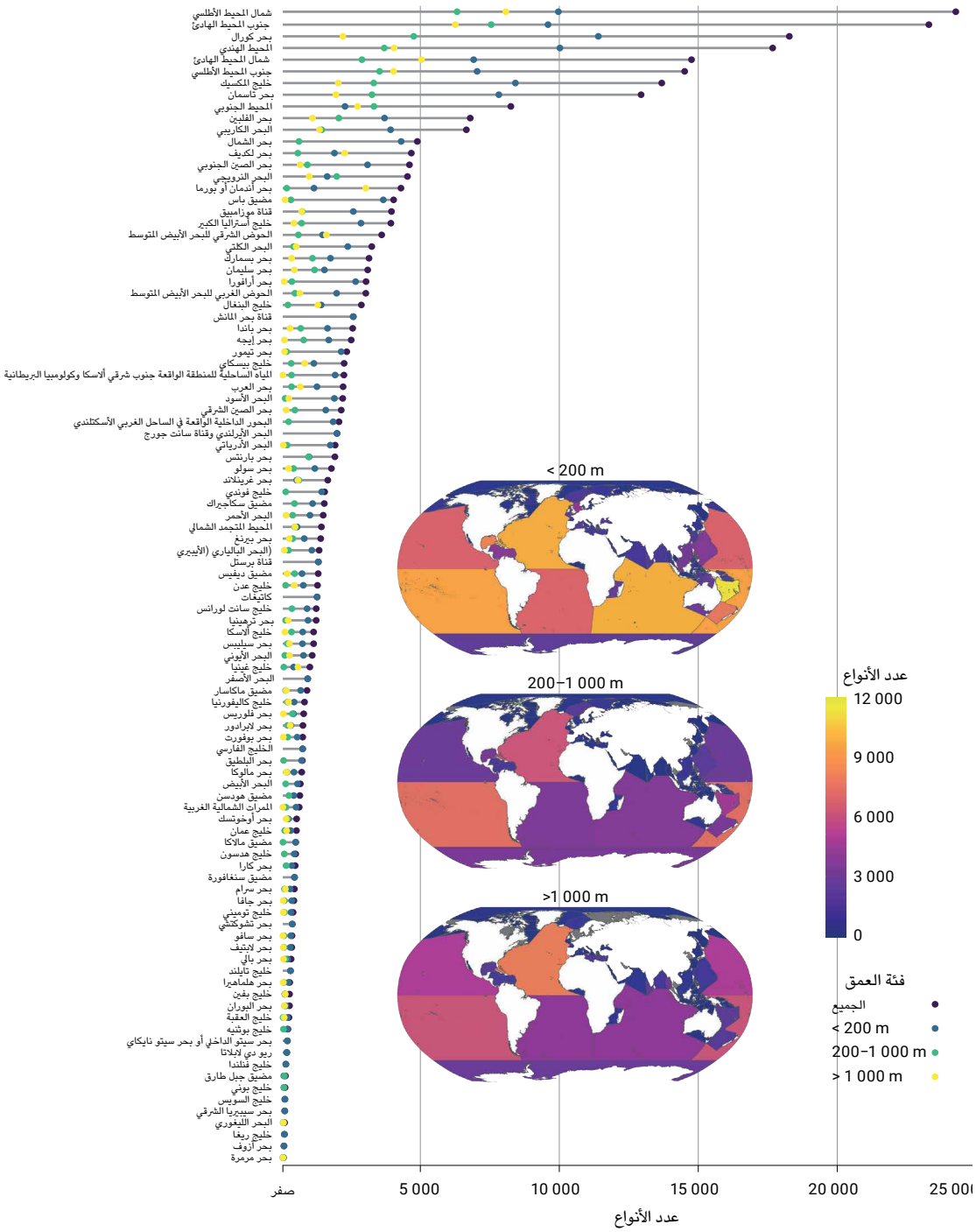
ويحتوي نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات على معلومات توزيع 372 124 نوعا بحريا، وهو ما يمثل 56,4 مليون سجل توزيع. ومن هذه الأنواع، يحدد السجل العالمي للأنواع البحرية حاليا 132 80 نوعا باعتبارها لافقاريات بحرية قاعية، وهو ما يمثل 8,1 ملايين سجل توزيع.

ووفقاً للبيانات المتاحة في نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات والسجل العالمي للأنواع البحرية في عام 2019 (انظر الشكل أدناه)، فإن شمال المحيط الأطلسي الذي أخذت منه عينات جيدة يحتوي على أعلى عدد من أنواع اللافقاريات البحرية القاعية المسجلة (214 24 نوعا)، يليه جنوب المحيط الهادئ الذي أخذت منه عينات قليلة نسبيا (245 23 نوعا)، بما في ذلك بحر كورال (224 18 نوعا)، الذي لا ريب أنه سيتيح التعرف على العديد من الأنواع التي لم تكتشف بعد.

وتكشف دراسة تستند إلى مناطق قياس الأعماق (انظر الشكل أدناه) أن بحر كورال يحتوي على أكبر عدد من الأنواع المسجلة في الأعماق التي تقل عن 200 متر (353 11 نوعا)، يليها المحيط الهندي (971 9 نوعا)، وشمال المحيط الأطلسي (915 9 نوعا)، وجنوب المحيط الهادئ (498 7 نوعا). وفي بعض الحالات (مثل بحر بيرنغ والمحيط المتجمد الشمالي والبحر النرويجي)، يختلف التنوع القاعي عند خطوط العرض المماثلة. فتحت 000 1 متر، يحتوي شمال المحيط الأطلسي الذي أخذت منه عينات أفضل (مقارنة بالأحواض الأخرى) على أكبر عدد من الأنواع (027 8 نوعا)[1].

[1] لا تتوفر معلومات التوزيع عن جميع الأنواع الموصوفة في السجل العالمي للأنواع البحرية. ويتلقى نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات باستمرار مدخلات من العديد من مقدمي البيانات ويبين بدقة المواقع البحرية التي سجلت فيها الأنواع البحرية. ونظرا لأن توثيق السجل العالمي للأنواع البحرية للخصائص القاعية مستمر، فإن حوالي 000 11 من أنواع اللافقاريات في نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات لا تزال تفتقر إلى تسميات المجموعات الوظيفية، ولذلك فإن اللمحة العامة تغفل تلك الأنواع من اللافقاريات البحرية القاعية.

مجموع أعداد أنواع اللافقاريات البحرية القاعية المسجلة الممثلة لثلاث فئات من العمق (< 200 متر، و200–1 000 متر، و> 1 000 متر)



المصدر: نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات (2019) فيما يتعلق بظهور الأنواع؛ والسجل العالمي للأنواع البحرية فيما يتصل بالمعلومات المتعلقة بمجموعات الأنواع؛ والشبكة الأوروبية للرصد والبيانات المتعلقة بالبحار (2016)، والخريطة العامة لأعماق المحيطات (2015) و Provoost and Bosch (2018) فيما يتعلق ببيانات قياس الأعماق؛ ومقتبس من Marineregions.org (Claus and others, 2014)؛ و Flanders Marine Institute (2018) فيما يتعلق بالمناطق البحرية.

دراسات حالات إفرادية وطنية مختارة وما يتصل بها من عوامل محركة وضغوط طبيعية وبشرية المنشأ

	المحيط المتجمد الشمالي			شمال المحيط الأطلسي								جنوب المحيط الأطلسي	شمال المحيط الهادئ			المحيط الهندي		جنوب المحيط الهادئ		الحدود بين المحيط الهندي وجنوب المحيط الهادئ
	النرويج والاتحاد الروسي، بحر بارنتس	الاتحاد الروسي، بحار القطب الشمالي	الولايات المتحدة، منطقة القطب الشمالي	كندا، الشمال الشرقي	غرينلاند، الغرب والجنوب الشرقي	المملكة المتحدة، بحر الشمال	البرتغال، الجنوب الغربي	اليونان، الخليجان بجميع أنواعها	مالطة، الساحل	ترينيداد وتوباغو	البرازيل، الساحل والخليجان	فيت نام، الساحل	بحر الصين الجنوبي	الاتحاد الروسي، البحار الشرقية	بنغلاديش، الساحل	أستراليا، الغرب	أستراليا، الشمال الشرقي	نيوزيلندا، الشرق	أستراليا، الجنوب
احترار المناخ	x	x	x	x	x	x								x	x					x
الظواهر المرتبطة بدرجات الحرارة (تيار النينيو مثلا)												x				x		x		
الترسب								x		x	x		x		x					
العواصف وحركة الأمواج										x					x	x	x			
مناطق صيد الأسماك بشباك الجر القاعية	x			x	x	x	x	x					x	x	x				x	x
الإفراط في صيد اللافقاريات												x								
انتشار الأنواع الجديدة	x	x	x	x			x		x			x								
ظهور الأنواع										x							x			x
التلوث								x				x	x		x					
فرط المغذيات (من الزراعة، وتربية الأحياء المائية، والصرف الصحي)								x				x	x							
استغلال النفط والغاز واستخراجهما				x		x				x		x	x							x
المحطات البحرية لتوليد طاقة الرياح						x														
أنشطة تخريد السفن الكبيرة															x					
الرسو								x	x			x								
تطوير البنى التحتية الساحلية								x	x			x	x							
السياحة								x	x			x			x					

3-2 - تقييم التنوع البيولوجي للافقاريات البحرية وحالته

تؤثر ضغوط وعوامل محركة متعددة على اللافقاريات البحرية القاعية في آن واحد على الصعيد العالمي (انظر الجدول). وفي حين أن هذه التأثيرات كانت موضوع العديد من الدراسات في جميع أنحاء العالم، فإن الفرع والجدول أدناه لا يسلطان الضوء إلا على بعض الدراسات الحديثة المحددة أو القيمة للسلاسل الزمنية التي تدل على زيادة في الفهم منذ التقييم الأول.

3-2-1 - احترار المناخ

تشير أدلة قوية إلى أن درجة حرارة محيطات العالم ترتفع دون هوادة منذ عام 1970، وهو ما شكل أكثر من 90 في المائة من الحرارة الزائدة في النظام المناخي. ومنذ عام 1993، ربما زاد معدل احترار المحيطات بأكثر من الضعف (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019). والتأثيرات على القاعيات البحرية شديدة للغاية بالنسبة للمناطق القطبية ودون القطبية. فتقلص الجليد البحري في القطب الشمالي سيزيد من إمكانية وصول السفن إلى المنطقة، مما قد يؤدي إلى زيادة الضغط المحلي البشري المنشأ على المجتمعات القاعية، ولا سيما في المرافئ.

النتائج الحديثة

- في القطب الشمالي[2]، وبحر بارنتس (Jørgensen and others, 2019)، وبحار أخرى إلى الشمال من أوراسيا وبحار الشرق الأقصى في شمال المحيط الهادئ (Lobanov and others, 2014)، تتنقل اللافقاريات البحرية شمالاً نتيجة لارتفاع درجة حرارة المياه (انظر الجدول أعلاه). وقد انخفضت الكتلة الأحيائية للافقاريات في مناطق من بحار ألاسكا (انظر الجدول أعلاه) (Grebmeier and others, 2015) مع ما يترتب على ذلك من عواقب على المستويات الغذائية العليا (Grebmeier, 2012)؛ ويعزو شيوخ السكان الأصليين هذا التغيير إلى انخفاض غطاء الجليد البحري، وحركة الحواجز الرملية والتغيرات في التيارات البحرية (Metcalf and Behe, in Jørgensen and others, 2017).
- في شمال المحيط الأطلسي، مكّن الاحترار المناخي من وصول أنواع المياه الدافئة إلى المناطق الشاطئية في المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية (انظر الجدول) متأثرة بتيار الخليج (Birchenough and others, 2015).
- في المحيط الهادئ، أدت موجات الحر البحرية إلى تبييض شديد واندثار جماعي للشعاب حول أستراليا (Le Nohaïc and others, 2017؛ و Hughes and others, 2018؛ و Stuart-Smith and, 2018 others)، وساحل أمريكا الوسطى (Cruz and others, 2018)، وبحر الصين الجنوبي (انظر الجدول).

ويتوقع بعض الباحثين زيادة وتيرة وشدة موجات الحر البحرية (Frölicher and Laufkötter, 2018) في العقود المقبلة، حتى لو تحققت أهداف خفض الانبعاثات المحددة في إطار اتفاق باريس[3]. ويمكن أن يؤدي هذا الاحترار إلى القضاء على الموائل الأحيائية المنشأ الرئيسية في المناطق الساحلية من البحار المعتدلة والشمالية القطبية حول العالم (Krumhansl and others, 2016) وأن يؤثر في النظم الإيكولوجية للشعاب الموجودة في المياه التي لا تخضع لرصد جيد مع ما يترتب على ذلك من أضرار غير معلومة (Genevier and others, 2019).

3-2-2 - صيد الأسماك بشباك الجر القاعية

أكثر مصادر القلقلة المادية البشرية المنشأ في موائل قيعان البحار العالمية انتشارا هي أنشطة صيد الأسماك المعتمدة على شباك الجر القاعية، فقد استخدمت هذه

[2] انظر www.arcticbiodiversity.is/index.php/findings/benthos.
[3] انظر FCCC/CP/2015/10/Add.1، المقرر 1/م أ-21، المرفق.

الشباك لصيد ربع الكميات المنزلة من الأغذية البحرية العالمية تقريباً في الفترة الممتدة من عام 2011 إلى عام 2013 (Hiddink and others, 2017). وتزيل معدات الجر نسبة تتراوح بين 6 و41 في المائة من الكتلة الأحيائية الحيوانية لكل عملية مرور، ويبلغ متوسط مدد التعافي بين 1,9 سنة و6,4 سنوات (باستثناء أعماق البحار)، تبعاً للسياق السمكي والبيئي (المرجع نفسه). وتبين دراسات تأثير الصيد بشباك الجر أن الانخفاضات في الوفرة النسبية للحيوانات المعمرة (< 10 سنوات) في المناطق التي يمارس فيها الصيد بشباك الجر أكبر من الانخفاضات في وفرة الحيوانات الأقصر عمرا (بين سنة واحدة و3 سنوات) (Hiddink and others, 2019).

النتائج الحديثة

- يؤدي الصيد بشباك الجر القاعية إلى تغير المجتمعات القاعية الأصلية، مع حدوث تأثيرات توصف بأنها بمثابة "بعض التغيرات" في بحر الشمال. وتفيد الدراسات التي أجريت في أماكن أخرى في منطقة شمال المحيط الأطلسي وخارجها عن تغيرات مماثلة في المجتمعات القاعية ناجمة عن التجريف الكلي (Cooper and others, 2017)، والصيد بشباك الجر التجريبي (Kenchington and others, 2006)، وفرض "إحدى أكبر مناطق الإصابة لكل وحدة من وحدات الكتلة الأحيائية المنزلة" في الجنوب الغربي للبرتغال (Ramalho and others, 2018) والتأثير السلبي على تركيبة الكائنات شبه القاعية العيانية في جنوب غرينلاند (Yesson and others, 2016).
- في الجبال البحرية اللجية في جنوب المحيط الهادئ، شرق نيوزيلندا، سيستغرق تعافي مجتمعات الشعاب بعد استخدام المعدات الأرضية الثقيلة على الأرجح عقوداً عديدة (Clark and others, 2019).
- في شمال المحيط الهادئ، أُبلغ عن تأثيرات سلبية لشباك الجر القاعية على تركيبة الكائنات شبه القاعية العيانية في بحر الصين الشرقي (Wang and others, 2018).
- لعتاد الصيد المهمل أو المفقود تأثيرات كبيرة على تجمعات الشعاب في المياه الباردة (Deidun and others, 2015) في عمق يبلغ عدة مئات من الأمتار.
- زادت مصائد الأسماك من اللافقاريات (انظر أيضا الفصل 15) بسرعة على صعيد العالم لتصل إلى أكثر من 10 ملايين طن سنويا، وتسهم إسهاما كبيرا في توفير الأغذية البحرية العالمية، وتصديرها، والتجارة فيها، وفي سبل العيش المحلية. وفي المتوسط، يمكن تحقيق 90 في المائة من صيد اللافقاريات بمعدل استنزاف قدره 25 في المائة، مما يتطلب بذل جهد أقل لصيد الأسماك، ومن ثمة يزيد من الأرباح، بينما يقلل بشدة من التأثيرات على المجموعات الغذائية الأخرى (Eddy and others, 2017).
- يغير الموائلَ الأحيائية صيدُ المحار المروحي (من فصيلة الرخويات الآيسلندية (Chlamys islandica)) في القطب الشمالي (بحر بارنتس) (Nosova and others, 2018) وخيار البحر والمحار المروحي وسلطعون البحر في البحار الشرقية للاتحاد الروسي (Lysenko and others, 2015).

3-2-3 - الأنواع المغيرة

تصبح الأنواع المغيرة (انظر أيضا الفصل 22 والرابطة الدولية للمعرفة المفتوحة بشأن الأنواع الدخيلة المُغيرة)[4] أحيانا عنصر ضغط مهيمن على القاعيات الأصلية.

النتائج الحديثة

- وفقًا لدراسات بشأن اتساع نطاق انتشار سلطعون الثلج التجاري المفترس (Chionoecetes opilio) في القطب الشمالي، تستهلك سنويًا هذه الفصيلة من السلاطيع قرابة 30 000 طن من الكائنات الحية القاعية العيانية في بحر بارنتس الشرقي (انظر الجدول أعلاه) (Zakharov and others, 2018).

[4] ./www.invasivesnet.org/news

- في شمال المحيط الأطلسي، كان لسلطعون البحر الأخضر المغير (Carcinus maenas) تأثير على الأعشاب البحرية واللافقاريات التي تعيش في قاع البحر في بعض المناطق الساحلية الكندية[5] (انظر الجدول أعلاه) (Garbary and others, 2014؛ و Matheson and others, 2016). وتغطي حاليا طحالب السرغس المغيرة على نطاق واسع (انظر أيضا الفصل 6 هاء وزاي) الشواطئ والموائل الساحلية الشاطئية في ترينيداد وتوباغو وغيرها من جزر البحر الكاريبي (Gobin, 2016). ويمكن أن تغير طبقات طحالب السرغس المنتشرة وفرة العديد من اللافقاريات البحرية الأصلية وقد توفر موئلًا مناسبًا لأنواع غير ممثلة سابقا ضمن المجتمع القاعي المحلي.
- في البحر الأبيض المتوسط، سُجل أكثر من 500 نوع من اللافقاريات البحرية غير الأصلية (Tsiamis and others, 2019)، أصبح الكثير من الأنواع المغيرة منها متوطنا في العديد من المواقع على الأقل محليا.
- تتسبب حالات ظهور قنافذ البحر (Centrostephanus rodgersii) في تدهور غابات طحالب الكيلب قبالة ساحل تسمانيا، أستراليا (Ling and Keane, 2018).
- في جنوب المحيط الأطلسي، تهيمن الأنواع المغيرة في كثير من الأحيان على بعض الشعاب الساحلية البرازيلية (Creed and others, 2016؛ و Mantelatto and others, 2018) (انظر الجدول أعلاه).

3-2-4 - عواقب التلوث على مجتمعات الكائنات التي تعيش في قاع البحر

وُثِّقت آثار التلوث على مجتمعات الكائنات التي تعيش في قاع البحر توثيقا جيدا في التقييم العالمي الأول للمحيطات ووثقها جيدا المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات المعني بالتنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية (IPBES, 2019). ولتقييم الحالة البيئية للافقاريات القاعية وقدرتها على الصمود ينبغي دراسة سلوكها وديناميتها وتفاعلاتها المتعددة مع البيئة (Neves and others, 2013؛ و Pessoa and others, 2019).

النتائج الحديثة

- يضيف الصرف الزراعي والتخلص من النفايات البلدية في المحيطات مغذيات تؤدي إلى تكاثر الطحالب، التي تغوص في نهاية المطاف إلى القاع، مما يولد ظروف نقص الأكسجين وانخفاض درجة الحموضة التي تقلل عادة من تنوع الأنواع القاعية. ومنذ صدور التقييم العالمي الأول، أبلغ الباحثون عن حدوث حالات تكاثر إضافية للطحالب في المحيط الهندي، على طول ساحل بنغلاديش (Kibria and others, 2016؛ و Mallick and others, 2016؛ و Molla and others, 2015)، وفي جنوب المحيط الأطلسي، على طول ساحل البرازيل (Cruz and others, 2018) (انظر الجدول أعلاه).
- وفي شمال المحيط الأطلسي، يؤدي الدفق (الترسيب) من نهر أورينوكو (ترينيداد وتوباغو) (انظر الجدول أعلاه) إلى زيادة احتمال حدوث التلوث والنفوق في مجتمعات اللافقاريات القاعية (Gobin, 2016)، بينما تسبب تصريف الفلزات في تدني الحالة الإيكولوجية لمجتمعات الكائنات القاعية على مدى عدة سنوات على طول ساحل اليونان (Simboura and others, 2014) (انظر الجدول أعلاه).

3-2-5 - العواصف وحركة الأمواج

تعد الأعاصير وأمواج تسونامي من بين أهم المتغيرات في تشكيل الثراء البيولوجي للمجتمعات القاعية البحرية وبنيتها، وتشكل تحديا كبيرا لقدرتها على الصمود واستقرارها (Betti and others, 2020). وقد ازدادت وتيرة الأعاصير المدارية وشدتها في العقود الأخيرة على طول المحيط الأطلسي المداري، في ارتباط وثيق بالتأثيرات المتصلة بتغير المناخ (انظر المراجع الواردة في المرجع Hernández-Delgado and others, 2020).

[5] متاح في الموقع التالي: https://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes/ais-eae/about-sur/index-eng.html.

3-2-6 - التعدين في المياه العميقة

تعدين المعادن الموجودة في المياه العميقة (انظر أيضا الفصل 18) هو قطاع جديدة محتمل يمكن أن يساعد في دعم وتوسيع الاقتصاد "الأخضر" استنادا إلى تكنولوجيا البطاريات الجديدة للمركبات الكهربائية، وتوربينات الرياح، وتكنولوجيا الاتصالات السلكية واللاسلكية والحوسبة المحسنة (Hein and others, 2013). وعلى الرغم من عدم إجراء أي تعدين في قاع البحار العميقة حاليا في أعالي البحار، فإن السلطة الدولية لقاع البحار تدير 30 رخصة استكشاف (تغطي مساحة قدرها 1,5 مليون كيلومتر مربع) في المحيط الهادئ والمحيط الهندي وعلى طول منطقة مرتفع وسط المحيط الأطلسي. وفي عمليات التعدين، من المحتمل أن تؤثر في البيئات القاعية الإزالةُ المادية المباشرة لحيوانات قاع البحر والآثار الثانوية الناجمة عن الانبعاثات العمودية للرواسب أو إطلاق تكسينات مضرة بالبيئة، وسوف تتطلب إجراء تقييم دقيق (Miller and others, 2018). ويشكل نقص المعارف المتعلقة بالتنوع البيولوجي في أعماق البحار عائقاً رئيسياً أمام ضمان الاستدامة البيئية (Glover and others, 2018).

3-2-7 - الأنشطة الترفيهية البشرية وتطوير البنى التحتية الساحلية ورسو السفن وتزويدها بالوقود

لا تزال الأنشطة الترفيهية البشرية وتطوير البنى التحتية الساحلية ورسو السفن وتزويدها بالوقود تؤثر في الموائل الهشة وما يرتبط بها من تجمعات اللافقاريات، على النحو الذي نوقش في التقييم العالمي الأول، مع سجلات إضافية من مناطق قرب مالطة (انظر الجدول أعلاه) في البحر الأبيض المتوسط (García-March and others, 2007؛ و Mifsud and others, 2006). وبالإضافة إلى ذلك، أدت أنشطة تخريد السفن على ساحل بنغلاديش (انظر الجدول أعلاه)، في خليج البنغال، إلى خفض تنوع الأنواع القاعية (Hossain, 2010).

3-2-8 - الاستغلال الإجرامي

يحدث الاستغلال الإجرامي للأنواع البحرية على الصعيد العالمي، وهو ما يتبين من قيام جماعات إجرامية بتهريب أذن البحر من جنوب أفريقيا. وقد يمثل طلب المساعدة من وكالات إنفاذ القانون في البلدان المستقبلة حلاً لهذه المشكلة (Warchol and Harrington, 2016).

3-2-9 - عواقب التغيرات في التنوع البيولوجي للافقاريات البحرية على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

لتغيّرات التنوع البيولوجي آثار مباشرة وغير مباشرة على رفاه الإنسان (IPBES, 2019). وللأسف، هناك نقص في الرصد الطويل الأجل وعلى نطاق واسع لمناطق بحرية شاسعة، وذلك على الرغم من أن بعض بلدان القطب الشمالي وشمال الأطلسي قد أنشأت رصدا طويل الأجل لمصائد اللافقاريات والصيد العرضي باستخدام شباك الجر في إطار الدراسات الاستقصائية العلمية الوطنية لتقييم الأسماك (Jørgensen and others, 2017).

وتوثق منشورات محدودة على وجه الخصوص كيفية إسهام اللافقاريات البحرية القاعية في رفاه البشر (مثلا Officer and others, 1982؛ و Snelgrove and others, 1997). ومع ذلك، فإن التقييمين العالميين الأول والحالي يوثقان أهمية اللافقاريات القاعية لشبكات الأغذية البحرية والعديد من أنواع الكائنات القاعية المشكلة أو المهندِسة للموائل. ويرد موجز لبعض المسائل الرئيسية أدناه.

- في ظل سيناريو بقاء الأمور على حالها فيما يتعلق بالانبعاثات، تتوقع منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة أن الحاجز المرجاني الكبير في أستراليا، إلى جانب الشعاب المرجانية الأخرى المصنفة ضمن التراث العالمي، ستنقرض كنظام إيكولوجي نشط للشعاب المرجانية بحلول عام 2100 (Heron and others, 2017).

- يمكن أن تبدد الشعاب المرجانية والمحار والشعاب الحية الأخرى (انظر أيضا الفصل 7 واو) ما يصل إلى 97 في المائة من طاقة الأمواج التي تبلغها، مما يحمي البنى والأرواح البشرية (Ferrario and others, 2014). ويحتمل أن يكون هذا عاملا من عوامل التخفيف الهامة مع ارتفاع مستوى سطح البحر. وستكلف الحواجز الساحلية الاصطناعية لحماية البنى التحتية الساحلية والمجتمعات البشرية من ارتفاع مستوى سطح البحر المرتبط بالمناخ ما يقدر بمئات البلايين من الدولارات بحلول العقود الأخيرة من القرن الحادي والعشرين (IPCC, 2019).
- تختلف المخاطر المتزايدة على الأمن الغذائي المرتبطة بانخفاض توافر الأغذية البحرية اختلافا كبيرا على الصعيدين المحلي والثقافي. ومع ذلك، فلدى العديد من الشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية الساحلية، يسهم جني اللافقاريات القاعية، ولا سيما الأنواع التي تتكاثر في مناطق الجزر، إسهاما كبيرا في ثقافتها وفي الأمن الغذائي على نطاق المجتمع المحلي (IPBES, 2018a, b؛ و IPCC, 2019).
- أسهم ارتفاع درجات حرارة سطح البحر في حدوث توسّع في نطاق انتشار الأنواع على الصعيد العالمي، بما في ذلك في مياه تسمانيا في جنوب المحيط الهادئ (Pecl and others, 2014)، وهو ما يرجح أن يؤثر في مصائد الأسماك وربما في السياحة في المنطقة، وكذلك في خدمات النظم الإيكولوجية.
- يمكن أن تتسبب التغيرات المستحثة مناخيا في توزع العديد من اللافقاريات القاعية في زيادة الأنواع التي تشكل موارد غذائية، أو في انخفاضها، بما في ذلك انقراضها محلياً، ويمكن أن تؤدي حتى إلى ظهور أنواع جديدة من هذا القبيل تتاح للمجتمعات الساحلية التي تعتمد عليها (IPCC, 2019).
- تفيد عدة دراسات بحدوث تغيرات في النطاق صوب القطب للافقاريات اللاطئة بمعدل أبطأ من معدل الأسماك، ولكنها ترى أيضاً أن من المرجح أكثر أن تستجيب اللافقاريات القاعية استجابة مباشرة للتغيرات في درجتي الحرارة والحموضة (IPCC, 2019).
- تدعم الأنواع المغيرة، مثل سلطعون الثلج، زيادة عمليات الجني التجارية في بحر بارنتس بالقطب الشمالي (Jørgensen and others, 2019)، بينما يتغذى سلطعون البحر Portunus segnis، وهو من الكائنات التي هاجرت من البحر الأحمر وانتشرت في البحر الأبيض المتوسط، على الأسماك والرخويات الصدفية والقشريات والمواد العضوية، مما يكون له تأثير كبير على العمليات الغذائية في النظم الإيكولوجية الأصلية، إضافة إلى كونه يستضيف مجموعة متنوعة من الطفيليات (Rabaoui and others, 2015).
- في منطقتي أفريقيا وآسيا - المحيط الهادئ، تزيد تأثيرات اللافقاريات القاعية المغيرة من مخاطر العجز عن تلبية احتياجات الأمن الغذائي (IPBES 2018b, c).
- في منطقة البحر الأبيض المتوسط، يؤدي تطوير البنى التحتية (مثل تعديل الموائل من أجل السفن)، الذي له تأثير مباشر على الأنواع المحمية (مثل المرجان الوسادي الشكل (Cladocora caespitosa)) والأنواع المهمة تجاريا، إلى خفض قيمة خدمات النظم الإيكولوجية البحرية.
- وعلى الرغم من إحراز بعض التقدم، لا تزال الحاجة تدعو إلى سد الثغرة المعرفية الهائلة المتعلقة بآثار فقدان التنوع البيولوجي على المجتمعات البشرية والاقتصادات ورفاه البشر. ويتطلب فهم الأسباب الكامنة وراء التغير إجراء دراسات متكررة للسلاسل الزمنية.

4 - الاستجابات الحكومية والدولية

تبين عدة مبادرات جارية الأولوية المتزايدة التي تُعطى لحماية التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة داخل الولاية الوطنية وخارجها على السواء. وتشمل هذه المبادرات عمليات علمية، من قبيل التقييم العالمي للمحيطات، وعمليات قانونية، من قبيل المؤتمر الحكومي الدولي لوضع صك دولي ملزم قانوناً في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار بشأن حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام، وكذلك مبادرات قامت بها منظمات حكومية دولية، من قبيل السلطة الدولية لقاع البحار.

وكان لقرار الجمعية العامة 61/105 المؤرخ 8 كانون الأول/ديسمبر 2006 بشأن استدامة مصائد الأسماك تأثير شديد على مصائد الأسماك البحرية، وفي هذا القرار دعت الجمعية مصائد الأسماك التي تستخدم معدات الصيد القاعية إلى تجنب تعريض النُظم الإيكولوجية البحرية الهشة لآثار ضارة كبيرة. ووفرت الإرشادات المتخصصة من منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) (FAO, 2009) الدعم للدول والمنظمات الإقليمية لإدارة مصائد الأسماك في تحديد النظم الإيكولوجية البحرية الهشة وتشغيل مصائد الأسماك بطرق تمتثل للقرار.

وعززت الإجراءات المتخذة وفقا للقرار 61/105 الجهود الجارية التي تبذلها المنظمات الإقليمية لإدارة مصائد الأسماك من أجل إدارة آثار مصائد الأسماك على التنوع البيولوجي. وباتت تطبق حاليا عمليات إغلاق محددة مكانية وزمنية وقواعد ابتعاد، تنشأ عن مؤشرات تنبئ بوجود نظم إيكولوجية بحرية هشة، بالاقتران مع مجموعة متنوعة من نُهُج الإدارة المكانية لمستويات الصيد المحدد الأهداف والمقيد والقواعد التنظيمية المتعلقة بالمعدات وبنشاط الصيد. والهدف من هذه الجهود هو إبقاء آثار مصائد الأسماك على الأنواع المستهدفة، والأنواع المصيدة بشكل عرضي، وموائل قاع البحار، والمجتمعات الإيكولوجية ضمن مستويات إيكولوجية آمنة (Garcia and others, 2014). وقد كان أداء المنظمات الإقليمية لإدارة مصائد الأسماك في تنفيذ ولاية حماية الموائل والأنواع في قاع البحار متفاوتاً مع مرور الوقت وفيما بين المنظمات (Gianni and others, 2016)، ولكن الأطر تعتبر سليمة ويجري إحراز تقدم (Bell and others, 2019).

4-1 - الإجراءات الحكومية الأخيرة

- أنشأت بعض بلدان القطب الشمالي وشمال المحيط الأطلسي آلية رصد طويلة الأمد وفعالة من حيث الوقت والتكلفة للصيد العرضي للافقاريات بشباك الجر في إطار الدراسات الاستقصائية التقييمية العلمية الوطنية القائمة للأسماك أو القريدس (Jørgensen and others, 2017).
- في جنوب المحيط الهادئ، تحظر سياسات حكومة نيوزيلندا[6] الصيد بشباك الجر القاعية وتجريف القيعان بهدف الحفاظ على بيئة أعماق البحار في مناطق إغلاق الجبال البحرية ومناطق الحماية القاعية، وهناك أدلة على أن الأنواع القاعية التي تثير القلق قد استفادت من إجراءات الحظر تلك (Kelly and others, 2000).
- في القطب الشمالي، أغلقت حكومة النرويج في عام 2019 مساحة 442 022 كيلومتراً مربعاً أمام الصيد بشباك الجر القاعية في بحر بارنتس (Jørgensen and others, 2020).
- في شمال المحيط الهادئ وبحر بوهاي، جرى، في عام 2018، اعتماد تدابير صارمة للإصلاح الإيكولوجي وحفظ موارد مصائد الأسماك[7].

[6] انظر: www.mpi.govt.nz/dmsdocument/7242-compliance-fact-sheet-7-benthic-protection-areas-and-seamount-closures.
[7] انظر: www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/201812/t20181211_684232.html.

- في خليج المحيط الهندي، لا يزال التنفيذ الفعلي متدنيا، على الرغم من القواعد والأنظمة التي تحمي النظام الإيكولوجي البحري من الأخطار والأنشطة المدمرة.
- في البحر الأبيض المتوسط، جرى مؤخراً تقييم حالة حفظ الإسفنج محلياً في منطقة بحر إيجه الإيكولوجية (Gerovasileiou and others, 2018).
- تقوم السلطات المختصة في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي بتنفيذ التوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية[8]. وفي المناطق المعنية، يجب أن تبقى سلامة قاع البحر عند مستوى يحمي هيكل النظم الإيكولوجية ووظيفتها ولا يؤثر سلبا في النظم الإيكولوجية القاعية. وتزيد الدورة الثانية من خطط التنفيذ بموجب التوجيه[9] من حماية تضاريس قاع البحر الهامة للافقاريات القاعية من آثار مصائد الأسماك. ويشمل ذلك، من بين أمور أخرى، حظر معدات الصيد القاعية المتنقلة في الأعماق الضحلة التي تقل عن 50 مترا، لحماية الموائل الهشة، من قبيل طبقات الأعشاب البحرية.

ويكتسي الهدف 11 من أهداف آيتشي للتنوع البيولوجي في اتفاقية التنوع البيولوجي[10]، وهي مبادرة عالمية رئيسية أخرى في مجال السياسات، أهمية مباشرة بالنسبة للافقاريات القاعية. وتدعو هذه المبادرة إلى وضع استراتيجية محكمة لحفظ الطبيعة تقوم على منظومة للمناطق المحمية تدار بطريقة فعالة وعادلة وتكون ممثلةً للنظم الإيكولوجية ومترابطة على نحو جيد (انظر أيضا Kenchington and others, 2019) وغيرها من التدابير الفعالة لحفظ المناطق، ودمجها في المناظر البحرية الأوسع نطاقا (انظر أيضا الفصلين 26 و27). ويشمل الهدف 11 التعرف على مناطق الحماية وتحديدها مكانيا، وضمان المقاييس التي تلائم الاحتياجات المكانية والزمانية لخصائص التنوع البيولوجي.

ويهدف هذا النهج إلى تحقيق نتائج إيجابية ومستدامة طويلة الأجل لحفظ التنوع البيولوجي، ولا سيما تنوع اللافقاريات القاعية وما يرتبط به من وظائف وخدمات النظم الإيكولوجية، وعند الاقتضاء، القيم الثقافية والروحية والاجتماعية والاقتصادية وغيرها من القيم ذات الأهمية محليا.

ويمكن للتنوع البيولوجي للافقاريات القاعية أن يستفيد بصورة خاصة من تلك التطورات، نظراً إلى أن موائل قاع البحار، كما هو موثَّق في هذا الفصل الفرعي، تعاني من ضغوط وتأثيرات من قطاعات كثيرة ومن الأنشطة المرتبطة بها، وهي متنوعة إلى حد أن فعالية أنواع محددة من تدابير الحفظ تختلف اختلافاً كبيراً وفقا للظروف البيئية المحددة والتاريخ ومزيج من الضغوط البشرية، بما في ذلك تغير المناخ.

وعلى العموم، فإن زيادة تغطية شبكة المناطق المحمية البحرية من شأنها أن تقلل من الضغوط على اللافقاريات القاعية وأن تيسر تعافي المناطق المتأثرة سلبا. ويسهم الهدف 11 من أهداف آيتشي للتنوع البيولوجي في زيادة الوعي بأن استراتيجيات الحفظ تحتاج إلى تجاوز حماية فرادى المناطق البحرية المعزولة (CBD, 2011). وشبكات المناطق البحرية المحمية هي أدوات أساسية لحفظ التنوع البيولوجي مصممة لتحسين حماية التنوع البيولوجي البحري من خلال إدراج النطاقات المكانية التي تعكس على نحو أفضل تطور توزيع الأنواع. ويعزز الهدف 11 أيضا الحفظ خارج الحدود من خلال الاعتراف بالدور الحاسم للحوكمة والعوامل الاقتصادية والاجتماعية والإيكولوجية التي تعمل بطريقة متضافرة للتأثير في النتائج الإيكولوجية (Meehan and others, 2020).

[8] متاح على الرابط التالي: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX: 32008L0056.
[9] انظر: https://mcc.jrc.ec.europa.eu/main/dev.py?N=24&O=202&titre_chap=D6%20Sea-floor%20integrity&titre_page=Implementation#2016331103713.
[10] انظر: www.cbd.int/sp/targets/rationale/target-11/.

5 - تحقيق أهداف التنمية المستدامة ذات الصلة[11] والمساهمة في الهدف 11 من أهداف آيتشي للتنوع البيولوجي

ستقوض الاتجاهات السلبية الحالية في التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية التقدم المحرز نحو تحقيق الهدف 11 من أهداف آيتشي للتنوع البيولوجي، الذي يشمل حفظ نسبة 10 في المائة من المناطق الساحلية والبحرية ذات الأهمية الخاصة للتنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية بحلول عام 2020 من خلال منظوماتٍ من المناطق المحمية تدار بطريقة فعالة وعادلة وتكون ممثلةً للنظم الإيكولوجية ومترابطة على نحو جيد، ومن خلال تدابير حفظ فعالة أخرى متخذة حسب المناطق، ودمجها في المناظر الطبيعية البرية والبحرية الأوسع نطاقا.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات

6-1 - الثغرات في المعارف

- لا تزال الدراسات المتعلقة بتأثير المناطق المحمية محدودة.
- الاستعراضات لا تصنف الآثار (مثل تغيّر المناخ، واستغلال الموارد، والتلوث) المترتبة على التنوع البيولوجي البحري بحسب مجموعات الأنواع. ويحد ذلك من المعارف المتعلقة بقيمة اللافقاريّات وأهميتها بالنسبة لرفاه الإنسان.
- هناك نقص في دراسات خط الأساس لحالة التنوع البيولوجي (بالنسبة للمناطق الإيكولوجية أو للموائل التي هي مناطق شديدة التنوع البيولوجي) فيما يتعلق بالمناطق المتوسطة الإضاءة والكهوف المغمورة والكثير من الجبال البحرية التي يقدر عددها بالآلاف على صعيد العالم.

6-2 - الثغرات في مجال بناء القدرات في الميدان

- يجب أن تستمر الحماية الواسعة النطاق لقاع البحار، على الصعيدين الوطني والدولي على حد سواء، من أجل الحفاظ على التنوع البيولوجي القاعي وتجنب الانقراض المحلي للأنواع من قبل حتى أن يتم توثيقها.
- تتمثل الحاجة الأشد إلحاحا في وضع قوائم للأنواع ذات التوزع الجغرافي المحدود الناجم في كثير من الأحيان عن احتياجات الموائل المتخصصة. والواقع أنه حتى لو جرى على مدى العقد المقبل وصف عدد 100 وحدة تصنيفية كل عام، لن يضيف ذلك سوى 1 000 نوع فقط قبل البدء المتوقع، حسب بعض الخبراء، لأنشطة التعدين التجارية في أعماق البحار (Glover and others, 2018).
- لزيادة المعارف المتعلقة بالتنوع البيولوجي وفهم النظم الإيكولوجية، ينبغي أن تبلغ الرحلات البحرية الوطنية التي تتم لأغراض التقييم المنتظم عن المصيد العلمي المستهدف وغير المستهدف على حد سواء.
- ينبغي إعطاء الأولوية للإدارة المتكاملة للمحيطات من أجل تنسيق الحفظ والإدارة فيما بين جميع الأنشطة ذات الصلة.
- ينبغي للمديرين أن يضعوا وينفذوا تدابير مشتركة ومحددة جيدا لتبيُّن الموائل القاعية المتدهورة في المياه الوطنية والدولية والتصدي لهذا التدهور.
- ثمة حاجة إلى إجراء دراسات لتحديد آثار تناقص القاعيات أو فقدانها على النظام الإيكولوجي، لا سيما في سياق تفاعلات الشبكة الغذائية.
- ثمة حاجة إلى إجراء دراسات لتحديد مدى تأثر الإمدادات الغذائية في حالة اختفاء المجتمعات القاعية المجتناة.
- ينبغي تقييم الأثر التراكمي للعوامل المحركة والضغوط التي يمكن أن تؤثر مجتمعةً على التنوع البيولوجي البحري.

[11] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

المراجع

Betti, F., and others (2020). Effects of the 2018 exceptional storm on the *Paramuricea clavata* (Anthozoa, Octocorallia) population of the Portofino Promontory (Mediterranean Sea). *Regional Studies in Marine Science*, vol. 34, 101037.

Birchenough, Silvana N.R., and others (2015). Climate change and marine benthos: a review of existing research and future directions in the North Atlantic. In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, eds. Henning Reiss and others, vol. 6, No. 2, pp. 203–223.

Clark, Malcolm R., and others (2019). Little evidence of benthic community resilience to bottom trawling on seamounts after 15 years. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 63.

Claus, Simon, and others (2014). Marine regions: towards a global standard for georeferenced marine names and boundaries. *Marine Geodesy*, vol. 37, No. 2, pp. 99–125.

Convention on Biological Diversity secretariat (CBD) (2011). Strategic plan for biodiversity 2011–2020: Provisional technical rationale, possible indicators and suggested milestones for the Aichi Biodiversity Targets. Japan: Nagoya.

Cooper, K.M., and J. Barry (2017). A big data approach to macrofaunal baseline assessment, monitoring and sustainable exploitation of the seabed. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 12431.

Creed, Joel C., and others (2016). The invasion of the azooxanthellate coral Tubastraea (Scleractinia: Dendrophylliidae) throughout the world: history, pathways and vectors. *Biological Invasions*, vol. 19, No. 1, pp. 283–305.

Cruz, Igor C.S., and others (2018). Marginal coral reefs show high susceptibility to phase shift. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 135, pp. 551–561.

Deidun, Alan, and others (2015). First characterisation of a *Leiopathes glaberrima* (Cnidaria: Anthozoa: ntipatharia) forest in Maltese exploited fishing grounds. *Italian Journal of Zoology*, vol. 82, No. 2, pp. 271–280.

Eddy, Tyler D., and others (2017). Ecosystem effects of invertebrate fisheries. *Fish and Fisheries*, vol. 18, No. 1, pp. 40–53.

EMODnet Bathymetry Consortium (2016). *EMODnet Digital Bathymetry (DTM 2016). EMODnet Bathymetry Consortium*. https://sextant.ifremer.fr/record/c7b53704-999d-4721-b1a3-04ec60c87238.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2009). International guidelines for the management of deep-sea fisheries in the high seas. Rome. www.fao.org/in-action/vulnerable-marine-ecosystems/background/deep-sea-guidelines/en/

Ferrario, Filippo, and others (2014). The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nature Communications*, vol. 5, art. 3794.

Flanders Marine Institute (2018). IHO Sea Areas, version 3. (accessed on 25 October 2019). https://doi.org/10.14284/323.

Frölicher, T.L., and Laufkötter, C. (2018). Emerging risks from marine heat waves. *Nature Communications*, vol. 9, art. 650.

Garbary, David J., and others (2014). Drastic decline of an extensive eelgrass bed in Nova Scotia due to the activity of the invasive green crab (*Carcinus maenas*). *Marine Biology*, vol. 161, No. 1, pp. 3–15.

García-March, J.R., and others (2007). *Preliminary data on the Pinna nobilis population in the marine protected area of Rdum Il-Majjiesa to Ras Ir-Raheb (N.W. Malta).* Poster presented at the European Symposium on MPAs as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Murcia, Spain.

GEBCO (2015). The GEBCO_2014 Grid, version 20150318. (accessed on 25 October 2019). www.gebco.net.

Genevier, L.G., and others, 2019. Marine heatwaves reveal coral reef zones susceptible to bleaching in the Red Sea. *Global Change Biology*, vol. 25, No. 7, pp. 2338–2351.

Gerovasileiou, V., and others (2018). Assessing the regional conservation status of sponges (Porifera): the case of the Aegean ecoregion. *Mediterranean Marine Science*, vol. 19, No. 3, pp. 526–537. https://doi.org/10.12681/mms.14461.

Glover, Adrian G., and others (2018). Point of View: Managing a sustainable deep-sea 'blue economy' requires knowledge of what actually lives there. *ELife*, vol. 7, e41319.

Gobin, J. (2016). Environmental Impacts on Marine Benthic Communities in an Industrialized Caribbean Island–Trinidad and Tobago. *Marine Benthos: Biology, Ecosystem Functions and Environmental Impact*. New York: Nova Science Publishers.

Grebmeier, Jacqueline M. (2012). Shifting patterns of life in the Pacific Arctic and sub-Arctic seas. *Annual Review of Marine Science*, vol. 4, pp. 63–78.

Grebmeier Jacqueline, and others (2015). Ecosystem characteristics and processes facilitating persistent macrobenthic biomass hotspots and associated benthivory in the Pacific Arctic. *Progress in Oceanography*, vol. 136, pp. 92–114.

Hernández-Delgado, E.A., and others (2020). Hurricane Impacts and the Resilience of the Invasive Sea Vine, *Halophila stipulacea*: a Case Study from Puerto Rico. *Estuaries and Coasts*, pp. 1–21.

Heron, Scott Fraser, and others (2017). *Impacts of Climate Change on World Heritage Coral Reefs: A First Global Scientific Assessment*. Paris: UNESCO.

Hiddink, Jan Geert, and others (2017). Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 31, pp. 8301–8306.

Hiddink, J.G., and others (2019). Assessing bottom trawling impacts based on the longevity of benthic invertebrates. *Journal of Applied Ecology*, vol. 56, No. 5, pp. 1075–1084.

Hossain, Maruf Md. M. (2010). *Ship Breaking Activities: Threat to Coastal Environment, Biodiversity and Fishermen Community in Chittagong, Bangladesh*. Publication Cell, Young Power in Social Action.

Hughes, T.P., and others (2018). Large-scale bleaching of corals on the Great Barrier Reef. *Ecology*, vol. 99, No. 2, pp. 501–501.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2018a). *Summary for Policymakers of the Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Africa of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. eds. E . Archer and others. Bonn, Germany: IPBES secretariat.

_____ (2018b). *Summary for Policymakers of the Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Asia and the Pacific of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. eds. M. Karki and others. Bonn, Germany: IPBES secretariat.

_____ (2018c). *Summary for Policymakers of the Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for the Americas of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. eds. J. Rice and others. Bonn, Germany: IPBES secretariat.

_____ (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.* eds. Sandra Díaz and others. Paris: IPBES secretariat.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019). Summary for Policymakers. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_SPM_Approved.pdf.

Jørgensen, Lis L., and others (2017). Benthos. In *State of the Arctic Marine Biodiversity Report*, pp. 85–107. Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF).

Jørgensen, Lis L., and others (2019). Impact of multiple stressors on sea bed fauna in a warming Arctic. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 608, pp. 1–12.

Kelly, S., and others (2000). Spiny lobster, *Jasus edwardsii*, recovery in New Zealand marine reserves. *Biological conservation*, vol. 92, No. 3, pp. 359–369.

Jørgensen, Lis L., and others (2020). Responding to global warming: new fisheries management measures in the Arctic. *Progress in Oceanography*, vol. 188, art. 102423.

Kenchington, Ellen, and others (2006). Effects of experimental otter trawling on benthic assemblages on Western Bank, northwest Atlantic Ocean. *Journal of Sea Research* vol. 56, pp. 249–270.

Kenchington, Ellen, and others (2019). Connectivity modelling of areas closed to protect vulnerable marine ecosystems in the northwest Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 143, pp. 85–103.

Kibria, Golam, and others (2016). Trace/heavy metal pollution monitoring in estuary and coastal area of Bay of Bengal, Bangladesh and implicated impacts. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 105, No. 1, pp. 393–402.

Krumhansl, Kira A., and others (2016). Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, No. 48, pp. 13785–13790.

Le Nohaïc, Morane, and others (2017). Marine heatwave causes unprecedented regional mass bleaching of thermally resistant corals in northwestern Australia. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 14999.

Ling, Scott D., and John P. Keane (2018). Resurvey of the Longspined Sea Urchin (*Centrostephanus rodgersii*) and associated barren reef in Tasmania. Hobart, Australia: University of Tasmania.

Lobanov, V. B., and others (2014). Chapter 5. Impact of climate change on marine natural systems, 5.6: Far-Eastern seas of Russia. In *Second Roshydromet Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Russian Federation*. Moscow: ROSHYDROMET. pp. 684–743.

Lysenko, V.N., and others (2015). The abundance and distribution of the Japanese sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) (Echinodermata: Stichopodidae), in nearshore waters of the southern part of the Far Eastern State Marine Reserve. *Russian Journal of Marine Biology*, vol. 41, No. 2, pp. 140–144.

Mallick, Debbrota, and others (2016). Seasonal variability in water chemistry and sediment characteristics of intertidal zone at Karnafully estuary, Bangladesh. *Pollution*, vol. 2, No. 4, pp. 411–423.

Mantelatto, Marcelo Checoli, and others (2018). Invasion of aquarium origin soft corals on a tropical rocky reef in the southwest Atlantic, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 130, pp. 84–94.

Matheson, K., and others (2016). Linking eelgrass decline and impacts on associated fish communities to European green crab (Linnaeus 1758) invasion. *Marine Ecology Progress Ser*ies, vol. 538, pp. 31–45.

McCauley, Douglas J., and others (2015). Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. *Science*, vol. 347, No. 6219, 1255641.

Meehan, Mairi C., and others (2020). How far have we come? A review of MPA network performance indicators in reaching qualitative elements of Aichi Target 11. Conservation Letters, e12746.

Mifsud, C., and others (2006). The distribution and state of health of *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows along the Maltese territorial waters. *Biologia Marina Mediterranea*, vol. 13, No. 4, pp. 255–261.

Miller, Kathryn A., and others (2018). An overview of seabed mining including the current state of development, environmental impacts, and knowledge gaps. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 418.

Molla, H.R., and others (2015). Spatio-temporal variations of microbenthic annelid community of the Karnafuli River Estuary, Chittagong, Bangladesh. *International Journal of Marine Science*, vol. 5, No. 26, pp. 1–11.

Neves, R.A.F., and others (2013). Factors influencing spatial patterns of molluscs in a eutrophic tropical bay. *Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 93, No. 3, pp. 577–589.

Nosova, Tatyana, and others (2018). Structure and long–term dynamics of zoobenthos communities in the areas of scallop *Chlamys islandica* beds at Kola Peninsula. *Izvestiya TINRO*, vol. 194, pp. 27–41. https://doi.org/10.26428/1606–9919–2018–194–27–41.

OBIS (2019). Ocean Biogeographic Information System. 2019. www.obis.org.

Pecl, Gretta, and others (2014). Redmap: ecological monitoring and community engagement through citizen science. *Tasmanian Naturalist*, vol. 136, pp. 158–164.

Pessoa, L.A., and others (2019). Intra–annual variation in rainfall and its influence of the adult's *Cyprideis* spp. (Ostracoda, Crustacea) on a eutrophic estuary (Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, (AHEAD).

Provoost, Pieter, and Samuel Bosch (2018). obistools: Tools for data enhancement and quality control. Ocean Biogeographic Information System. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. https://cran.r–project.org/package=obistools.

Rabaoui, Lotfi, and others (2015). Occurrence of the lessepsian species *Portunus segnis* (Crustacea: Decapoda) in the Gulf of Gabes (Tunisia): first record and new information on its biology and ecology. *Cahiers de Biologie Marine*, vol. 56, No. 2, pp. 169–175.

Ramalho, Sofia P., and others (2018). Bottom–trawling fisheries influence on standing stocks, composition, diversity and trophic redundancy of macrofaunal assemblages from the West Iberian Margin. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 138, pp. 131–145.

Simboura, N., and others (2014). Benthic community indicators over a long period of monitoring (2000–2012) of the Saronikos Gulf, Greece, Eastern Mediterranean. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 186, No. 6, pp. 3809–3821.

Snelgrove, P.V.R., and others (1997) The importance of marine sediment biodiversity in ecosystem processes, *Ambio*, vol. 26, pp. 578–583.

Officer, C.B., and others (1982). Benthic filter feeding: a natural eutrophication control. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 9, pp. 203–210.

Stuart–Smith, Rick D., and others (2018). Ecosystem restructuring along the Great Barrier Reef following mass coral bleaching. *Nature*, vol. 560, pp. 92–96.

Tsiamis, Konstantinos, and others (2019). Non–indigenous species refined national baseline inventories: A synthesis in the context of the European Union's Marine Strategy Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 145, pp. 429–435.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Valiela, Ivan (1995). *Marine Ecological Processes*. New York, Springer–Verlag, second edition.

Vandepitte, Leen, and others (2018). A decade of the World Register of Marine Species–General insights and experiences from the Data Management Team: Where are we, what have we learned and how can we continue? *PloS One*, vol. 13, No. 4, e0194599.

Wang, H.J., and others (2018). The characteristics and changes of the species and quantity of macrobenthos in Yueqing Bay. *Marine Sciences*, vol. 6, pp. 78–87 (in Chinese with English abstract).

Warchol, Greg, and Michael Harrington (2016). Exploring the dynamics of South Africa's illegal abalone trade via routine activities theory. *Trends in Organized Crime*, vol. 19, No. 1, pp. 21–41.

WoRMS Editorial Board (2019). WoRMS – World Register of Marine Species. www.marinespecies.org. https://doi.org/10.14284/170.

Yesson, Chris, and others (2016). The impact of trawling on the epibenthic megafauna of the west Greenland shelf. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 3, pp. 866–876.

Zakharov Denis V., and others (2018). Diet of the snow crab in the Barents Sea and macrozoobenthic communities in the area of its distribution. *Trudy VNIRO*. vol. 172, pp. 70–90 (in Russian).

Zalota, Anna K., and others (2018). Development of snow crab *Chionoecetes opilio* (Crustacea: Decapoda: Oregonidae) invasion in the Kara Sea. *Polar Biology*, vol. 41, No. 10, pp. 1983–1994.

إضافة من فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية- الاقتصادية

حالة اللافقاريّات المحيطية: رأسيات الأرجل

من بين الأنواع التي قام الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة والموارد الطبيعية بدراستها، وعددها 750 نوعاً، يصنف نوعٌ واحد فقط على أنه مهدد بشدة بالانقراض واثنان على أنهما مهددان بالانقراض وآخران على أنهما معرضان للانقراض، وجميعها من نوع الأخطبوطيات مظلية الأرجل التي تعيش في أعماق البحار (IUCN, 2020).

ومع ذلك، فإن أكثر من 419 نوعاً تعتبر أنواعاً ناقصة البيانات، وهي تشمل العديد من كائنات أعماق البحار (IUCN, 2020). وقد أُضيفت في عام 2017 عشرة أنواع من حيوانات النُوتي البحرية إلى التذييل الثاني لاتفاقية الاتجار الدولي بأنواع الحيوانات والنباتات البرية المهددة بالانقراض لتنظيم الاتجار الدولي بها.

وعلى الرغم من أن المعلومات المتوافرة عن كثير من كائنات أعماق البحار ما زالت نادرة، فإن التطورات الأخيرة في بحوث أعماق البحار زادت من فهم إيكولوجيا وبيولوجيا رأسيات الأرجل التي تعيش في أعماق البحار. ففي وسط المحيط الهادئ، تم تسجيل عملية رصد نادرة لسلوكيات التزاوج والتكاثر لدى أنواع من حبار أعماق البحار تنتمي إلى جنس Chiroteuthis (Vecchione, 2019). وفي عام 2019، جرى في خليج المكسيك تصوير حبار عملاق من أضخم أنواع الحبار (قد يصل طوله إلى 13 متراً) وأكثرها غموضا، وكانت تلك هي المرة الثانية فقط التي يُسجل فيها وجود هذا النوع منذ أن رُصد للمرة الأولى في عام 2012. وأجري تحليل للحمض النووي الميتوكوندري لعدد 43 عينة من مناطق شمال المحيط الهادئ والمحيط الأطلسي وأوقيانوسيا يدعم الفرضية القائلة بأن الحبابير العملاقة تنتمي إلى نوع واحد (هو Architeuthis dux) (Winkelmann and others, 2013). وتم تحديد التغيرات النشأوية في استراتيجية تغذية الحبار مصاص الدماء (Vampyroteuthis infernalis) باستخدام تحليلات النظائر المستقرة (Golikov and others, 2019).

وقد تبيّن من دراسات أجريت مؤخرا أن معدلات صيد العشرات من أنواع رأسيات الأرجل شهدت لعدة عقود اتجاها تصاعديا مشتركا اقترن باستراتيجيات بيولوجية وإيكولوجية مختلفة (فوق قاعية، ومحيطية قاعية، وفي البحار المفتوحة) في مناطق محيطية متنوعة (Doubleday and others, 2016). ويعزى هذا الانتشار إلى قدرة تلك الأنواع العالية على التكيف والصمود إزاء التقلبات البيئية بفضل نموها السريع ومرونتها في التطور. وفي مثال على ذلك، يُعتقد أن ضيق منطقة الحد الأدنى من الأكسجين في نظام تيار كاليفورنيا أدى إلى تحسين ظروف التغذية بالنسبة لحبار همبولت (Dosidicus gigas). وقد سمح ذلك لهذا النوع بالتنامي والتوسّع في نطاق توزّعه باتجاه الشمال حتى خليج ألاسكا (Stewart and others, 2014). وفي بحر الشمال، يُعتقد أن الاتجاه الاحتراري الذي امتد من منتصف عقد الثمانينيات من القرن الماضي حتى منتصف العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين كان السبب في الزيادة المشهودة في وفرة عدة أنواع من الحبار عموماً وفي اتساع توزّعها نحو الشمال (van der Kooij and others, 2016). ويمكن أن يؤدي الاحترار المستقبلي للمحيط المتجمد الشمالي إلى تسهيل توسّع الحبار القاعي الأوروبي (Sepia officinalis) عبر القطب الشمالي ليصل إلى شمال المياه الكندية بحلول عام 2300 (Xavier and others, 2016). وفي المياه الأسترالية، تؤدي المياه الدافئة المرتبطة بامتداد تيار شرق أستراليا باتجاه القطب إلى تيسير انتشار الأخطبوط المعتم (Octopus tetricus) (Ramos and others, 2018).

المراجع

Doubleday, Zoë A., and others (2016). Global proliferation of cephalopods. *Current Biology*, vol. 26, No. 10, pp. R406–R407.

Golikov, Alexey V., and others (2019). The first global deep-sea stable isotope assessment reveals the unique trophic ecology of vampire squid *Vampyroteuthis infernalis* (Cephalopoda). *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 19099. https://doi.org/10.1038/s41598-019-55719-1.

International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2020). *The IUCN Red List of Threatened Species*. www.iucnredlist.org.

Ramos, Jorge E., and others (2018). Population genetic signatures of a climate change driven marine range extension. *Scientific Reports*, vol. 8,art. 9558. https://doi.org/10.1038/s41598-018-27351-y.

Stewart, Julia S., and others (2014). Combined climate- and prey-mediated range expansion of Humboldt squid (*Dosidicus gigas*), a large marine predator in the California current system. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 6, pp. 1832–1843. https://doi.org/10.1111/gcb.12502.

Van der Kooij, Jeroen, and others (2016). Climate change and squid range expansion in the North Sea. *Journal of Biogeography*, vol. 43, No. 11, pp. 2285–2298. https://doi.org/10.1111/jbi.12847.

Vecchione, Michael (2019). ROV observations on reproduction by deep-sea cephalopods in the central Pacific Ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 403. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00403.

Winkelmann, Inger, and others (2013). Mitochondrial genome diversity and population structure of the giant squid *Architeuthis*: genetics sheds new light on one of the most enigmatic marine species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 280, No. 1759, 20130273. https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0273.

Xavier, José C., and others (2016). Climate change and polar range expansions: could cuttlefish cross the arctic? *Marine Biology*, vol. 163, No. 4, art. 78. https://doi.org/10.1007/s00227-016-2850-x.

الفصل 6 جيم
الأسماك

المساهمون: توماس ج. ويب (منظم الاجتماعات)؛ وماريا خوسيه خوان- جوردا، وهيرويوكي موتومورا، وفرانسيسكو نافاريتي - مير، وهين أوجافير (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي)، وهيزل أ. أوكسنفورد، وتشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، وكلايف روبرتس، ومودجيكيويس د. سانتوس، وتريسي ساتن، ومايكل ثورندايك.

النقاط الرئيسية

- من خلال تعبئة البيانات القائمة وتطوير الأدوات والمستودعات العالمية المفتوحة، يمكن الحصول على صورة عالمية عن تنوع الأسماك البحرية بأنواعها البالغ عددها 762 17 نوعا معروفا، بما في ذلك 238 نوعاً تم وصفها منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017e).
- رغم أن المعارف المتعلقة بالتنوع البيولوجي للأسماك البحرية تتجاوز المعارف المتعلقة بالعديد من الأصنوفات البحرية الأخرى، سيكون من اللازم إدخال مزيد من التحسينات لا على البنى التحتية المتعلقة بتصنيف الأحياء ونظامياتها البيولوجية فحسب بل وعلى طرق استكشاف المحيطات أيضا وتحديد خصائصها، وذلك من أجل الحصول على معارف وافية.
- قام الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة بتقييم حالة حفظ أكثر من النصف من أنواع الأسماك البحرية المعروفة، وقد أُجري ثلث هذه التقييمات تقريبا بعد صدور التقييم العالمي الأول للمحيطات.
- من بين أنواع الأسماك التي أجريت تقييمات لحفظها، كان نحو 6 في المائة من الأسماك العظمية وحوالي 50 في المائة من صُفيحيات الخياشيم و 10 في المائة من أسماك الكايميرا إضافة إلى سمك السيلاكانت بنوعيه مهدداً أو شبه معرض للانقراض.
- لا تزال القدرة على توثيق وفهم تنوع الأسماك البحرية في ازدياد، ولكن تتبقى ثغرات كبيرة بالنسبة لمجموعات معينة من النظم الإيكولوجية (مثل أسماك المنطقة الوسيطة العمق) وفي التنبؤ بسبل الاستجابة اللازمة لمعالجة عوامل الإجهاد الخارجية المتعددة المتزامنة.

1 - مقدمة

يغطي هذا الفصل الفرعي تصنيف الأسماك البحرية وتوزيعها وموائلها وحالة حفظها، مع التركيز على كيفية تغير الحالة العامة للمعارف منذ صدور التقييم العالمي الأول. ويُنظر بإيجاز في عواقب التغير في تنوع الأسماك بالنسبة للبشرية، كما تُقدم منظورات خاصة بمناطق محددة. ويختتم الفصل بإيراد التوقعات المتعلقة بالتنوع البيولوجي للأسماك، بما في ذلك الثغرات المستمرة في المعارف والقدرات. ويُنظر في جميع الأنواع ذات التصنيف المعتمد من الطائفة الرئيسية للأسماك الواردة في السجل العالمي للأنواع البحرية (WoRMS, 2019)، وعددها 762 17 نوعا، بما في ذلك الأسماك العظمية (طائفة الأسماك الشعاعية الزعانف، 503 16 أنواع) وأسماك القرش والشفنين البحري (طائفة صُفيحيات الخياشيم، 202 1 نوعا) وأسماك الكايميرا (طائفة كاملات الرؤوس، 55 نوعا) والأسماك الشوكية الجوف (طائفة شوكيات الجوف، نوعان).

وتبلغ الكتلة الأحيائية العالمية للأسماك البحرية حوالي أربعة أضعاف الكتلة الأحيائية الإجمالية لجميع الطيور والثدييات (Bar-On and others, 2018)، وتشكّل الأسماك جزءا هاما من التنوع البيولوجي البحري. ويتألف ما يقرب من 70 في المائة من الكتلة الأحيائية للأسماك البحرية من أسماك المنطقة الوسيطة العمق، وإن كانت نطاقات التقدير واسعة، إذ توجد في أعماق تتراوح بين 200 و 000 1 متر (Irigoien and others, 2014؛ و Hidalgo and Browman, 2019). وتعيش الأسماك في جميع أنحاء محيطات العالم وفي أعماق شديدة التنوع. ويُذكر، على سبيل المثال، أن الأسماك التي رُصدت حية في أقصى الأعماق هي أسماك الحلزون من نوع Pseudoliparis swirei، التي وُضع وصفها رسميا في عام 2017 وعُثر عليها في أعماق تزيد عن 000 8 متر في أخدود ماريانا في المحيط الهادئ (Linley and others, 2016؛ و Gerringer and others, 2017).

وتلعب الأسماك دوراً رئيسياً في الشبكات الغذائية البحرية ككائنات مفترسة وكفرائس على حد سواء، وكثيرا ما تتنقل عبر مستويات مختلفة في الشبكات الغذائية خلال دورة حياتها كانتقالها مثلا من طور اليرقة العالقة إلى طور السمكة البالغة المفترسة. ويختلف التنوع البيولوجي للأسماك بين الموائل. وتبين المعلومات المتعلقة بالانتماء الموئلي للأسماك التي ترد في نظام FishBase لمعلومات التنوع البيولوجي، والتي سُجّلت لعدد 17 246 نوعاً (97 في المائة من جميع الأنواع المعروفة) أن معظم الأسماك العظمية ترتبط بمنطقة ما قبل القاع أو بالشعاب البحرية، في حين أن أغلب أنواع القرش والشفنين البحري والكايميرا وشوكيات الجوف تعتبر أسماكا تعيش في منطقة ما قبل القاع أو المنطقة الأقرب من القاع (انظر الجدول 1).

والتنوع البيولوجي للأسماك في تغير، والأسماك حساسة للتغيرات البيئية التي تسببها الضغوط الخارجية المتعددة (Comte and Olden, 2017) كما أنها تتأثر بالاستغلال الذي يتم عن طريق مصائد الأسماك (انظر الفصل 15)، وهو ما له آثار هامة على رفاه الإنسان (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018). وقد تضمن التقييم العالمي الأول فصولاً عن تحديات الحفظ التي تتعرض لها أسماك القرش وغيرها من صُفيحيات الخياشيم بأنواعها الـ 1 088 (United Nations, 2017c) وأسماك التونة والخرمان بأنواعها الـ 25 (ibid., 2017d). وبالإضافة إلى ذلك، كشفت الفصول التوليفية العامة أن الأسماك من بين أشهر المجموعات البحرية (ibid., 2017a, b)، مع تدرجات واضحة من حيث التنوع في التوزيع حسب خطوط العرض والعمق. وتتسم الآليات المسببة لتنوع الأسماك بالتعقيد، وهي تشمل استقرار النظام الإيكولوجي وعمره، وتقسيم المَكامِن، وكبح الهيمنة بواسطة الأنواع المفترسة (Rabosky and others, 2018).

وقد تم مؤخرا تحديد الاستغلال المفرط وفقدان الموائل وتدهورها كتهديدات كبرى للتنوع البيولوجي للأسماك البحرية؛ وفي حين أن آثار تغير المناخ أصبحت أكثر وضوحا، فإن التلوث لم يُعتبر تهديدا كبيرا (Arthington and others, 2016). وظهرت فيما بعد أدلة على أن التقييم العلمي والإدارة الفعالة لمصائد الأسماك يمكن أن يعكسا تأثير الاستغلال المفرط، على نحو يؤدي إلى زيادة في متوسط الوفرة بالنسبة للأرصدة المدارة جيدا التي تشكل نصف المَصيد العالمي المبلغ عنه، وإن كان الاستغلال المفرط لا يزال يشكل تهديدا كبيرا في المناطق التي تتسم بإدارة أقل تطورا لمصائد الأسماك (Hilborn and others, 2020). وزادت حدة آثار تغيّر المناخ والإجهاد الحراري على الأسماك البحرية، لا سيما مجتمعات أسماك الشعاب المرجانية (Robinson and others, 2019)، في حين أصبحت التهديدات الجديدة الآن، ومنها مثلا التلوث الناجم عن المواد البلاستيكية الدقيقة، موضع اهتمام متزايد من قبل الباحثين على الرغم من استمرار قدر كبير من عدم اليقين بشأن تأثيرها على صعيد المجموعات السمكية (Villarrubia-Gómez and others, 2018).

الجدول 1

عدد الأنواع البحرية ذات التصنيف المعتمد في كل فئة تصنيفية للأسماك وفق تصنيف السجل العالمي للأنواع البحرية، موزعةً حسب فئات الموائل الكبرى

الموئل	الطائفة							
	شعاعيات الزعانف		صُفيحيات الخياشيم		كاملات الرؤوس		شوكيات الجوف	
	عدد الأنواع (النسبة المئوية من الطائفة)	عدد الأنواع الموصوفة منذ عام 2015	عدد الأنواع (النسبة المئوية من الطائفة)	عدد الأنواع الموصوفة منذ عام 2015	عدد الأنواع (النسبة المئوية من الطائفة)	عدد الأنواع الموصوفة منذ عام 2015	عدد الأنواع (النسبة المئوية من الطائفة)	عدد الأنواع الموصوفة منذ عام 2015
الموائل القريبة من القاع	1 785 (11 في المائة)	4	314 (26 في المائة)	2	38 (69 في المائة)	–	–	–
الموائل فوق القاعية	5 691 (34 في المائة)	11	449 (37 في المائة)	5	11 (20 في المائة)	3	2 (100 في المائة)	–
الموائل المحيطية القاعية	1 422 (9 في المائة)	18	131 (11 في المائة)	13	4 (7 في المائة)	–	–	–
الموائل المحيطية العميقة	1 346 (8 في المائة)	3	33 (3 في المائة)	1	2 (4 في المائة)	–	–	–
الموائل المحيطية التي تعلو الجرف القاري	807 (5 في المائة)	38	34 (3 في المائة)	10	–	–	–	–
الموائل المحيطية المفتوحة	378 (2 في المائة)	1	83 (7 في المائة)	11	–	–	–	–
الموائل المرتبطة بالشعاب البحرية	4 618 (28 في المائة)	93	98 (8 في المائة)	1	–	–	–	–
موائل غير معروفة	456 (3 في المائة)	22	60 (5 في المائة)	2	–	–	–	–
المجموع	16 503	190	1 202	45	55	3	2	–

المصدر: هيئة التحرير التابعة للسجل العالمي للأنواع البحرية (2019) (WoRMS)؛ و Froese and Pauly (2019).

2 - التغيرات الموثقة في حالة التنوع البيولوجي للأسماك

يتطلب توثيق التغيرات في التنوع البيولوجي للأسماك أن يؤخذ في الاعتبار التصنيفُ الأحيائي للأسماك، بما في ذلك وصف الأنواع الجديدة؛ والتوزّع المكاني، الذي يمكن تقييمه باستخدام سجلات الانتشار للكشف عن التقلص أو التوسع في نطاقات توزّع الأنواع؛ والتقييمات الرسمية لحالة الحفظ التي يراد بها تسليط الضوء على الأنواع التي تثير القلق من حيث الحفظ. ومن الضروري أيضا تلخيص النتائج على صعيد المجموعات التصنيفية الأعلى وعلى صعيد مجموعات الأنواع التي توجد في مناطق موئلية مماثلة. وترد في الجدول 2 المصادر الأولية للبيانات التي تُستخدم في القياس الكمي لجميع جوانب التغير تلك.

الجدول 2
الأنواع الرئيسية للتجميعات العالمية للبيانات المتعلقة بالأسماك البحرية

نوع البيانات	المصدر	المرجع
التصنيف الأحيائي والنظاميات الحيوية	السجل العالمي للأنواع البحرية (WoRMS)	هيئة تحرير السجل العالمي للأنواع البحرية (2019) (WoRMS)
	أكاديمية كاليفورنيا للعلوم	van der Laan and others, 2019
	فهرس إيشماير للأسماك (Eschmeyer's Catalog of Fishes)	ricke and others, 2020
بيانات مدى الانتشار على الصعيد العالمي	نظام معلومات التنوع البيولوجي للمحيطات (OBIS)	OBIS, 2018
الانجذاب للموائل	نظام FishBase	Froese and Pauly, 2019
حالة الحفظ	القائمة الحمراء للأنواع المهددة الصادرة عن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة (IUCN)	IUCN, 2019

2-1 - التصنيف الأحيائي

جرى، منذ عام 2015، وصف 238 نوعاً جديداً من أنواع الأسماك البحرية وإضافتها إلى السجل العالمي للأنواع البحرية (انظر الجدول 1). وكان ما يقرب من نصف الأسماك العظمية (49 في المائة) التي تم وصفها حديثا مرتبطا بالشعاب البحرية، في حين كنت غالبية الأسماك الصُفيحية الخياشيم الموصوفة حديثا من النوع المحيطي (انظر الجدول 1). ويقل معدل الوصف هذا بنحو 6 إلى 7 مرات عن معدل نوع واحد موصوف في اليوم، المسجل بين عامي 1999 و 2013 (United Nations, 2017a). ويُستكمل هذا الجهد التصنيفي بدراسات حديثة لنشوء وتطور الأسماك العظمية (Rabosky and others, 2018) وأسماك القرش والشفنين البحري وأسماك الكايميرا (Stein and others, 2018).

2-2 - مدى الانتشار

لا تزال الأسماك ممثلة تمثيلا جيدا في قواعد بيانات مدى الانتشار العالمية، مما يوفر نظرة متعمقة على التوزيعات وعلى الجغرافيا الأحيائية والتحليلات الكلية الإيكولوجية. وإجمالا، يتضمن نظام معلومات التنوع البيولوجي للمحيطات (OBIS, 2018) عدد 222 302 20 سجلا لمدى الانتشار لما مجموعه 101 15 نوعا من الأسماك البحرية، حيث تشكّل الأسماك أكثر من ثلث جميع سجلات الانتشار. وتتوافر في نظام معلومات التنوع البيولوجي للمحيطات الآن سجلات انتشار لنسبة 85 في المائة من الأسماك العظمية، و 84 في المائة من صُفيحيات الخياشيم، و 78 في المائة من أسماك الكايميرا وأحد نوعي الأسماك شوكية الجوف. وقد أضيف ما مجموعه 913 306 من سجلات مدى الانتشار هذه بعد صدور التقييم العالمي الأول، وشملت 099 4 نوعاً من أنواع الأسماك (23 في المائة)، بما في ذلك 857 3 (23 في المائة) من الأسماك العظمية (ما مجموعه 385 241 سجل انتشار جديدا) و 233 (19 في المائة) من أسماك القرش والشفنين البحري (480 65 سجلا جديدا) و 8 (15 في المائة) من أسماك الكايميرا (46 سجلا جديدا) وأحد نوعي الأسماك الشوكية الجوف (سجلان جديدان). وسُجّلت في نظام معلومات التنوع البيولوجي للمحيطات، منذ عام 2015، أول رصد على الإطلاق لمدى الانتشار (ما مجموعه 153 سجل انتشار) لعدد 76 نوعا (68 من الأسماك العظمية و 8 من الأسماك الصُفيحية الخياشيم). وهذه الأنواع تعيش في المقام الأول في منطقة ما قبل القاع (32 نوعا) أو هي ترتبط بالشعاب البحرية (13 نوعا). وضُمّن نظام المعلومات المذكور بالفعل سجلات انتشار لخمسة أنواع مما مجموعه 238 نوعاً أضيفت إلى السجل العالمي للأنواع البحرية منذ صدور التقييم العالمي الأول.

2-3 - حالة الحفظ

الأسماك البحرية واحدة من المجموعات التصنيفية البحرية التي تم تقييمها جيداً من حيث حالة الحفظ (Webb and Mindel, 2015). وقد قيّم الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة نسبة 53 في المائة (372 9 نوعاً) من جميع الأسماك البحرية في القائمة الحمراء لعام 2019 (IUCN, 2019)[1]، وصنفت نسبة 44 في المائة (756 7 نوعاً) في فئات غير فئة "ناقصة البيانات". وأجريت نسبة 32 في المائة (008 3 أنواع) من جميع عمليات تقييم الأسماك البحرية بعد صدور التقييم العالمي الأول (2015). وحتى الآن لم يُعَد تقييم أي نوع من الأسماك البحرية منذ صدور التقييم العالمي الأول، وبالتالي لا يمكن استخدام القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة بعدُ لتقييم التغيرات في حالة فرادى الأنواع. ومع ذلك، فإن نسبة الأنواع في كل فئة من الفئات المهددة ترد في الجدول 3 موزعة حسب الفئة التصنيفية وفي الجدول 4 موزعة حسب الانتماء الموئلي. وتشير الأساليب الإيكولوجية وتلك القائمة على السمات المستعان بها للتنبؤ بحالة حفظ الأنواع الناقصة البيانات إلى أنه ينبغي أيضا، على الأقل بالنسبة لأسماك القرش والشفنين البحري التي توجد في المياه الأوروبية، اعتبار حوالي النصف إلى الثلثين من الأنواع المدرجة في هذه الفئة أنواعاً معرضة لخطر الانقراض (Walls and Dulvy, 2019). وتشير الأدلة الحديثة إلى أن نسبة 24 في المائة من متوسط الحيز الشهري الذي تستخدمه أسماك القرش تقع تحت تأثير مصائد الأسماك بالخيوط الطويلة في موائل البحار المفتوحة، وإلى أن أسماك القرش المحيطية لا يتوافر لها سوى حيز ملاذي محدود تحتمي فيه من المستويات الحالية لجهد الصيد في المناطق البحرية التي توجد خارج حدود الولاية الوطنية (Queiroz and others, 2019).

2-4 - أوجه التقدم في المعارف والقدرات ومساهمتها في تقييم تغيرات الحالة

أصبح من الممكن تقييم تغيرات الحالة منذ صدور التقييم العالمي الأول بفضل البيانات الجديدة المستمدة من برامج الرصد الطويلة الأجل الجارية (مثل المسوح الدولية للموارد السمكية باستخدام شبكات الجر القاعية التي يجريها المجلس الدولي لاستكشاف البحار)، ومساهماتِ جهات رصد مصائد الأسماك في جمع البيانات العلمية، والتصنيفات العالمية لتقييمات الأرصدة السمكية (مثل قاعدة بيانات RAM لتقييم الأرصدة السمكية) وتقييمات حالة الحفظ (مثل القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة لعام 2019)، وكذلك التحسينات في التكنولوجيا التي تسمح بأخذ العينات في بيئات جديدة (Linley and others, 2016)، وعمليات رصد فرادى التحركات عن طريق التعقب بواسطة الأقمار الاصطناعية (Curtis and others, 2018). وأمكن أيضا تحقيق زيادات هائلة في المعارف المتعلقة بتنوع الأسماك بفضل زيادة الصيد في المياه العميقة (حتى 200 1 متر) بواسطة السفن التجارية والسفن البحثية، إلى جانب تحقيق زيادة في أخذ عينات المياه الضحلة مما مكّن في بعض المناطق من اكتشاف العديد من الأنواع المتشابهة الخفية لأسماك الشعاب البحرية (Gordon and others, 2010). أما البنية التحتية للبيانات (مثل السجل العالمي للأنواع البحرية، ونظام معلومات التنوع البيولوجي للمحيطات، وبوابة بيانات المجلس الدولي لاستكشاف البحار)، وهي تشكّل العمود الفقري للتقييمات، فقد استُكملت بأدوات تحليلية جديدة تمكّن مستخدميها من التفاعل مع مصادر البيانات على مستوى البرمجة (Boettiger and others, 2012؛ و Chamberlain, 2018؛ و Chamberlain and Salmon, 2018؛ و Provoost and Bosch, 2019؛ و Millar and others, 2019). ويسرت تلك التطورات والأدوات استخدام منتجات البيانات المتعلقة بالأسماك البحرية كمؤشرات لحالة النظم الإيكولوجية البحرية (ICES, 2018, 2019).

[1] ركّز البحث على الأنواع المندرجة ضمن طوائف شعاعيات الزعانف وأشباه مدرعات الرؤوس والغضروفيات والماخطات ولحميات الزعانف في الموائل البحرية المحيطية، والبحرية القاعية العميقة، والمديّة البحرية، والبحرية الساحلية، وفوق المديّة أو البحرية الضحلة على النطاق العالمي، وذلك من أجل كفالة تغطية جميع الأنواع المشمولة بطائفة الأسماك الرئيسية التي ترد في السجل العالمي للأنواع البحرية (انظر: www.iucnredlist.org/search?perma-link=c53bbf34-fec3-4549-8a83-d7630d2bc6bd).

الجدول 3

عدد أنواع الأسماك البحرية في كل فئة من فئات الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، موزعة حسب الطائفة

فئة التصنيف حسب الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة	الطائفة											
	شعاعيات الزعانف			*صُفيحيات الخياشيم*			*كاملات الرؤوس*			*شوكيات الجوف*		
	قبل التقييم العالمي الأول	بعد التقييم العالمي الأول	المجموع	قبل التقييم العالمي الأول	بعد التقييم العالمي الأول	المجموع	قبل التقييم العالمي الأول	بعد التقييم العالمي الأول	المجموع	قبل التقييم العالمي الأول	بعد التقييم العالمي الأول	المجموع
أقل إثارة للقلق	4642	2071	6713 (٪80,6)	117	201	318 (٪31,8)	9	16	25 (٪54,3)	–	–	–
شبه معرضة للانقراض	70	27	97 (٪1,2)	85	22	107 (٪10,7)	2	–	2 (٪4,3)	–	–	–
معرضة للانقراض	171	39	210 (٪2,5)	80	27	107 (٪10,7)	–	1	1 (٪2,2)	1		1 (٪50)
مهددة بالانقراض	45	18	63 (٪0,8)	29	15	44 (٪4,4)	–	–	–	–	–	–
مهددة بشدة بالانقراض	25	2	27 (٪0,3)	14	24	38 (٪3,8)	–	–	–	1	–	1 (٪50)
منقرضة في البرية أو منقرضة	2	–	2 (٪0,02)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ناقصة البيانات	746	467	1213 (٪14,6)	310	75	385 (٪38,5)	15	3	18 (٪39,1)	–	–	–
المجموع	5701 (٪34,5)	2624 (٪15,9)	8325	635 (٪52,5)	364 (٪30,1)	999	26 (٪47,3)	20 (٪36,4)	46	2 (٪100)	صفر (صفر٪)	2

ملاحظة: يضم العمود المعنون "قبل التقييم العالمي الأول" عددَ الأنواع التي شملتها أحدث التقييمات المجراة قبل عام 2015، والعمود المعنون "بعد التقييم العالمي الأول" عددَ الأنواع التي جرى تقييمها منذ عام 2015. ويرد في الجدول أيضا العدد الإجمالي للأنواع في كل فئة من فئات الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، موزعة حسب الطائفة، والنسبة المئوية لجميع الأنواع المقيّمة في كل فئة من فئات الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، موزعة حسب الطائفة. ويبين الصف الأخير من الجدول العدد الإجمالي للأنواع التي جرى تقييمها قبل التقييم العالمي الأول وبعده في كل طائفة من الطوائف والنسبة المئوية لجميع الأنواع المدرجة ضمن طائفة معينة التي جرى تقييمها.

الجدول 4

عدد أنواع الأسماك البحرية في كل فئة من فئات الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، موزعة حسب الانتماء الموئلي

	غير مقيّمة		ناقصة البيانات		غير مهددة		مهددة	
	عدد الأنواع	النسبة المئوية من جميع الأنواع المعروفة	عدد الأنواع	النسبة المئوية من جميع الأنواع المعروفة	عدد الأنواع	النسبة المئوية من جميع الأنواع المعروفة	عدد الأنواع	النسبة المئوية من جميع الأنواع المعروفة
الموائل القريبة من القاع	1 325	61,9	285	34,9	491	60,1	41	5,0
الموائل فوق القاعية	3 060	49,7	617	19,9	2 169	69,9	317	10,2
الموائل المحيطية القاعية	936	60,0	124	19,8	440	70,4	61	9,8
الموائل المحيطية العميقة	594	42,7	140	17,6	452	81,9	4	0,5
الموائل المحيطية التي تعلو الجرف القاري	351	41,6	120	24,4	335	68,1	37	7,5
الموائل المحيطية المفتوحة	187	40,5	41	14,9	202	73,5	32	11,6
الموائل المرتبطة بالشعاب البحرية	1 561	33,0	262	8,3	2 712	85,5	198	6,2
موائل غير معروفة	425	82,2	27	29,3	55	59,8	10	10,9

ملاحظة: النسب المئوية للأنواع المصنفة بوصفها "غير مقيّمة" هي النسب المئوية من جميع الأنواع المعروفة ذات الانتماء الموئلي التي لم يقم الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة بتقييمها. والنسب المئوية الواردة في الأعمدة الأخرى هي النسب المئوية من جميع الأنواع التي قام الاتحاد الدولي بتقييمها في كل فئة تصنيفية. والفئتان التصنيفيتان للاتحاد الدولي، "أقل إثارة للقلق" و "معرضة للخطر بدرجة أقل/أقل إثارة للقلق"، جُمعتا ضمن العمود المعنون "غير مهددة" في حين جُمعت الفئات التصنيفية "شبه معرضة للانقراض" و "معرضة للانقراض" و "مهددة بالانقراض" و "مهددة بشدة بالانقراض" و "منقرضة في البرية" و "منقرضة" ضمن العمود المعنون "مهددة".

3 - عواقب تغير التنوع البيولوجي على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

تترتب على التغيرات في التنوع البيولوجي للأسماك عواقب مباشرة وفورية تطال المجتمعات البشرية والاقتصادات ورفاه البشر من خلال آثارها على مصائد الأسماك التجارية والترفيهية والمعيشية، وكذلك على مصادر الدخل البديلة المعتمِدة على النظم الإيكولوجية البحرية ومنها السياحة (FAO, 2018). وتشكل الأسماك جزءا لا يتجزأ من تحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة المتمثل في حفظ الموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام[2]، والذي يتضمن عدة مؤشرات تتصل مباشرة بالدور الذي تؤديه الأسماك في توفير الأغذية بصورة مستدامة (انظر الفصل 15). وعلى وجه الخصوص، يعتبر تحسين المعارف المتعلقة بتوزّع الأسماك البحرية ووفرتها أمرا أساسيا لرصد التقدم المحرز نحو تحقيق الغاية 14-4 (تنظيم الصيد على نحو فعال). وستستلزم زيادة الفوائد الاقتصادية التي تتحقق للدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نمواً من خلال السياحة (الغاية 14-7) فهم توزّع وحالة أنواع الأسماك الجذابة، مثل أسماك شيطان البحر (Kessel and others, 2017)، أو تجمعات الأسماك مثل أسماك الشعاب المرجانية (Wabnitz and others, 2018).

[2] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

4-1 - شمال المحيط الأطلسي

في شمال المحيط الأطلسي والمناطق المجاورة، يتبين أن الضغط على الأرصدة السمكية أدى إلى اتجاه تنازلي عام على مدى الفترة 2003-2017، مع استقرار متوسط نفوق الأسماك نتيجة للصيد عند 1,0. وظل مؤشر الضغط (المعدل الفعلي لنفوق الأسماك قياساً إلى المستوى الذي يكفل أقصى غلة مستدامة(F/Fmsy)) في البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود عند معدل 2,2. وتضاعف تقريباً عدد الأرصدة الموجودة داخل الحدود البيولوجية الآمنة، من 15 في عام 2003 إلى 29 في عام 2017، وكانت أكبر زيادة مشهودة هي تلك الملاحَظة في خليج بيسكاي والمياه الإيبيرية حيث زاد عدد الأرصدة من 2 إلى 8. واستمر الحجم الإجمالي للكتلة الأحيائية في التنامي بزيادة بلغت نحو 36 في المائة. وفي البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود، لم تشهد الكتلة الأحيائية المرصودة في عام 2016 للأرصدة السمكية في فترة التكاثر أي زيادة كبيرة مقارنة بعام 2003. وشهد شمال غرب المحيط الأطلسي تغيرا ملحوظا في بنية المجتمعات السمكية مع انهيار أرصدة سمك القُد وسمك الأسقمري نتيجة للصيد المفرط (Shelton and Sinclair, 2008؛ و Van Beveren and others, 2020).

وفي بحر البلطيق، لوحظ في الفترة بين عامي 1971 و 2013 ظهور اتجاهات تدرجية طويلة الأجل عوضاً عن تغيرات مفاجئة في التنوع الوظيفي وفي تكوين المجتمعات المتعددة السمات (Törnroos and others, 2018). وهناك ثلاثة تجمعات فرعية على طول مَمال ملوحةٍ قوي يمتد من الغرب إلى الشرق، مع وجود فائض وظيفي منخفض في الجزء الرئيسي من بحر البلطيق مقارنة بالمناطق الفرعية الأخرى، مما يشير إلى أن النظام الإيكولوجي أكثر عرضة للضغوط الخارجية (Frelat and others, 2018). وفي بحر الشمال، توفر المؤشرات التصنيفية والمؤشرات القائمة على السمات أدلة جديدة على بنية تجمعات الأسماك وتبرز الآثار المتعددة الجوانب للعوامل المحركة لتلك التغيرات. وعلى وجه التحديد، تبيّن في المنطقة الوسطى من بحر الشمال حدوث انخفاض في بنية أحجام المجتمعات ارتبط بالتغيرات في صيد الأسماك، وتبيّن في منطقة الأخدود النرويجي حدوث زيادة في بنية أحجام المجتمعات ارتبطت في المقام الأول بتغير المناخ في حين لم يلاحظ أي تغير على طول الساحل الاسكتلندي الشرقي حيث ارتبطت بنية أحجام المجتمعات بقوة بصافي الإنتاج الأولي (Marshall and others, 2016). وفي منطقة البحر الأبيض المتوسط، يتبين من ديناميات أرصدة الأسماك الصغيرة والمتوسطة الحجم التي توجد في البحر المفتوح وجود تزامن مع التقلبات المناخية: ففي حين يؤثر تذبذب شمال الأطلسي على ديناميات أرصدة الأنشوفة والسردين في غرب ووسط البحر الأبيض المتوسط، تتبع هذه الأرصدة إشارةَ تذبذب شمال الأطلسي المتعدد العقود في كل من شرق ووسط البحر الأبيض المتوسط. وهكذا تتواجد أنماط دون إقليمية قوية في الديناميات الزمنية لأسماك عرض البحر في البحر الأبيض المتوسط (Tsikliras and others, 2019).

4-2 - جنوب المحيط الأطلسي

منطقة البحر الكاريبي الكبرى منطقة ذات تنوع بيولوجي شديد وهي منطقة هامة من مناطق التوطُّن السمكي، حيث أن ما يقرب من 50 في المائة من أسماكها العظمية لا توجد في أي مكان آخر (Linardich and others, 2017). وتسفر المعالم الأوقيانوغرافية والهيدروغرافية المتنوعة عن طائفة متنوعة من الموائل شبه المدارية والمدارية، تشمل 8 في المائة من الشعاب المرجانية في العالم و 6 في المائة من الجبال البحرية (Oxenford and Monnereau, 2018). ويتأثر التنوع البيولوجي للأسماك سلباً بالإفراط في صيد الأسماك وتدمير الموائل (لا سيما الشعاب المرجانية) وتغير المناخ (Jackson and others, 2014؛

و Oxenford and Monnereau, 2018). وقد أصبحت عدة أنواع من الأسماك الكبيرة الحجم منقرضة تجارياً أو مهددة بشدة بالانقراض (Linardich and others, 2017). ويؤثر انخفاض التنوع البيولوجي للأسماك على الوظيفة التي تؤديها الشعاب المرجانية في منطقة البحر الكاريبي (Lefcheck and others, 2019) مع ما يترتب على ذلك من عواقب اجتماعية واقتصادية، لا سيما بالنسبة للدول الجزرية الصغيرة النامية، حيث يعمل ما يصل إلى 22 في المائة من القوى العاملة في قطاع مصائد الأسماك (Edwards and Yarde, 2019).

ومن الظواهر الناشئة الهامة التكاثرُ غير المسبوق لطحالب السرغس في عرض البحر في المنطقة الاستوائية من المحيط الأطلسي، التي بدأت تنتشر في البحر الكاريبي عن طريق التأفُّق منذ عام 2011 (Wang and others, 2019). وقد أثر ذلك سلبا على الموائل السمكية الحرجة وما يرتبط بها من تنوع بيولوجي للأسماك قرب الشواطئ (van Tussenbroek and others, 2017؛ و Rodríguez-Martínez and others, 2019)، لكن آثاره على بعض الأنواع التي توجد في البحر المفتوح وترتبط بالشعاب البحرية كانت إيجابية حيث زادت أعدادها وأصبحت الآن تدعم مصائد الأسماك (مثل نوعي سمك البياض Carangoides bartholomaei و Seriola rivoliana) (Ramlogan and others, 2017؛ و Monnereau and Oxenford, 2017). ويبدو أن عمليات صيد الأنواع التي تعيش في عرض البحر قد تعطلت بسبب وجود طحالب السرغس، حيث يكون بعض تلك الأنواع أكثر توافرا ولكن في كثير من الأحيان كفراخ السمك (مثل الدلفين الشائع المعروف باسم Coryphaena hippurus)، في حين أن البعض الآخر (مثل السمك الطائر من نوع Hirundichthys affinis) أصبح اصطياده أكثر صعوبة (Oxenford and others, 2019؛ و Caribbean Regional Fisheries Mechanism-Japan International Cooperation Agency, 2019).

3-4 - جنوب المحيط الهادئ

يضم جنوب المحيط الهادئ عدة نظم إيكولوجية بحرية مدارية وشبه مدارية ومعتدلة شديدة التنوع البيولوجي، تشكّلت مباشرة بسبب ظاهرة النينيو - التذبذب الجنوبي والرياح الموسمية. وهناك تباينات عالية بين كل سنة في الإنتاج الأولي تؤدي إلى تنوع غني في الأسماك البحرية، بما في ذلك أسماك الشعاب البحرية، والأنواع المحيطية، والأنواع الكثيرة الارتحال (مثل أسماك التونة والقرش وشيطان البحر). ويتأثر التنوع البيولوجي للأسماك في هذه المنطقة بأنشطة الصيد (بما في ذلك المصيد العرضي) التي تستهدف الأسماك المحيطية الصغيرة والقرش والتونة، وكذلك بتغير المناخ والتلوث، وهو ما يهدد موائل الحضانة ويدفع بالأنواع إلى الارتحال من المياه المدارية إلى المياه المعتدلة. ويمكن أن يؤدي تدمير الموائل الاستراتيجية، مثل أشجار المانغروف، إلى تغيير توزّع ووفرة أنواع الأسماك التي تستخدم تلك المناطق لأغراض التكاثر والتغذية.

وتعزز مناطق جنوب غرب المحيط الهادئ التي تم استكشافها، بما في ذلك الأحياد المحيطية وسلاسل الجبال البحرية، فرص وجود تنوع غني للأسماك البحرية (Clark and Roberts, 2008؛ و Roberts and others, 2015). فالحيوانات السمكية في الجزر المدارية لمنطقتي ميلانيزيا وبولينيزيا في الجزء الشمالي من جنوب غرب المحيط الهادئ أصلها في الغالب من منطقة المحيط الهادئ الغربي- الهندي، وهي تتسم بتنوع كبير ولكن بمستويات توطّن منخفضة نسبيا. وعلى النقيض من ذلك، فإن كاليدونيا الجديدة (فرنسا) مركز لتوطن الأسماك، حيث يوجد بها 107 أنواع من أصل 341 2 نوعا مسجلا يتوطن المنطقة الاقتصادية الخالصة (Fricke and others, 2011; 2015). وقبالة ساحل نيوزيلندا، زاد عدد أنواع الأسماك البحرية المعروفة من حوالي 000 1 نوع في عام 1993 إلى أكثر من 294 1 نوعا في عام 2019 (Roberts and Paulin, 1997؛ و Roberts and others, 2015, 2019)، ونسبة 22 في المائة من هذه الأنواع متوطّنة في منطقة

نيوزيلندا بينما لا يزال نصف الأنواع الإضافية مستجدا وينبغي إخضاعه للبحث العلمي. أما أستراليا التي تقع في جنوب غرب الأرخبيلات المدارية المذكورة أعلاه في نقطةٍ يتلاقى فيها محيطان رئيسيان، فهي موطن لنحو 2 000 نوع من الأسماك البحرية المعروفة.

4-4 - شمال المحيط الهادئ

تتنوع بشدة أنواع الأسماك التي تعيش في منطقة شمال المحيط الهادئ الممتدة من منطقة القطب الشمالي إلى المياه المدارية والتي تضم أكثر من 6 000 نوع، إذ إنها المنطقة الأشد تنوعا في أنواع الأسماك على الصعيد العالمي. وهذا التنوع الغني مستمد ومدعوم من تيارات مائية قوية تتدفق شمالا وجنوبا على طول الجرف القاري الشمالي الغربي. وتعمل هذه التيارات على نقل الأسماك وكذلك على عزل مجموعات أخرى من الأسماك، مما يسهل نشوء أنواع جديدة (Motomura, 2019). والمنطقة الشمالية هي منطقة صيد رئيسية، إذ تسهم في نحو 30 في المائة من المصيد العالمي، وتُستهدف فيها أساساً أسماك البلوق والتونة والسردين والأنشوفة. وتشمل المنطقة الجنوبية الجزءَ الشمالي من المثلث المرجاني، الذي يُعرف بأنه بؤرة للتنوع البيولوجي البحري الشديد، وهي تتسم بثراء في أنواع الأسماك الشاطئية يفوق أي منطقة بحرية كبيرة أخرى في العالم (Roberts and others, 2002). وترتبط معظم الأسماك في الجزء الجنوبي بالشعاب المرجانية، وقد شهدت انخفاضاً في أعدادها بسبب الضغط الشديد لأنشطة الصيد وتدهور الموائل (Nañola and others, 2011).

5 - آفاق المستقبل

التوقعات الإيجابية للتنوع البيولوجي للأسماك مستمدة من الأدلة التي تشير إلى أن فرادى المجموعات السمكية تستجيب بشكل إيجابي للإدارة الفعالة لمصائد الأسماك (Hilborn and others, 2020) وأن تنوع الأسماك والكتلة الأحيائية يزدادان داخل المناطق البحرية المحمية بفعالية (Sala and Giakoumi, 2017). ومع ذلك، فإن انقراض سمك الشص الأملس من نوع Sympterichthys unipennis على الصعيد العالمي (Last and others, 2020) تذكرة لنا بأن التنوع البيولوجي للأسماك لا يزال يواجه تهديدات كبيرة أيضا. والنتائج الإيجابية والسلبية كلاهما معروف، إذ إن الأسماك لا تزال من بين أكثر مكونات النظم الإيكولوجية البحرية خضوعا للدراسة والرصد المنهجيين، ويرجع ذلك في معظمه إلى قيمتها الاقتصادية. ولكن لا يزال هناك قسط كبير من التنوع في الأسماك يتعين اكتشافه: فتقديرات الخبراء تشير إلى أن ما لا يقل عن 700 نوع آخر من الأسماك (أي بزيادة تبلغ حوالي 50 في المائة عن عدد الأنواع المعروفة حاليا) لم يتم بعد وصفه في المنطقة الاقتصادية الخالصة لنيوزيلندا وجرفها القاري الموسّع (Gordon and others, 2010؛ و Roberts and others, 2019). ومن شأن زيادة القدرة في مجالي تصنيف الأحياء والنظاميات الحيوية (Taxonomy Decadal Plan Working Group, 2018) والعمل على إدماج البيانات المستمدة من مجموعات التنوع البيولوجي القائمة (Nelson and others, 2015) ومصادر أخرى (Edgar and others, 2016) أن يمهدا الطريق لإجراء تحليلات تركيبية أكثر شمولاً للتنوع البيولوجي للأسماك على المديين القريب والمتوسط. وبالإضافة إلى تحسين فهمنا للتنوع البيولوجي للأسماك، هناك حاجة إلى تحسين تقديرات الكتلة الأحيائية للأسماك في بعض المناطق المحيطية، مثل منطقة البحر المفتوح. وفي حين تشير التقديرات إلى أن أسماك المنطقة الوسيطة العمق تهيمن على الكتلة الأحيائية السمكية في العالم، فإن تقديرات الكتلة الأحيائية لتلك المجموعة من الأسماك من الضخامة والتنوع بحيث لا يزال الحجم الدقيق لمساهمتها في

الأنماط العالمية غير مفهوم بشكل جيد (Irigoien and others, 2014؛ و Hidalgo and Browman, 2019). ويُذكر إضافة إلى ذلك أنه رغم عدم توافر تقديرات حالية بشأن ثراء الأنواع أو بشأن الكتلة الأحيائية لأسماك الموائل المحيطية العميقة التي تعيش في أكبر بيئة في العالم (من حيث الحجم)، فمن المرجح جداً أن تشكل هذه الأسماك جزءاً كبيراً من الكتلة الأحيائية السمكية العالمية (Sutton and others, 2017). ومنذ صدور التقييم العالمي الأول، برز التخلص من مياه التعدين في قاع البحار العميقة، بعد إزالة الركاز، كتهديد كبير للأسماك في الموائل المحيطية العميقة (Drazen and others, 2019). ويمكن الاطلاع على موجز للثغرات الرئيسية في المعارف والقدرات فيما يتعلق بالتنوع البيولوجي للأسماك في الجدول 5.

الجدول 5

الثغرات الرئيسية التي تعتري فهم التنوع البيولوجي للأسماك البحرية

الثغرات في المعارف والقدرات	أمثلة على الخطوات التصحيحية المتخذة لسد الثغرات
البنية التحتية والقدرات في مجالي تصنيف الأحياء والنظاميات الحيوية	وضع خطط وطنية ودولية لدعم وتطوير الأنشطة والقوى العاملة والبنى التحتية الرئيسية في مجال تصنيف الأحياء (مثلا Taxonomy Decadal Plan Working Group, 2018)
إتاحة البيانات المتوافرة بوضعها في مستودعات عالمية مفتوحة	إنقاذ البيانات التاريخية ورقمنة عينات المتاحف وأدبيات التنوع البيولوجي التاريخية (مثلا Faulwetter and others, 2016)
فهم التنوع السمكي في المنطقة الوسيطة العمق وفي أعماق البحار	اعتماد نظم أكثر وأفضل لأخذ العينات تُستخدم فيها تقنيات جديدة (مثلا Linley and others, 2016؛ و Hidalgo and Browman, 2019)
استجابة الأسماك لعوامل الإجهاد المتزامنة المتعددة	تحسين الربط بين البيانات ذات الصلة عبر التخصصات المختلفة (مثلا Hodgson and others, 2019)

المراجع

Arthington, Angela H., and others (2016). Fish conservation in freshwater and marine realms: status, threats and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 26, No. 5, pp. 838–857.

Bar-On, Yinon M., Rob Phillips, and Ron Milo (2018). The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 25, pp. 6506–6511. https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115.

Boettiger, Carl, and others (2012). rfishbase: exploring, manipulating and visualizing FishBase data from R. *Journal of Fish Biology*, vol. 81, No. 6, pp. 2030–2039.

Caribbean Regional Fisheries Mechanism-Japan International Cooperation Agency (2019). *Fact-Finding Survey Regarding the Influx and Impacts of Sargassum Seaweed in the Caribbean Region*. Belize City: Caribbean Regional Fisheries Mechanism.

Chamberlain, Scott (2018). w*orrms: World Register of Marine Species (WoRMS) Client* (version 0.4.0). https://CRAN.R-project.org/package=worrms.

Chamberlain, Scott, and M. Salmon (2018). rredlist: IUCN Red List Client. R Package. 0.6.0. https://CRAN.R-project.org/package=rredlist.

Clark, Malcolm R., and Clive Roberts (2008). *Fish and Invertebrate Biodiversity on the Norfolk Ridge and Lord Howe Rise, Tasman Sea (NORFANZ Voyage, 2003)*. Wellington: Ministry of Fisheries.

Comte, Lise, and Julian D. Olden (2017). Climatic vulnerability of the world's freshwater and marine fishes. *Nature Climate Change*, vol. 7, pp. 718–722.

Curtis, Tobey H., and others (2018). First insights into the movements of young-of-the-year white sharks (*Carcharodon carcharias*) in the western North Atlantic Ocean. *Scientific Reports*, vol. 8, art. 10794.

Drazen, Jeffrey C., and others (2019). Report of the workshop Evaluating the nature of midwater mining plumes and their potential effects on midwater ecosystems. *Research Ideas and Outcomes*, vol. 5, e33527. https://doi.org/10.3897/rio.5.e33527.

Edgar, Graham J., and others (2016). New approaches to marine conservation through the scaling up of ecological data. *Annual Review of Marine Science*, vol. 8, pp. 435–461.

Edwards, Thera, and Thérèse Yarde (2019). *The State of Biodiversity in the Caribbean Community: A Review of Progress Towards the Aichi Biodiversity Targets*. Caribbean Community Secretariat.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome.

Frelat, Romain, and others (2018). A three-dimensional view on biodiversity changes: spatial, temporal, and functional perspectives on fish communities in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 7, pp. 2463–2475.

Fricke, Ronald, and others (2011). Checklist of the fishes of New Caledonia, and their distribution in the Southwest Pacific Ocean (Pisces). *Stuttgarter Beiträge Zur Naturkunde A, Neue Serie*, vol. 4, pp. 341–463.

Fricke, Ronald, and others (2015). Twenty-one new records of fish species (Teleostei) from the New Caledonian EEZ (south-western Pacific Ocean). *Marine Biodiversity Records*, vol. 8.

Fricke, Ronald, and others (2020). Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References. http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp.

Froese, Rainer, and Daniel. Pauly (2019). FishBase. Available at www.fishbase.de/search.php.

Gerringer, Mackenzie. E., and others (2017). *Pseudoliparis swirei* sp. nov.: A newly-discovered hadal snailfish (Scorpaeniformes: Liparidae) from the Mariana Trench. *Zootaxa*, vol. 4358, No. 1, pp. 161–177.

Gordon, Dennis P., and others (2010). Marine Biodiversity of *Aotearoa* New Zealand. *PloS One*, vol. 5, No. 8, e 10905.

Hidalgo, Manuel, and Howard I. Browman (2019). Developing the knowledge base needed to sustainably manage mesopelagic resources. *ICES Journal of Marine Science* vol. 76, No. 3.

Hilborn, Ray, and others (2020). Effective fisheries management instrumental in improving fish stock status. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 117, No. 4, pp. 2218–2224.

International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2018). Report of the Working Group on Ecosystem Effects of Fishing Activities (WGECO), 12–19 April 2018, San Pedro del Pinatar, Spain. https://archimer.ifremer.fr/doc/00441/55216.

_____ (2019). Working Group on the Ecosystem Effects of Fishing Activities (WGECO). *ICES Scientific Reports*, vol. 1, No. 27. https://doi.org/10.17895/ices.pub.4981.

Irigoien, Xabier, and others (2014). Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean. *Nature Communications*, vol. 5, art. 3271.

International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species*. www.iucnredlist.org/en.

Jackson, J., and others (2014). *Status and Trends of Caribbean Coral reefs: 1970–2012*. Global Coral Reef Monitoring Network. Washington, D.C.: International Union for the Conservation of Nature Global Marine and Polar Program.

Kessel, Steven Thomas, and others (2017). Conservation of reef manta rays (*Manta alfredi*) in a UNESCO World Heritage Site: Large-scale island development or sustainable tourism? *PloS One*, vol. 12, No. 10, e 0185419.

Last, P.R., and others (2020). *Sympterichthys unipennis. The IUCN Red List of Threatened Species*. e.T123423283A123424374. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-1.RLTS.T123423283A123424374.en.

Lefcheck, Jonathan S., and others (2019). Tropical fish diversity enhances coral reef functioning across multiple scales. *Science Advances*, vol. 5, No. 3, e aav6420.

Linardich, C., and others (2017). *The Conservation Status of Marine Bony Shorefishes of the Greater Caribbean*. Gland, Switzerland: IUCN.

Linley, Thomas D,. and others (2016). Fishes of the hadal zone including new species, in situ observations and depth records of Liparidae. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 114, pp. 99–110.

Marshall, Abigail M., and others (2016). Quantifying heterogeneous responses of fish community size structure using novel combined statistical techniques. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 5, pp. 1755–1768.

Millar, C., and others (2019). IcesDatras: DATRAS Trawl Survey Database Web Services (version 1.3-0). https://CRAN.R-project.org/package=icesDatras.

Monnereau, I., and H.A. Oxenford (2017). Impacts of climate change on fisheries in the coastal and marine environments of Caribbean Small Island Developing States (SIDS). *Caribbean Marine Climate Change Report Card: Science Review*, vol. 2017, pp. 124–154.

Motomura, H., (2019). Chapter 4. Distribution. In *The Encyclopedia of Ichthyology*, pp. 163–206.

Nañola, Cleto L., and others (2011). Exploitation-related reef fish species richness depletion in the epicenter of marine biodiversity. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 90, No. 4, pp. 405–420.

Nelson, Wendy, and others (2015). *National Taxonomic Collections in New Zealand.* Royal Society of New Zealand.

OBIS (2018). *Ocean Biogeographic Information System*. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.

Oxenford, Hazel A., and others (2019). *Report on the Relationships between Sargassum Events, Oceanic Variables and Dolphinfish and Flyingfish Fisheries*. Bridgetown: Centre for Resource Management and Environmental Studies, University of the West Indies, Cave Hill Campus.

Oxenford, Hazel, and Iris Monnereau (2018). Chapter 9: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Western Central Atlantic marine fisheries. In *Impacts of Climate Change on Fish and Shellfish in the Coastal and Marine Environments of Caribbean Small Island Developing States (SIDS)*, M. Barange and others, eds. FAO Fisheries Technical Paper, No. 627, pp. 147–68.

Provoost, Pieter, and Samuel Bosch (2019). Robis: R Client to access data from the OBIS API. Ocean Biogeographic Information System. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. https://cran.r-project.org/package=robis.

Queiroz, Nuno, and others (2019). Global spatial risk assessment of sharks under the footprint of fisheries. *Nature,* vol. 572, pp. 461–466.

Rabosky, Daniel L., and others (2018). An inverse latitudinal gradient in speciation rate for marine fishes. *Nature*, vol. 559, pp. 392–395.

Ramlogan, N.R., and others (2017). *Socio-Economic Impacts of Sargassum Influx Events on the Fishery Sector of Barbados*. CERMES Technical Report, No. 81. Bridgetown, Barbados: Centre for Resource Management and Environmental Studies, University of the West Indies, Cave Hill Campus.

Roberts, Callum M., and others (2002). Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs. *Science*, vol. 295, No. 5558, pp. 1280–1284.

Roberts, Clive D., and others (2019*). Checklist of the Fishes of New Zealand*: *Online Version 1.1.* Wellington: Museum of New Zealand Te Papa Tongarewa. https://collections.tepapa.govt.nz/document/10564.

Roberts, Clive D., and Chris D. Paulin (1997). Fish collections and collecting in New Zealand. In *Collection Building in Ichthyology and Herpetology*, Theodore W. Pietsch and William D. Anderson, Jr., eds., ASIH Special Publication 3. pp. 207–229.

Roberts, Clive D., and others (2015). *The Fishes of New Zealand*. Te Papa Press.

Robinson, James P.W., and others (2019). Thermal stress induces persistently altered coral reef fish assemblages. *Global Change Biology,* vol. 25, No. 8, pp. 2739–2750.

Rodríguez-Martínez, R.E., and others (2019). Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic *Sargassum*. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 146, pp. 201–205.

Sala, Enric, and Sylvaine Giakoumi (2017). No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75. No. 3, pp. 1166–1168. http://doi.org/10.1093/icesjms/fsx059.

Shelton, P.A., and A.F. Sinclair. 2008. It's time to sharpen our definition of sustainable fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 65, pp. 2305–2314.

Stein, R. William, and others (2018). Global priorities for conserving the evolutionary history of sharks, rays and chimaeras. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 2, pp. 288–298.

Sutton, Tracey T., and others (2017). A global biogeographic classification of the mesopelagic zone. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 126, pp. 85–102.

Taxonomy Decadal Plan Working Group (2018). *Discovering Diversity: A Decadal Plan for Taxonomy and Biosystematics in Australia and New Zealand 2018–2028*. Canberra and Wellington: Australian Academy of Science and Royal Society Te Apārangi.

Törnroos, Anna, and others (2019). Four decades of functional community change reveals gradual trends and low interlinkage across trophic groups in a large marine ecosystem. *Global Change Biology*, vol. 25, No. 4, pp. 1235–1246.

Tsikliras, Athanassios C., and others (2019). Synchronization of Mediterranean pelagic fish populations with the North Atlantic climate variability. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 159, pp. 143–151.

United Nations (2017a). Chapter 34: Global patterns in marine biodiversity. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press Cambridge.

_____(2017b). Chapter 35: Extent of assessment of marine biological diversity. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*, pp. 525–54. Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017c). Chapter 40: Sharks and other elasmobranchs. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017d). Chapter 41: Tunas and billfishes. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017e). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

Van Beveren, Elisabeth, and others (2020). An example of how catch uncertainty hinders effective stock management and rebuilding. *Fisheries Research*, vol. 224, doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105473.

Van der Laan, R., and R. Fricke (2019). Eschmeyer's Catalog of Fishes: Classification, vol. 12. www.calacad emy.org/scientists/catalog-of-fishes-classification.

Van Tussenbroek, Brigitta I., and others (2017). Severe impacts of brown tides caused by Sargassum spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 122, Nos. 1 and 2, pp. 272–281.

Villarrubia-Gómez, P., and others (2018). Marine plastic pollution as a planetary boundary threat – The drifting piece in the sustainability puzzle. *Marine Policy*, vol. 96, pp. 213–220.

Wabnitz, Colette C.C., and others (2018). Ecotourism, climate change and reef fish consumption in Palau: Benefits, trade-offs and adaptation strategies. *Marine Policy*, vol. 88, pp. 323–332.

Walls, Rachel H.L., and Nicholas K. Dulvy (2019). Predicting the conservation status of Europe's Data Deficient sharks and rays. *BioRxiv*.

Wang, Mengqiu, and others (2019). The great Atlantic *Sargassum* belt. *Science*, vol. 365, No. 6448, pp. 83–87.

Webb, Thomas J., and Beth L. Mindel (2015). Global patterns of extinction risk in marine and non-marine systems. *Current Biology*, vol. 25, No. 4, pp. 506–511.

World Register of Marine Species (WoRMS) (2019). WoRMS taxon details. Pisces. www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=11676.

WoRMS Editorial Board (2019). World Register of Marine Species. www.marinespecies.org.

الفصل 6 دال
الثدييات البحرية

المساهمون: ديفيد ليسو (منظم الاجتماعات)، ولوتشيانو دالا روزا، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، وأندريه سيلفا باريتو، وميتي سكيرن - موريتزن، ومارتا سوفكر.

النقاط الرئيسية

- تؤدي الثدييات البحرية دوراً رئيسياً في النظم الإيكولوجية البحرية من حيث الكتلة الأحيائية والاستهلاك ونقل الطاقة، وتواصل تقديم مساهمات اقتصادية وثقافية كبيرة للمجتمعات المحلية الساحلية.
- ازداد عدد الأنواع التي تتوافر معلومات عن حالة حفظها، بعد أن رُفعت ثمانية أنواع من حالة نقص البيانات نتيجة لتوافر معلومات جديدة عنها. وتزايدت وفرةُ نسبة 36 في المائة من أنواع الحيتان البالينية. وتتدهور عموماً حالة دلافين وخيلانيات المناطق البحرية الساحلية وكذلك القضاعات البحرية بنوعيها، ويقترب خنزير البحر من نوع "فاكيتا" من الانقراض. ولا توجد معلومات عن الكثير من الأنواع من حيث وفرة أعدادها.
- لا يزال المصيد العرضي يشكّل الخطر المهيمن الذي يتهدد حفظ العديد من الأنواع. وتنتشر بشكل متزايد التهديدات غير المباشرة، مثل تحوير الموائل والصيد المفرط للفرائس والتلوث البري المنشأ والضوضاء البشرية المنشأ والإصابات الناجمة عن السفن والاضطرابات، لا سيما في المناطق الساحلية.
- هناك استهلاك متزايد ملحوظ للثدييات البحرية الصغيرة التي يتم اصطيادها أو يجري صيدها عرضيا في بعض البلدان النامية الساحلية.

1 - مقدمة

هناك 132 نوعاً من الثدييات البحرية (الحوتيات، وزعنفيات الأقدام، والخيلانيات، والقضاعات، والدببة القطبية) تتنوع عاداتها، بدءا بالأنواع ذات الانتشار العالمي وتلك التي تتألف من مجموعات سمكية منفصلة ومتعددة ذات انتشار محلي (مثل بعض أنواع الدلافين) ووصولا إلى الأنواع المتوطنة في مناطق إيكولوجية محددة (مثل دلافين المياه العذبة). وقد اعتُرف في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017) بأن الصيد المباشر (بما في ذلك الجني التجاري والمعيشي) والتفاعلات مع مصائد الأسماك (بما في ذلك العلوق بالشباك والمصيد العرضي) وتحوير الموائل (بما في ذلك الاضطرابات، والإنشاءات الساحلية والنهرية، وتغير المناخ) عوامل تشكل ضغوطا رئيسية مرتبطة باتجاهات وفرة الثدييات البحرية.

ويُبلغ، في هذا الفصل، عن التغيرات في الحالة العالمية للثدييات البحرية منذ صدور التقييم العالمي الأول، وذلك على أساس تقييمات القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة التي أجرتها الأفرقة المتخصصة المعنية بالثدييات البحرية والمنبثقة عن لجنة بقاء الأنواع التابعة للاتحاد (IUCN, 2019). وهذه التقييمات تُستكمل، عند الاقتضاء، باستخدام الأدبيات الرئيسية. ويُبلغ أيضا عن التغيرات في تهديدات الحفظ (IUCN, 2019) التي تتعرض لها الأنواع، محسوبة على مدى عقدين من الزمن أي في 1999-2008 و 2009-2018.

وقد انخفض، بشكل عام، عدد أنواع الثدييات البحرية المصنفة في فئة "ناقصة البيانات" وذلك بفضل الزيادة في المعلومات المتوافرة عن مجموعاتها (الشكل الأول). ومنذ صدور التقييم العالمي الأول، تحسنت حالة ثمانية أنواع من الثدييات البحرية، في حين تراجعت حالة أربعة أنواع أخرى (الشكل الأول). وتعطي هذه الاتجاهات صورة تبعث على التفاؤل الحذر، حيث تبين أن فرادى تدابير الإدارة التي وضعت من أجل التقليل من تهديدات الحفظ المعروفة، إلى جانب الجهود المتزايدة لجمع البيانات والمعلومات عن أنواع الثدييات البحرية، تبدي بوادر فعالية على الصعيد العالمي.

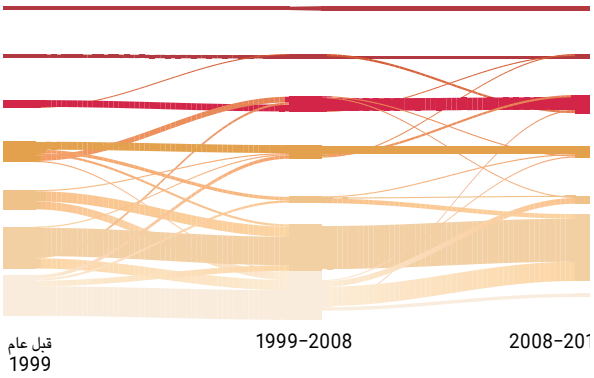
ومنذ صدور التقييم العالمي الأول، أُحرز تقدم في فهم دور الثدييات البحرية في حالة النظم البحرية وإنتاجيتها

(Roman and others, 2014)، بما في ذلك فيما يتعلق بدورة المغذيات وتخزين الكربون (Doughty and others, 2016) والشلالات الغذائية (Estes and others, 2016؛ و Burkholder and others, 2013؛ و Kiszka and others, 2015) وهندسة النظم الإيكولوجية. فقد كان لانخفاض أعداد قضاعةِ البحر آثار عميقة على النظم الإيكولوجية الساحلية في شرق المحيط الهادئ (Estes and others, 1998؛ و Estes and others, 2016). ومن المرجح أن يكون لاستمرار تعافي الحيتان البالينية، بعد استغلالها المفرط في القرنين التاسع عشر والعشرين، أثره على الشبكات الغذائية البحرية بطرق متعددة، لا من خلال الاستهلاك فحسب، بل وعن طريق النقل الرأسي للمغذيات (بواسطة العمود المائي) ونقلها الأفقي (بين مناطق الاقتِيات ومناطق الولادة) (Roman and others, 2014). وعلى غرار جميع الكائنات المفترِسة في النظم البحرية، تتأثر مجموعات الثدييات البحرية باختلاف توقيت ومواقع الإنتاجية في الأحواض المحيطية. ومن المرجح أن تكون بعض الأنواع أكثر قدرة من غيرها على الصمود أمام التغيرات في ديناميات الإنتاجية البحرية الناجمة عن تغير المناخ والاستغلال المفرط، وذلك نتيجة لاتباعها سلوكيات أكثر مرونة (Sydeman and others, 2015؛ و Moore and Reeves, 2018).

ولا يزال الصيد المقصود، سواء كان معيشيا أم تجاريا، يشكّل، إلى جانب المصيد العرضي والعلوق بمعدات الصيد، التهديدات الرئيسية المحدقة بالحفظ بالنسبة لكافة مجموعات الثدييات البحرية التي يقيّم الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة حالتها (الشكل الثاني؛ و IUCN, 2019). ويطرح تنويع الأنشطة البشرية في المحيطات، بما في ذلك إنتاج الطاقة والتعدين كجزء من "الاقتصاد الأزرق" الآخذ في التوسع في العديد من المناطق البحرية (Eikeset and others, 2018)، تحديات جديدة لحفظ الثدييات البحرية. وأصبح تغير المناخ وما يرتبط به من تغيرات في ديناميات النظم الإيكولوجية البحرية، والضوضاء البشرية المنشأ، والإصابات الناجمة عن السفن، وتحوير الموائل، والاختلالات السلوكية، عوامل يبرز الآن تأثيرها على طائفة أوسع من الأنواع (الشكل الثاني؛ و IUCN, 2019). والأهم من ذلك أن هذه التهديدات يمكن أن تتفاعل فيما بينها وتؤدي إلى آثار تراكمية، مما يضاعف من آثارها على الأنواع (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2017؛ وانظر أيضا الفصل 25).

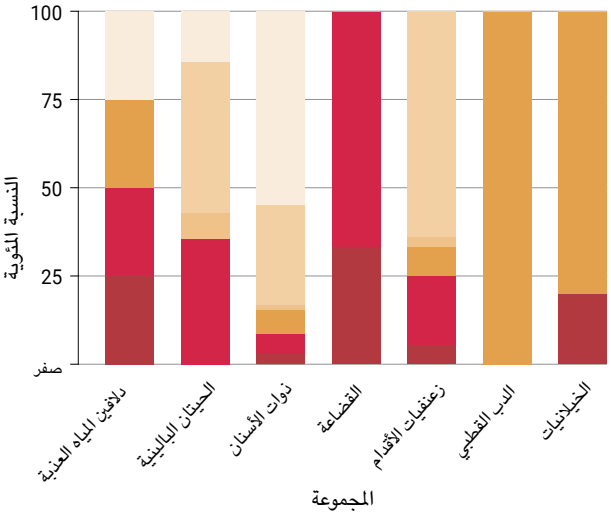
الشكل الأول – ألف

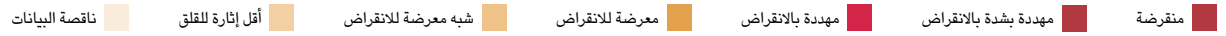
التغير في حالة حفظ الثدييات البحرية على مدى ثلاث فترات تقييم (قبل عام 1999، والفترة 1999-2008 والفترة 2009-2018)، على أساس تقييمات القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة



الشكل الأول – باء

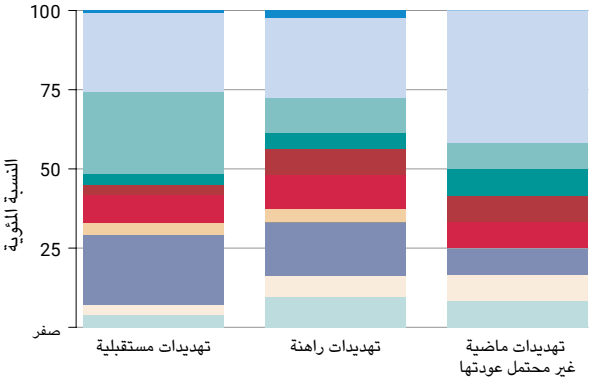
تشكيلة حالة الحفظ الحالية لأنواع الثدييات البحرية، موزعة حسب المجموعات

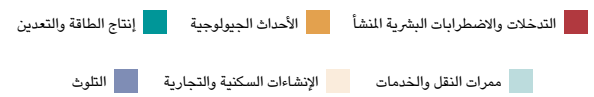




الشكل الثاني – ألف

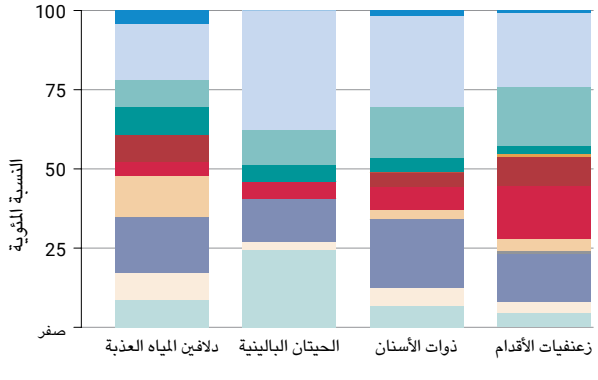
تهديدات الحفظ الرئيسية المحددة حالياً بالنسبة لجميع الثدييات البحرية، مصنفة حسب توقيت تأثيرها على تلك الأنواع





الشكل الثاني – باء

تهديدات الحفظ بالنسبة لمجموعات محددة



ملاحظة: فئات التهديدات هي تلك المحددة في نظام تصنيف التهديدات الذي وضعه الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، والذي تُصنف فيه الضوضاء البشرية المنشأ على أنها تلوث ويُصنف صيد وجني الموارد المائية على أنه استخدام للموارد البيولوجية (IUCN, 2019).

2 - الحوتيات (Cetaceans)

2-1 - الحيتان البالينية (Mysticetes)

2-1-1 - التنوع

يوجد حاليا 14 نوعا معروفا من الحيتان البالينية غير المنقرضة. وهي موزعة على أربع فصائل (Balaenidae، و Balaenopteridae، و Neobalaenidae، و Eschrichtiidae).

2-1-2 - الوفرة والتهديدات الرئيسية

من بين أنواع فصيلة الـ Balaenidae، يُقيّم الحوت المقوس الرأس (*Balaena mysticetus*) والحوت الأصيل الجنوبي (*Eubalaena australis*) على أنهما من الأنواع الأقل إثارة للقلق، وهو ما يعكس اتجاهات التزايد في أعدادهما. ولكن مجموعات الحوت الأصيل الجنوبي المحدَّدة مناطق تواجدها لا تشهد جميعها تزايدا في الأعداد (George and others, 2018). وأسفر تقييم حالة حوت شمال الأطلسي الأصيل (*E. glacialis*) في الآونة الأخيرة عن تصنيفه كنوع مهدد بالانقراض. وعلى الرغم من أن أعداد هذا النوع قد زادت في الأعوام بين 1990 و 2010، فإن التقديرات تشير الآن إلى أنها انخفضت بنسبة 16 في المائة في السنوات التالية (Pettis and others, 2018). ولا تتوافر معلومات عن حجم مجموعات حوت شمال الهادئ الأصيل (*E. japonica*) (المهدد بالانقراض) أو الاتجاهات فيها.

ومن بين أنواع فصيلة الـ Balaenopteridae، أدى توافر معلومات جديدة عن حوت المنك القطبي الجنوبي (*Balaenoptera bonaerensis*) وحوت برايد (*B. edeni*) إلى تغيير في حالتيهما من أنواع ناقصة البيانات إلى نوعٍ شبه معرض للانقراض بالنسبة للأول ونوعٍ أقل إثارة للقلق بالنسبة للثاني (الشكل الثالث - ألف). وعلى الصعيد العالمي، أشارت التقديرات إلى وجود اتجاهات تزايدية في أعداد الحوت الأزرق (B. musculus، المصنف على أنه مهدد بالانقراض)، وحوت ساي (*B. borealis*، المصنف على أنه مهدد بالانقراض)، والحوت الأحدب (*Megaptera novaeangliae*، المصنف على أنه أقل إثارة للقلق)، بالنظر إلى تعافي هذه المجموعات من الاستغلال الصناعي للحيتان (IUCN, 2019). ولوحظت أيضا زيادة في أعداد الحيتان الزعنفية (*B. physalus*) أدت إلى تغيير تصنيفها من مهددة بالانقراض إلى معرضة للانقراض. ويُصنَف الحوت الرمادي (*Eschrichtius robustus*) على أنه أقل إثارة للقلق ويعتبر مستقرا، في حين يُصنف الحوت الأصيل القزمي (*Caperea marginata*) على أنه أقل إثارة للقلق ولا تتوافر معلومات عن وفرة مجموعاته أو اتجاهاتها.

وتشمل التهديدات الرئيسية الراهنة للحيتان البالينية، على نحو ما حددتها تقييمات القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، العلوقَ بمعدات الصيد (الحوت الزعنفي، والحوت الرمادي، والحوت الأحدب، وحوت شمال الأطلسي الأصيل)، والجنح (حوت المنك الشائع *B. acutorostrata*)، وحوت المنك القطبي الجنوبي[1]، وحوت ساي)، والإصابات الناجمة عن السفن (الحوت الأزرق، والحوت الزعنفي، والحوت الرمادي، والحوت الأحدب، وحوت شمال الأطلسي الأصيل، وحوت شمال الهادئ الأصيل، والحوت الأصيل الجنوبي) (IUCN, 2019). ومن دواعي القلق آثار تغير المناخ على الإنتاجية البيولوجية، وبالتالي على توافر الفرائس (Cabrera and others, 2018). غير أن عمليات الرصد الخاصة ببعض الأنواع لا تتسق مع التوقعات ذات الصلة بها. فالحوت المقوس الرأس المتوطن في القطب الشمالي، على سبيل المثال، تتزايد أعداده على الرغم من الذوبان السريع للجليد في الوقت الحالي (Moore and Reeves, 2018)

[1] يلاحظ أنه من المرجح أن يكون هذا التهديد قد انخفض مع توقف عمليات صيد الحيتان في المحيط الجنوبي.

وما يرتبط بذلك من انخفاض متوقع في أعداد الفرائس. والأهم من ذلك أن التغيرات البيئية يمكن أن تتفاعل مع التهديدات الأخرى البشرية المنشأ لتسبب آثارا مؤازِرة غير متوقعة (Moore and others, 2019؛ و Seyboth and others, 2016). فالتحولات مثلا في استخدام موائل حوت شمال الأطلسي الأصيل الناجمة عن تغير المناخ كمناطق شحن وصيد تجاري غير محمية أدت إلى زيادة في معدل النفوق المرتبط بالعلوق بالشباك والإصابات الناجمة عن السفن (Corkeron and others, 2018؛ و Meyer-Gutbrod and Greene, 2018). ويذكر أن الصيد المباشر للحيتان البالينية، من خلال أنشطة الصيد التجاري والمعيشي، هي عموما ضمن الحدود المستدامة.

2-2 - الحيتان والدلافين وخنازير البحر ذوات الأسنان (Odontocetes)

2-2-1 - التنوع

هناك 75 نوعا من الحوتيات ذوات الأسنان معترفا بها عالميا، وهي موزعة على 10 فصائل. وتعد فصيلة الدلفينيات (Delphinidae) أكثر هذه الفصائل تنوعا، وتشمل بعض الأنواع الأكثر عرضة لخطر الانقراض (الشكل الثالث-جيم).

2-2-2 - الوفرة والتهديدات الرئيسية

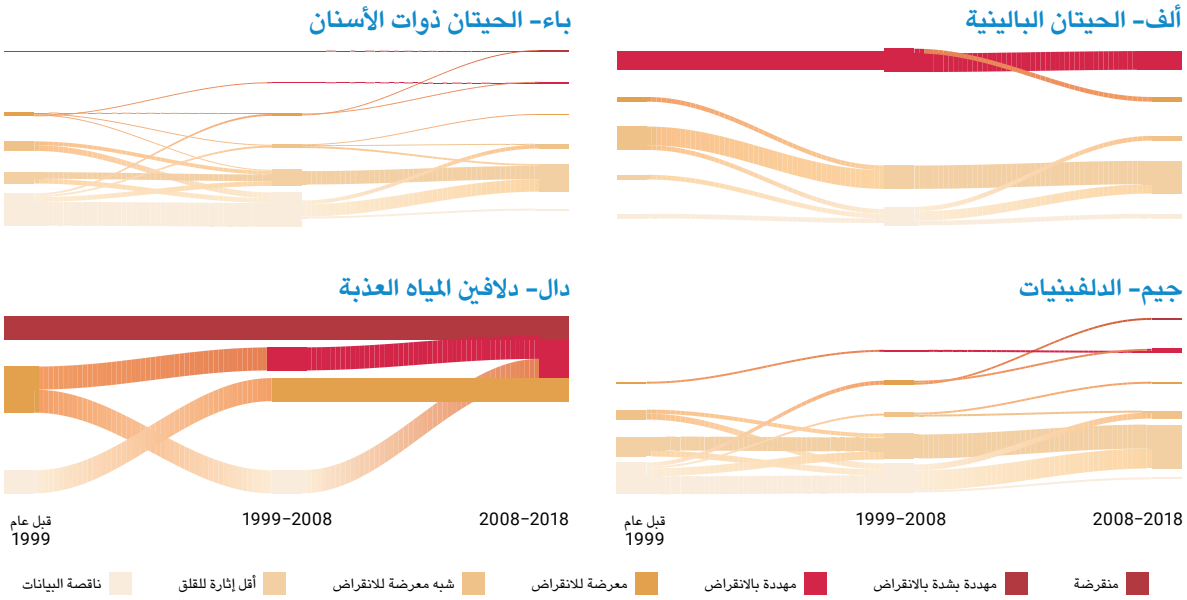
الحيتان والدلافين وخنازير البحر ذوات الأسنان التي تعيش في البحار المفتوحة

نظراً لاتساع نطاق توزّعات حوتيات البحار المفتوحة، يصعب في كثير من الأحيان تقييم الاتجاهات في وفرة مجموعاتها والتهديدات التي تتعرض لها. ونتيجة لذلك، لا تزال معظم الأنواع المحيطية تصنف على أنها أقل إثارة للقلق، باستثناء حوت العنبر (Physeter macrocephalus؛ المصنف على أنه معرض للانقراض) والحوت شبيه الأُركة (Pseudorca crassidens؛ انتقل من فئة ناقص البيانات إلى شبه معرض للانقراض). ولا توجد تقديرات حديثة بشأن حجم المجموعات أو الاتجاهات المتعلقة بها على الصعيد العالمي بالنسبة لحوت العنبر. وتتكون فصيلة الحوت المنقاري من 22 نوعا من حيتان البحار المفتوحة الغواصة التي لا تزال غير معروفة بشكل كبير، وقد اقتُرح أن يضاف إليها نوع جديد (Berardius minimus) ويجري النظر في المقترح حاليا (Yamada and others, 2019). وتبقى جميع الأنواع المدرجة ضمن هذه المجموعة مصنفة في فئة ناقصة البيانات، باستثناء الحوت الجنوبي القاروري الأنف (Hyperoodon planifrons) وحوت كوفييه المنقاري (Ziphius cavirostris)، وكلاهما مصنف على أنه أقل إثارة للقلق. ويُصنف حوت الأُركة القاتل (Orcinus orca)، وهو نوع عالمي الانتشار، على أنه ناقص البيانات على صعيد العالم، ولكن المجموعة الصغيرة المتوطنة في السواحل الجنوبية بالمنطقة الشرقية من شمال المحيط الهادئ مصنفة على أنها مهددة بالانقراض في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا نتيجة للتهديدات المرتبطة بمدى توافر الفرائس، والاضطرابات الناجمة عن السفن والضوضاء، وتراكم الملوثات (Southern Resident Orca Taskforce, 2019).

وقد حُدد العلوق بمعدات الصيد كتهديد للعديد من الأنواع المحيطية (IUCN, 2019). ويمكن أن تؤدي تفاعلات أخرى مع مصائد الأسماك، مثل استيلاء الحيتان شبيهة الأُركة وحيتان الأُركة وحيتان العنبر على المصيد وسرقتها الطُعم، إلى اتخاذ إجراءات رادعة، مثل إطلاق النار ومن ثم نفوق هذه الأنواع (Tixier and others, 2019؛ و Werner and others, 2015؛ و Hamer and others, 2012). وتشكل الضوضاء البشرية المنشأ الناجمة بشكل خاص عن استخدام أجهزة السونار النشطة على الترددات المتوسطة مصدرَ قلق بالنسبة للأنواع الغواصة في الأعماق، مثل الحوت المنقاري وأنواع من حوت الكوجيا إضافة إلى حوت العنبر (Pirotta and others, 2018؛ و Harris and others, 2018). وقد أدى انحسار الجليد البحري والمياه الأكثر دفئاً إلى زيادة التفاعلات بين الأنواع التي تعيش في الجليد مثل حوت النَروال (Monodon monoceros) وأنواع من الثدييات تعيش في المناطق الشمالية مثل حوت الأُركة، وقلل من إمكانية الوصول إلى موائل الاقتيات (Breed and others, 2017).

الشكل الثالث

التغير في حالة الحفظ على مدى ثلاث فترات تقييم (قبل عام 1999، والفترة 1999–2008، والفترة 2009–2018) على أساس تقييمات القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة



الدلافين وخنازير البحر التي تعيش على السواحل والمصاب

تتشكل هذه المجموعة في الغالب من أنواع أو مجموعات محصورة في المناطق القريبة من الشاطئ أو في مناطق بعينها، بما في ذلك الأنواع المتوطنة (Möller, 2012)، وهي لذلك الأكثر قابلية للتأثر بالتفاعلات مع الإنسان. وتتجلى قابلية التأثر هذه في الاتجاه التنازلي لأعداد 10 أنواع من الأنواع الـ 35، مع تصنيف نوعين منها في فئة مهددة بشدة بالانقراض، و 4 في فئة مهددة بالانقراض، و 4 في فئة معرضة للانقراض (الشكل الثالث - باء). ويمكن أن يؤدي انحصار المجموعات في مناطق بعينها إلى حالات حفظ متباينة على الصعيد المحلي. ففي حين أن الدلافين القارورية الأنف (*Tursiops truncatus*)، مثلا، تُقيّم حالتها باعتبارها أقل إثارة للقلق على مستوى العالم، تُصنف مجموعاتها الإقليمية في فيوردلاند، نيوزيلندا، حالياً على أنها مهدد بشدة بالانقراض، ومجموعاتها في البحر الأبيض المتوسط على أنها معرضة للانقراض، ومجموعاتها في البحر الأسود على أنها مهددة بالانقراض. وغالبية مجموعات الدلافين التي تعيش على السواحل والمصاب مهددة من جراء المصيد المتعمد وغير المتعمد للأسماك. وعلى الرغم من خطط الإدارة، أدى الفشل في تقليل عمليات الصيد إلى مستويات مستدامة إلى انخفاض حاد في الوفرة، خاصة بالنسبة لخنزير البحر من نوع "فاكيتا" (*Phocoena sinus*) (Jaramillo-Legorreta and others, 2019) ودلفين ماوي (*Cephalorhynchus hectori maui*) (Baker and others, 2016). وعلى وجه الخصوص، فإن خنزير البحر من نوع "فاكيتا" معرض بشدة لخطر الانقراض في السنوات العشر المقبلة (Rojas-Bracho and others, 2019). وتشمل التهديدات الأخرى التي تواجه الدلافين وخنازير البحر الساحلية تغيرَ المناخ وما يرتبط به من تغيرات في ديناميات النظم الإيكولوجية البحرية، والتلوثَ، والإصاباتِ الناجمة عن السفن، والأمراض الجديدة، والاضطرابات الناجمة عن الأنشطة البشرية الصناعية والترفيهية.

دلافين المياه العذبة

تشمل دلافين المياه العذبة (الشكل الثالث – دال) دلافين بايجي (*Lipotes vexillifer*) التي تصنف حالياً على أنها مهددة بشدة بالانقراض (ربما انقرضت) (IUCN, 2019)، إضافة إلى دلافين نهر الأمازون (*Inia geoffrensis*) التي انخفض عددها بنسبة 70 في المائة في محمية ماميراوا في البرازيل على مدى أقل من جيل واحد من الدلافين (da Silva and others, 2018)، ودلافين نهر الغانج (*Platanista gangetica*) ودلافين السند (*P. g. minor*)، وكلها تصنف حاليا على أنها مهددة بالانقراض. ولا توجد تقديرات لمدى وفرة هذه الدلافين على مستوى الأنواع. وتشمل التهديدات الرئيسية لجميع الأنواع مشاريع تنمية الموارد المائية التي تجزئ الموائل، والتلوث الناجم عن الجريان السطحي، والصيد العرضي، والصيد المباشر، وغير ذلك من التغييرات البشرية المنشأ التي تصيب الموائل، وكلها تؤدي إلى تناقص مستمر في الأعداد (IUCN, 2019). وتنتمي معظم أنواع الدلافين في المياه العذبة إلى فصائل فردية الأنواع، وبالتالي فإن فقدانها هو بمثابة فقدان لسلالات تطورية بأكملها.

3 – زعنفيات الأقدام (Pinnipeds)

3-1 – التنوع

هناك 33 نوعاً معروفا من الأنواع غير المنقرضة ونوعان انقرضا حديثاً ينتمي جميعها إلى ثلاث فصائل من زعنفيات الأقدام (هي الفقميات الأذنية (Otariidae)، والفقميات عديمة الأذن (Phocidae)، والفظيات (Odobenidae)). ومعظم زعنفيات الأقدام محدودة النطاق، إذ تقتصر 7 أنواع منها على المياه المعتدلة الباردة ومياه القطب الشمالي في نصف الكرة الشمالي في حين تقتصر 4 أنواع أخرى على مياه أنتاركتيكا في نصف الكرة الجنوبي. وهناك 4 أنواع أخرى يقتصر كل منها على بحر قزوين وبحيرة بايكال وجزر هاواي والبحر الأبيض المتوسط.

3-2 – الوفرة والتهديدات الرئيسية

3-2-1 – الفقميات عديمة الأذن (Phocidae)

تتوافر الاتجاهات العالمية لثمانية أنواع من الفقميات عديمة الأذن: فهناك 4 أنواع تتزايد في الوفرة، بما في ذلك فقمة الراهب في البحر الأبيض المتوسط (Monachus monachus، التي انتقلت في القائمة إلى مرتبة أدنى إذ تغير تصنيفها من مهددة بشدة بالانقراض إلى مهددة بالانقراض)؛ ونوع واحد في تناقص، وهو فقمة الراهب بمنطقة هاواي (Neomonachus schauinslandi، مصنفة باعتبارها مهددة بالانقراض)؛ و 3 أنواع مستقرة (الشكل الرابع- ألف). وتعتبر الفقمة آكلة سرطان البحر (Lobodon carcinophaga) أكثر الأنواع وفرة في أنتاركتيكا، إذ توجد في القارة المتجمدة الجنوبية حسب التقديرات 4 ملايين فقمة بالغة. أما في منطقة القطب الشمالي، فإن أكثر الأنواع وفرة هو الفقمة القيثارية (Pagophilus groenlandicus) التي تبلغ أعدادها حسب التقديرات 4,5 ملايين فقمة بالغة (IUCN, 2019).

وتتسق التهديدات التي تتعرض لها الفقميات عديمة الأذن عبر الأنواع، وتشمل فقدان الموائل وتحويرها (فقدان مناطق الولادة والراحة)، والتفاعلات مع مصائد الأسماك (القتل المتعمد والعلوق بالشباك والتنافس)، وانتقال الأمراض المحتمل من الحيوانات الأليفة والثدييات البرية الوحشية (الشكل الرابع- باء؛ و IUCN, 2019). وقد يرجع التغير الأخير في اتجاهات أعداد فقمة الراهب بالبحر الأبيض المتوسط إلى التكيّفات المحلية الناجحة للأنواع، ويعزى ذلك جزئياً إلى تجنب التفاعلات مع البشر (مثل استخدام الملاذات، والتغيرات في الإشراف البيئي، وتراجع حالات التفاعل (Notarbartolo di Sciara and Kotomatas, 2016)).

3-2-2 - الفقميات الأذنية (Otariidae)

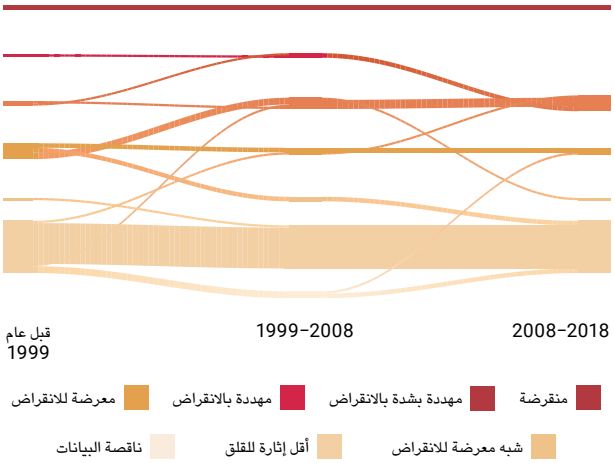
يستمر تراجع وفرة أنواع الفقميات الأذنية المهددة حاليا (مثلا، أسد البحر النيوزيلندي (Phocarctos hookeri)، وأسد البحر الأسترالي (Neophoca cinerea)، وأسد البحر في غالاباغوس (Zalophus wollebaeki))، في حين أن الأنواع المصنفة باعتبارها أقل إثارة للقلق في تزايد (مثلا، فقمة الفراء النيوزيلندية (Arctocephalus forsteri)، وأسد البحر الكاليفورني (Zalophus californianus)). ويشكل أسد البحر ستيلر (Eumetopias jubatus) الاستثناء، إذ تحسّن تصنيف هذا النوع في عام 2012 من مهدد بالانقراض إلى أقل إثارة للقلق (IUCN, 2019). ويرجع هذا التحسن إلى حد بعيد إلى تضاعف أعداد نُوَيْع أسد البحر ستيلر لافلين (Eumetopias jubatus monteriensis) منذ ثمانينات القرن الماضي بعد شموله بالحماية من الصيد. أما أسد البحر ستيلر الغربي (E. j. jubatus)، فعلى الرغم من زيادة مجموعاته في أجزاء من نطاقه، فإن أعداده في انخفاض متواصل في جزر ألوتيان. وتميل أنواع الفقميات الأذنية التي حُدّدت حاليا على أنها مهددة إلى أن تكون لها نطاقات محدودة أكثر، ولذلك فهي حساسة للتغيرات السريعة في التكاثر البحري الناجمة عن تغير المناخ (Atkinson and others, 2008؛ و McClatchie and others, 2016) (الشكل الرابع - باء). وتشمل التهديدات الأخرى التفاعلات مع مصائد الأسماك (المصيد العرضي والتنافس على الفرائس) (Chilvers, 2012؛ و Hamer and others, 2013). وعلى الرغم من أن إدارة المصيد العرضي قد خفضت معدل النفوق المرتبط بمصائد الأسماك بالنسبة لبعض الأنواع، فقد تتفاعل عوامل أخرى مع تهديد الحفظ هذا، مما يؤدي إلى انخفاض معدلات البقاء في مراحل حياة معينة وتجمعات معينة ومن ثم عدم التعافي (Hamilton and Baker, 2019).

3-3-3 - الفظيات (Odobenidae)

يصنف حالياً النوع الوحيد في فصيلة الفظيات، وهو الفظ (Odobenus rosmarus)، على أنه نوع معرض للانقراض. ويقدر عدد أفراده بنحو 225 000 فظ، وإن كانت الاتجاهات غير معروفة (IUCN, 2019). وعلى الرغم من أنه اصطيد على نحو غير مستدام في الماضي، أصبحت نُهج الإدارة الحالية تنتج كميات مستدامة من الصيد. ومن المتوقع أن يؤثر تغير المناخ، وما يرتبط به من تعديلات موئلية، على مستويات الصيد المستدام لهذا النوع (MacCracken, 2012)، مع ما يترتب على ذلك من عواقب على الأمن الغذائي البشري. ويؤدي تطور الأنشطة الصناعية البشرية في منطقة القطب الشمالي، التي تُربط بذوبان الجليد البحري، إلى زيادة تفاقم تهديدات الحفظ التي تواجه هذا النوع (Moore and Reeves, 2018).

الشكل الرابع - ألف

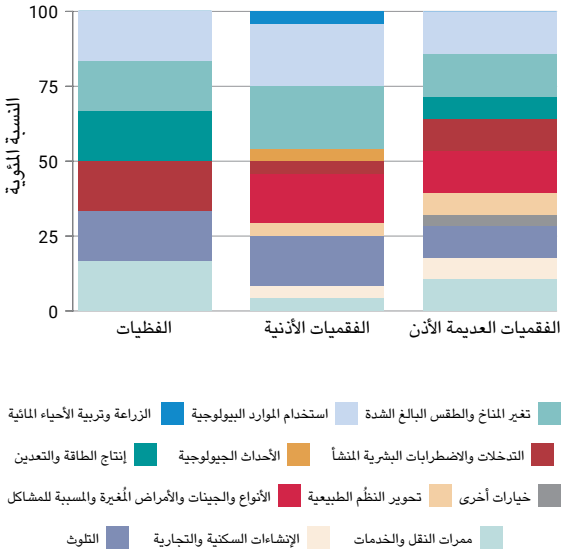
التغير في حالة حفظ زعنفيات الأقدام على مدى ثلاث فترات تقييم (قبل عام 1999، والفترة 1999-2008 والفترة 2009-2018)، على أساس تقييمات القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة



ملاحظة: فئات التهديدات هي تلك المحددة في نظام تصنيف التهديدات الذي وضعه الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، والذي تُصنف فيه الضوضاء البشرية المنشأ على أنها تلوث ويُصنف صيد وجني الموارد المائية على أنه استخدام للموارد البيولوجية (IUCN, 2019).

الشكل الرابع - باء

توزيع التهديدات الراهنة والمستقبلية التي تتعرض لها فصائل زعنفيات الأقدام الثلاث



4 - الخيلانيات (Sirenians)

4-1 - التنوع

هناك أربعة أنواع غير منقرضة في رتبة الخيلانيات (خروف البحر الأفريقي (Trichechus senegalensis)، وخروف البحر الأمريكي (Trichechus manatus)، وحيوان الأطوم (Dugong dugon)، وخروف البحر الأمازوني (Trichechus inunguis))، مع بعض الأدلة على وجود تقسيم جيني بين المجموعات على مدى نطاقاتها (Hunter and others, 2010).

4-2 - الوفرة والتهديدات الرئيسية

لا يزال هناك نقص في تقديرات وفرة النوع بالنسبة للأنواع الأربعة. وتشير الأدلة غير المباشرة إلى انخفاض اتجاهات الأعداد في المجموعات، وتصنف الأنواع جميعها على أنها معرضة للانقراض (IUCN, 2019). وبشكل عام، تمثلت العوامل الرئيسية المرتبطة بانخفاض الأعداد في فقدان الموئل والصيد المباشر والمصيد العرضي والاصطدام بالقوارب (IUCN, 2019). وفي شمال شرق البرازيل، ارتبط ارتفاع معدل نفوق حديثي الولادة والعجول بتناقص موائل الولادة المرتبط بتنمية مزارع الجمبري وتطمّي مصاب الأنهار (Balensiefer and others, 2017).

5 - القضاعة والدب القطبي

5-1 - التنوع

تشمل فصيلة العرسيات (Mustelidae) نوعين غير منقرضين من أنواع القضاعة البحرية (القضاعة البرمائية (Lontra felina) وقضاعة البحر(Enhydra lutris)). وتشمل فصيلة الدبيات (Ursidae) نوعا بحريا واحدا غير منقرض، هو الدب القطبي (Ursus maritimus).

5-2 - الوفرة والتهديدات الرئيسية

5-2-1 - القضاعة البرمائية وقضاعة البحر

على الرغم من أن تقديرات الوفرة العالمية غير متاحة لكلا النوعين، إلا أنهما يُعتبران في تناقص بشكل عام نتيجة لعدم تعافيهما الكامل من الاستغلال المفرط في الماضي من أجل الفراء. ونتيجة لذلك، يُصنف كلا النوعين حالياً باعتبارهما مهددين بالانقراض. غير أن العديد من المجموعات المتبقية صارت في تزايد الآن نتيجة لبرامج إدارة الحفظ. وتشمل التهديدات الجديدة التي تحد من التعافي الأمراض، واستغلال النفط ونقله في عرض البحر (بما في ذلك حالات انسكابه)، والصيد غير المشروع، والمصيد العرضي، والقتل المتعمد، والاضطرابات الناجمة عن الأنشطة الترفيهية (Duplaix and Savage, 2018). وقد عُزي التباين في الوفرة إلى أحداث ظاهرة النينيو وما يرتبط بها من آثار على النظم الإيكولوجية الساحلية في المحيط الهادئ. ورغم أن التغيرات المتوقعة في التذبذب الجنوبي لظاهرة النينيو غير واضحة، فإن أي تغيرات في مدى الانتشار والكثافة قد تؤثر على القضاعة البرمائية (Vianna and others, 2010).

5-2-2 - الدب القطبي

لا يزال الدب القطبي مصنفا باعتباره معرضاً للانقراض، حيث لا تتوافر معلومات عن اتجاهات الوفرة في أعداده. وتشير تقديرات عالمية وُضعت في الآونة الأخيرة إلى أن هناك ما بين 16 000 إلى 31 000 دب قطبي (Hamilton and Derocher, 2019). ويتمثل أخطر تهديد لهذا النوع في ذوبان موطنه الجليدي في منطقة القطب الشمالي، الضروري للوظائف الديمغرافية الرئيسية، بسبب تغير المناخ (Regehr and others, 2016). والضغوط الناجمة عن مسببات الأمراض الجديدة التي ظهرت بسبب انحسار الجليد البحري وعن تكثيف الأنشطة الصناعية والترفيهية مع تزايد إمكانية الوصول إلى المنطقة لها تأثيرٌ متزايد على المجموعات في هذا النوع (Hamilton and Derocher, 2019).

6 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

6-1 - الاستهلاك والتنافس

يطرح تعافي العديد من مجموعات الثدييات البحرية إمكانية التضارب في بعض المناطق وسنوح الفرص في مناطق أخرى. ويمكن للثدييات البحرية أن تتعلم أن أنشطة الصيد ترتبط بتوافر الغذاء، مما يؤدي إلى تطوير سلوكيات سرقة المصيد من سفن الصيد (Tixier and others, 2019) وخلق تضارب مع عمليات تربية الأحياء المائية (Guerra, 2019).

وعقب زيادة في مصيد حوت المنك واستئناف الصيد التجاري للحوت الزعنفي قبل التقييم العالمي الأول، انخفضت مستويات المصيد التجاري في شمال المحيط

الأطلسي من حوت المنك واستقرت[2]، وجرى تعليق أنشطة الصيد التجاري للحوت الزعنفي في عامي 2019 و 2020 (اصطيدت أعداد صغيرة منذ التقييم العالمي الأول كجزء من الصيد المعيشي المنظم). وخلال الفترة نفسها، ظلت كميات المصيد من زعنفيات الأقدام وغيرها من الحوتيات في نصف الكرة الشمالي مستقرة نسبياً عموماً (North Atlantic Marine Mammal Commission (NAMMCO), 2019؛ و International Whaling Commission (IWC), 2019). وظلت الكميات المصيدة من الحيتان البالينية في غرب المنطقة الشمالية من المحيط الهادئ مستقرة بشكل عام منذ التقييم العالمي الأول (IWC, 2019، مصيد بترخيص خاص)، في حين عُلقت أنشطة الصيد في مياه أنتاركتيكا في عام 2019 (IWC, 2019). ولا يزال الصيد المعيشي المنظم للثدييات البحرية مستقراً (NAMMCO, 2019؛ و IWC, 2019). وتواصل منظمتان حكوميتان دوليتان توفير منتدى لمناقشة المصيد من الثدييات البحرية وتقييمه وإدارته، وهما: اللجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان (IWC) التي أنشئت في عام 1946، ولجنة شمال المحيط الأطلسي للثدييات البحرية (NAMMCO) التي أنشئت في عام 1992.

ويمكن للثدييات البحرية التي يجري اصطيادها عرضا أن تكمِّل المصيد من الأسماك الموجه للاستهلاك البشري. ويمكن أن تُستكمَل هذه الممارسة أيضا بالصيد أو استخدام الحيوانات الشاردة في بعض البلدان (Robards and Reeves, 2011). وقد اصطُلح على تسمية هذا الاستخدام للثدييات البحرية بعبارة "لحوم الحيوانات الوحشية البحرية" (aquatic wild meat)[3] أو "لحوم الطرائد البحرية" (marine bushmeat). والعبارة الأخيرة تشبيه لهذا النوع من اللحوم بلحوم حيوانات الأدغال التي تستخدم في دعم الأمن الغذائي في المناطق المحرومة (Cosentino and Fisher, 2016؛ و Clapham and Van Waerebeek, 2007). ومن المرجح أن يكون المصيد والاستهلاك من الأنواع الساحلية في خطوط العرض السفلى قد زاد (Robards and Reeves, 2011)، لا سيما في جنوب شرق آسيا وغرب أفريقيا (Porter and Lai, 2017؛ و Liu and others, 2019؛ و Mintzer and others, 2018؛ و Van Waerebeek and others, 2017)، حيث غالباً ما تكون استدامة هذه الممارسات غير معروفة. وبما أن تغير الموائل المرتبط بتغير المناخ يعيد توزيع الأنواع ومن المحتمل أن يؤثر على وفرة الأعداد (Moore and Reeves, 2018)، فمن المرجح أن تتأثر أيضا المجتمعات المحلية التي تعتمد على اصطياد الثدييات البحرية من أجل الغذاء، مما يؤدي إلى ظهور تحديات في الأمن الغذائي في المستقبل (Brinkman and others, 2016).

ولا تزال الثدييات البحرية ذات أهمية ثقافية، حيث تُصنع المواد من أجسامها كما أنها جزء من تصور التقاليد والثقافات الساحلية. وهذا التراث الثقافي هو مفتاح تماسك المجتمعات المحلية وهويتها، وهو يشمل عناصر فريدة مثل الصيد التعاوني بين الناس والدلافين في البرازيل (Daura-Jorge and others, 2012).

6-2 - الأنشطة غير المهلِكة

لا تزال الثدييات البحرية تشكّل ملمحاً رئيسياً من ملامح السياحة البحرية، ما فتئ يتزايد[4] ويتنوع (Hoyt, 2018). وهناك أدلة غير مؤكدة على التوسع في السياحة التي تركز على الثدييات البحرية في مواقع جديدة وعلى زيادة معدلات المشاهدة في المواقع التقليدية للأنشطة السياحية نتيجة للتحولات التوزيعية المرتبطة بتعافي التجمعات وتغير المناخ (مثلا، Accardo and others, 2018؛ و Halliday and others, 2018). وقد أُدرجت السياحة الآن بوصفها تهديدا لحفظ 11 نوعا من الحوتيات و 13 نوعا من زعنفيات الأقدام (الشكل الثاني؛ و IUCN, 2019). والأنشطة السياحية تتيح للمجتمعات المحلية الساحلية فرصا لتوليد الدخل شريطة أن تكون الخطط قد وضعت للإدارة المناسبة التي تكفل عدم الإفراط في استغلال الثدييات البحرية

[2] انظر: https://nammco.no.
[3] انظر القرار 15-12 المنبثق عن معاهدة المحافظة على الأنواع المهاجرة من الحيوانات الفطرية والصادر بشأن لحوم الحيوانات الوحشية البحرية.
[4] انظر القرار 29-11 المنبثق عن معاهدة المحافظة على الأنواع المهاجرة والصادر بشأن مشاهدة الأحياء البحرية الوحشية بشكل مستدام على متن السفن.

(Christiansen and Lusseau, 2015؛ و Pirotta and Lusseau, 2015)، وأن يكون الاستثمار متسما بالمسؤولية، وأن تظل الأرباح في يد المجتمع المحلي (Higham and others, 2016). وفي إطار جهود لدعم المديرين وواضعي التنظيمات ومشغلي العمليات، وضعت اللجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان بالاشتراك مع القائمين على معاهدة المحافظة على الأنواع المهاجرة من الحيوانات الفطرية كتيباً عن مشاهدة الحيتان يوفر إرشادات لإدارة أنشطة مشاهدة الحيتان. ويراجَع الكتيب كل عام ويجري تحديثه بانتظام. ولم يحدَّد بعد حجم المساهمة الاجتماعية الإيكولوجية التي تقدمها السياحة المتصلة بالثدييات البحرية إلى المجتمعات المحلية الساحلية على الصعيد العالمي.

7 - آفاق المستقبل

تشمل النجاحات التي تحققت في حفظ الثدييات البحرية وضع حد للإفراط في اصطياد الحيتان الكبيرة والمصيد العرضي غير المستدام باستخدام الشباك البحرية العائمة الكبيرة (Reeves and others, 2013). ومن المنتظر استمرار حدوث تحسن في الأرصدة، شريطة ألا تنقطع جهود الإدارة (Bejder and others, 2016) وألا تعوقها آثار تغير المناخ (Tulloch and others, 2019).

ويبين عدد الأنواع المصنفة على أنها مهددة بالانقراض أو مهددة بشدة بالانقراض (22 نوعاً) بوضوح التحدياتِ الملحة فيما يتعلق بالإدارة والحفظ. والأنواع والتجمعات الفرعية للأنواع المهددة بشدة بالانقراض، بما في ذلك الفاكيتا ودلفين بيجي ودلفين ماوي والدلفين الأحدب الأطلسي (Sousa teuszii)، جميعها تقريبا له نطاق توزّع محدود جدا. وعلى الرغم من المعرفة التفصيلية بالمخاطر التي تتعرض لها هذه الأنواع، فإن عقودا من التدخل على صعيد الإدارة لم تحسّن حالة تجمعاتها (الشكل الثالث - جيم). وما لم تؤدِ تدابير إدارة هذه الأنواع إلى الحد من التهديدات الراهنة، فإن التقييمات الحالية تقدر أنه، في غضون عشر سنوات، ستتدهور الأنواع/التجمعات الفرعية المهددة بشدة بالانقراض وقد تصبح منقرضة (Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita, 2019؛ و IUCN, 2019).

ويلزم اتخاذ مبادرات عالمية لوضع خطط إدارة شاملة للأنواع التي تنتشر على نطاقات واسعة. ومنذ صدور التقييم العالمي الأول، أنشأت لجنة حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا منطقةً محمية بحرية في بحر روس (CCAMLR, 2016). وتشمل الأهداف المتعددة لهذه المنطقة حماية مناطق الاقتيات الأساسية بالنسبة لفقمة ويدل (Leptonychotes weddellii) والنوع جيم من حوت الأُركة القاتل. وتُعتبر الإدارة المكانية الثابتة، مثل المناطق المحمية البحرية، أداة فعالة في حفظ الأنواع (Gormley and others, 2012). غير أن التحولات الحالية في التهديدات التي لوحظت (الشكل الثاني-ألف)، إلى جانب التغيرات السريعة في النظم الإيكولوجية البحرية التي يحركها تغير المناخ، تجعل مثل هذه المناطق أداة أقل مرونة، لا سيما فيما يتعلق بكفالة الحفاظ على الأنواع الكثيرة التنقل واستخدامها المستدام (Pinn, 2018؛ انظر أيضا الفصل 27).

ومنذ صدور التقييم العالمي الأول، أصبح من الواضح أن الآثار التراكمية من قطاعات متعددة (انظر الفصل 25) تؤثر بشكل متزايد على مسارات حالة حفظ الثدييات البحرية (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2017). وفي العقود القادمة، سيؤثر تغير المناخ على الثدييات البحرية بطرق متعددة (الشكل الثاني)، من بينها تحوير الموائل والشبكات الغذائية. وبالإضافة إلى ذلك، فإن زيادة التعرض للأنشطة البشرية وما يرتبط بها من ضغوط ستساهم في الآثار التراكمية، مما قد يؤثر في حالات التعافي التي سُجلت مؤخرا (Tulloch and others, 2019). وقد يؤدي التضخم الغذائي إلى تعزيز آثار تغير المناخ في المستويات الأعلى للشبكة الغذائية، مع تأثيرات أقوى نسبياً على المستويات الغذائية الأعلى التي تحتلها الثدييات البحرية (Lotze and others, 2019).

وقد ساعدت التطورات التكنولوجية والتحليلية الجديدة على القيام، استنادا إلى بيانات الرصد، بتصميم أطُر للتحديد الكمي للآثار المترتبة في التجمعات على عوامل إجهاد متعددة (انظر الفصل 25). وبذلك يسهل وضع تقدير لتأثر حالة الحفظ بعوامل الإجهاد غير المهلكة وغير المباشرة مثل الضوضاء البشرية المنشأ، والسياحة، ونظم الطاقة البحرية المتجددة. وتُستخدم نُهج النظم الإيكولوجية لتقييمات المخاطر (Holsman and others, 2017) بشكل متزايد كعناصر حاسمة في التقييمات المتكاملة للنظم الإيكولوجية (انظر أيضا الفصل 27). وتطرح هذه النهُج المخاطر في السياق الاجتماعي الإيكولوجي الأوسع للمجتمعات المحلية التي تستخدم الثدييات البحرية.

8 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

يتغير عالم اليوم بوتيرة سريعة، وهو ما يشكل تحدياً لقدرتنا على التنبؤ بحالة الثدييات البحرية وأنماط استغلالها استناداً إلى التحليلات ذات الأثر الرجعي. وتتطلب هذه التغيرات السريعة نُهجاً ميكانيكية كيميائية- فيزيائية جديدة تمكن من التنبؤ بكيفية استجابة الأنواع والتجمعات لتغير المناخ واستدامة الآثار البشرية المباشرة وغير المباشرة الحالية والمستقبلية. وعلى وجه التحديد، هناك حاجة إلى ما يلي: (أ) وضع نُهج لتقييم الكيفية التي تستجيب بها الثدييات البحرية لتغيرات المناخ، وما يرتبط بها من نظم إيكولوجية بحرية متغيرة، وكيفية تكيفها معها؛ (ب) زيادة فهم الآثار التراكمية للضغوط البشرية المنشأ المتعددة على الثدييات البحرية، بما في ذلك أنشطة الاستغلال الجارية والجديدة؛ (ج) وضع عمليات لتحديد وتنفيذ إجراءات ناجحة في مجال الإدارة تكفل تأمين أنواع الثدييات البحرية المهددة بشدة بالانقراض؛ (د) زيادة فهم التجمعات الناقصة البيانات بما يسمح بتحديد كمي لوفرتها، مما يسهل تصنيفها ورفعها من فئة ناقصة البيانات. وبالإضافة إلى ذلك، يلزم القيام بمزيد من العمل من أجل فهم أفضل لدور الثدييات البحرية في عمليات المحيطات، بما في ذلك في النقل المكاني للمغذيات والكربون[5].

9 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

لا يوجد في الوقت الحالي فهمٌ واسع للأبعاد الإنسانية التي تؤدي إلى تدخلات إدارة ناجحة وغير ناجحة، أو للقدرات والموارد اللازمة لتنفيذها. وحيثما تكون الثدييات البحرية وفيرة، تكون هناك في الغالب فجوة في القدرة المؤسسية على تعظيم فرص الوصول إلى هذه الموارد ذات القيمة العالية واستخدامها على نحو مستدام. ويُفتقر إلى الأدوات المرتبطة بتقييم عمليات المفاضَلة بين القطاعات التي تستخدم الثدييات البحرية من خلال الصيد العرضي أو الآثار التراكمية غير المهلكة والصناعات التقليدية التي تستغل تلك الأنواع (مثل مصائد الأسماك والسياحة). ويجري تطوير أساليب تحفيزية فيما يتعلق بالموارد الطبيعية الأخرى، مثل الغابات، من أجل تنويع كيفية استخدامها بشكل مستدام، وكذلك تحسين ربط المجتمعات المحلية "الغنية بالطبيعة" بالأسواق النائية المحتملة (Dao, 2018). ويمكن تطبيق ذلك على الثدييات البحرية. وثمة حاجة إلى تقييم كيفية استخدام هذه النهُج لتنويع الاستغلال الحالي للثدييات البحرية وإتاحة الفرص لتطوير المشتقات.

[5] انظر: www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2019/12/natures-solution-to-climate-change-chami.htm.

المراجع

Accardo, Corey, and others (2018). Sightings of a bowhead whale (*Balaena mysticetus*) in the Gulf of Maine and its interactions with other baleen whales. *Journal of Cetacean Research and Management*, vol. 19, pp. 23–30.

Atkinson, S., and others (2008). Anthropogenic causes of the western Steller sea lion *Eumetopias jubatus* population decline and their threat to recovery. *Mammal Review*, vol. 38, No. 1, pp. 1–18.

Baker, C.S., and others (2016). *Estimating the Abundance and Effective Population Size of Māui Dolphins Using Microsatellite Genotypes in 2015–16, with Retrospective Matching to 2001–16*. Auckland: Department of Conservation.

Balensiefer, Deisi Cristiane, and others (2017). Three decades of Antillean Manatee (*Trichechus manatus manatus*) stranding along the Brazilian coast. *Tropical Conservation Science*, vol. 10. https://doi.org/10.1177/1940082917728375.

Bejder, Michelle, and others (2016). Embracing conservation success of recovering humpback whale populations: evaluating the case for downlisting their conservation status in Australia. *Marine Policy*, vol. 66, pp. 137–141.

Breed, Greg A., and others (2017). Sustained disruption of narwhal habitat use and behavior in the presence of Arctic killer whales. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 10, pp. 2628–2633.

Brinkman, Todd J., and others (2016). Arctic communities perceive climate impacts on access as a critical challenge to availability of subsistence resources. *Climatic Change*, vol. 139, Nos. 3 and 4, pp. 413–427.

Burkholder, Derek A., and others (2013). Patterns of top-down control in a seagrass ecosystem: could a roving apex predator induce a behaviour-mediated trophic cascade? *Journal of Animal Ecology*, vol. 82, No. 6, pp. 1192–1202. https://doi.org/10.1111/1365-2656.12097.

Cabrera, Andrea A., and others (2018). Strong and lasting impacts of past global warming on baleen whale and prey abundance. *BioRxiv,* 497388.

CCAMLR (2016). Conservation Measure 91-05 (2016): Ross Sea Region Marine Protected Area.

Chilvers, Barbara (2012). Population viability analysis of New Zealand sea lions, Auckland Islands, New Zealand's sub-Antarctics: assessing relative impacts and uncertainty. *Polar Biology*, vol. 35, No. 10, pp. 1607–1615. https://doi.org/10.1007/s00300-011-1143-6.

Christiansen, Fredrik, and David Lusseau (2015). Linking behavior to vital rates to measure the effects of non-lethal disturbance on wildlife. *Conservation Letters*, vol. 8, No. 6, pp. 424–431.

Clapham, Phil, and Koen Van Waerebeek (2007). Bushmeat and bycatch: the sum of the parts. *Molecular Ecology*, vol. 16, No. 13, pp. 2607–2609.

Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (2019). Report of the Eleventh Meeting of the Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (CIRVA). La Jolla, California: Southwest Fisheries Science Center.

Corkeron, Peter, and others (2018). The recovery of North Atlantic right whales, *Eubalaena glacialis*, has been constrained by human-caused mortality. *Royal Society Open Science*, vol. 5, No. 11.

Cosentino, A. Mel, and Sue Fisher (2016). The utilization of aquatic bushmeat from small cetaceans and manatees in South America and West Africa. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 163. https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00163.

Dao, David (2018). Decentralized sustainability: beyond the tragedy of the commons with smart contracts + AI. Medium, 21 June. https://medium.com/@daviddao/decentralized-sustainability-9a53223d3001.

Daura-Jorge, F.G., and others (2012). The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. *Biology Letters*, vol. 8, No. 5, pp. 702–705. https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0174.

Doughty, Christopher E., and others (2016). Global nutrient transport in a world of giants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, No. 4, pp. 868–873.

Duplaix, Nicole, and Melissa Savage (2018). *The Global Otter Conservation Strategy*. IUCN/SSC Otter Specialist Group, Salem, Oregon, United States of America.

Eikeset, Anne Maria, and others (2018). What is blue growth? The semantics of "Sustainable Development" of marine environments. *Marine Policy*, vol. 87, pp. 177–179. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.019.

Estes, James A., and others (1998). Killer whale predation on sea otters linking oceanic and nearshore ecosystems. *Science*, vol. 282, No. 5388, pp. 473–476.

Estes, James A., and others (2016). Megafaunal impacts on structure and function of ocean ecosystems. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 41, pp. 83–116.

da Silva, Vera M., and others (2018). Both cetaceans in the Brazilian Amazon show sustained, profound population declines over two decades. *PLOS ONE*, vol. 13, No. 5, pp. 1–12. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191304.

George, J. Craig, and others (2018). Bowhead Whale: *Balaena mysticetus*. In *Encyclopedia of Marine Mammals*, Elsevier, pp. 133–135.

Gormley, Andrew M., and others (2012). First evidence that marine protected areas can work for marine mammals. *Journal of Applied Ecology*, vol. 49, No. 2, pp. 474–480.

Guerra, Ana Sofía (2019). Wolves of the Sea: managing human-wildlife conflict in an increasingly tense ocean. *Marine Policy*, vol. 99, pp. 369–373.

Halliday, William D., and others (2018). Tourist vessel traffic in important whale areas in the western Canadian Arctic: risks and possible management solutions. *Marine Policy*, vol. 97, pp. 72–81. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.08.035.

Hamer, D.J., and others (2013). The endangered Australian sea lion extensively overlaps with and regularly becomes by-catch in demersal shark gill-nets in South Australian shelf waters. *Biological Conservation*, vol. 157, pp. 386–400. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.07.010.

Hamer, Derek J., and others (2012). Odontocete bycatch and depredation in longline fisheries: A review of available literature and of potential solutions. *Marine Mammal Science*, vol. 28, No. 4, pp. E345–374. https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2011.00544.x.

Hamilton, S.G., and A. E. Derocher (2019). Assessment of global polar bear abundance and vulnerability. *Animal Conservation*, vol. 22, No. 1, pp. 83–95.

Hamilton, Sheryl, and G. Barry Baker (2019). Population growth of an endangered pinniped—the New Zealand sea lion (*Phocarctos hookeri*)—is limited more by high pup mortality than fisheries bycatch. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 76, No. 6, pp. 1794–1806. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz039.

Harris, Catriona M., and others (2018). Marine mammals and sonar: dose-response studies, the risk-disturbance hypothesis and the role of exposure context. *Journal of Applied Ecology*, vol. 55, No. 1, pp. 396–404.

Higham, James E.S., and others (2016). Managing whale-watching as a non-lethal consumptive activity. *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 24, No.,1, pp. 73–90.

Holsman, Kirstin, and others (2017). An ecosystem–based approach to marine risk assessment. *Ecosystem Health and Sustainability*, vol. 3, No. 1, e01256.

Hoyt, Erich (2018). Tourism. In *Encyclopedia of Marine Mammals*, 3rd ed., Bernd Würsig, J.G.M. Thewissen, and Kit M. Kovacs, eds. Academic Press, pp. 1010–1114. https://doi.org/10.1016/B978–0–12–804327–1.00262–4.

Hunter, M.E., and others (2010). Low genetic variation and evidence of limited dispersal in the regionally important Belize manatee. *Animal Conservation*, vol. 13, No. 6, pp. 592–602. https://doi.org/10.1111/j.1469–1795.2010.00383.x.

International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species*. www.iucnredlist.org/en.

International Whaling Commission (2019). Total Catches. Available at https://iwc.int/total–catches.

Jaramillo–Legorreta, Armando M., and others (2019). Decline towards extinction of Mexico's vaquita porpoise (*Phocoena sinus*). *Royal Society Open Science*, vol. 6, No. 7. https://doi.org/10.1098/rsos.190598.

Kiszka Jeremy J., and others (2015). Behavioural drivers of the ecological roles and importance of marine mammals. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 523, pp. 267–81.

Liu, Mingming, and others (2019). Fishers' experiences and perceptions of marine mammals in the South China Sea: insights for improving community–based conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 29, No. 5, pp. 809–819.

Lotze, Heike K., and others (2019). Global ensemble projections reveal trophic amplification of ocean biomass declines with climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, No. 26, pp. 12907–12912.

MacCracken, James G. (2012). Pacific Walrus and climate change: observations and predictions. *Ecology and Evolution*, vol. 2, No. 8, pp. 2072–2090.

McClatchie, Sam, and others (2016). Food limitation of sea lion pups and the decline of forage off central and southern California. *Royal Society Open Science*, vol. 3, No. 3. https://doi.org/10.1098/rsos.150628.

Meyer–Gutbrod, Erin L., and Charles H. Greene (2018). Uncertain recovery of the North Atlantic right whale in a changing ocean. *Global Change Biology*, vol. 24, No. 1, pp. 455–464.

Mintzer, Vanessa Jordan, and others (2018). The use of aquatic mammals for bait in global fisheries. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 191.

Möller, Luciana M. (2012). Sociogenetic structure, kin associations and bonding in delphinids. *Molecular Ecology*, vol. 21, No. 3, pp. 745–764.

Moore, Sue E., and others (2019). Baleen whale ecology in arctic and subarctic seas in an era of rapid habitat alteration. *Progress in Oceanography*, vol. 176.

Moore, Sue E., and Randall R. Reeves (2018). Tracking arctic marine mammal resilience in an era of rapid ecosystem alteration. *PLoS Biology*, vol. 16, No. 10, e2006708.

National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, and Medicine (2017). *Approaches to Understanding the Cumulative Effects of Stressors on Marine Mammals*. Washington, D.C.: National Academies Press. https://doi.org/10.17226/23479.

North Atlantic Marine Mammal Commission (NAMMCO) (2019). Marine Mammals. Seals and Walruses (Pinnipeds). https://nammco.no/marinemammals.

Notarbartolo di Sciara, Giuseppe, and S. Kotomatas (2016). Chapter Twelve: are Mediterranean monk seals, *Monachus monachus*, being left to save themselves from extinction? *Advances in Marine Biology*, vol. 75, pp. 359–386. https://doi.org/10.1016/bs.amb.2016.08.004.

Pettis, H., and others (2018). North Atlantic right whale consortium 2018 annual report card. Report to the North Atlantic Right Whale Consortium.

Pinn, Eunice H. (2018). Protected areas: the false hope for cetacean conservation? In *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, vol. 56. S. J. Hawkins and others, eds. Boca Raton, Florida, United States: CRC Press, pp. 72–104.

[Pirotta, Enrico, and others (2018). Understanding the population consequences of disturbance. *Ecology and Evolution*, vol. 8, No. 19, pp. 9934–9946.

Pirotta, Enrico, and David Lusseau (2015). Managing the wildlife tourism commons. *Ecological Applications*, vol. 25, No. 3, pp. 729–741.

Porter, Lindsay, and Hong Yu Lai (2017). Marine mammals in Asian societies; trends in consumption, bait, and traditional use. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 47.

Reeves Randall R., and others (2013). Marine mammal bycatch in gillnet and other entangling net fisheries, 1990 to 2011. *Endangered Species Research*, vol. 20, No. 1, pp. 71–97.

Regehr, Eric V., and others (2016). Conservation status of polar bears (*Ursus maritimus*) in relation to projected sea–ice declines. *Biology Letters*, vol. 12, No. 12, pp. 20160556.

Robards, Martin D., and Randall R. Reeves (2011). The global extent and character of marine mammal consumption by humans: 1970–2009. *Biological Conservation*, vol. 144, No. 12, pp. 2770–2786.

Rojas–Bracho L., and others (2019). A field effort to capture critically endangered vaquitas *Phocoena sinus* for protection from entanglement in illegal gillnets. *Endangered Species Research*, vol. 38, pp. 11–27.

Roman, Joe, and others (2014). Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 12, No. 7, pp. 377–385.

Seyboth, Elisa, and others (2016). Southern Right Whale (*Eubalaena australis*) Reproductive Success is Influenced by Krill (*Euphausia superba*) Density and Climate. *Scientific Reports*, vol. 6,art. 28205. https://doi.org/10.1038/srep28205.

Southern Resident Orca Taskforce (2019). *Final Report and Recommendations*.

Sydeman, William J., and others (2015). Climate change and marine vertebrates. *Science*, vol. 350, No. 6262, pp. 772–777.

Tixier, Paul, and others (2019). Commercial fishing patterns influence odontocete whale–longline interactions in the Southern Ocean. *Scientific Reports*, vol. 9, art. 1904.

Tulloch, Vivitskaia J.D., and others (2019). Future recovery of baleen whales is imperiled by climate change. *Global Change Biology*, vol. 25, No. 4, pp. 1263–1281.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Van Waerebeek, Koen, and others (2017). New records of Atlantic humpback dolphin in Guinea, Nigeria, Cameroon and Togo underscore fisheries pressure and generalized marine bushmeat demand. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, vol. 72, No. 2, pp. 1576–1586.

Vianna, Juliana A., and others (2010). Phylogeography of the marine otter (*Lontra felina*): historical and contemporary factors determining its distribution. *Journal of Heredity*, vol. 101, No. 6, pp. 676–689. https://doi.org/10.1093/jhered/esq088.

Werner, Timothy B., and others (2015). Mitigating bycatch and depredation of marine mammals in longline fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 72, No. 5, pp. 1576–1586.

Yamada, Tadasu K., and others (2019). Description of a new species of beaked whale (*Berardius*) found in the North Pacific. *Scientific Reports*, vol. 9, art. 12723.

الفصل 6 هاء

الزواحف البحرية

المساهمون: قمر شويلر (منظِّمة الاجتماعات)، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، وماكسيمِيليان هيرشفيلد، وغابرييل هوينسود سيغنياغبيتو، وكارمن ميفسود، وأندري سيلفا باريتو، وفيناي أودياوير.

النقاط الرئيسية

- تتفاوت بقدر كبير التغيرات التي حدثت في حالة حفظ السلاحف البحرية منذ صدور التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a)، فقد شهدت بعض المجموعات معدلات نمو إيجابية، في حين شهدت أخرى انخفاضاً كارثياً.
- لم تتغير حالة حفظ معظم مجموعات الثعابين البحرية والإيغوانا البحرية منذ صدور التقييم العالمي الأول، وإن كانت هناك ثغرات ضخمة في البيانات.
- تبقى التهديدات الرئيسية للزواحف البحرية مماثلة لما سُجل في التقييم العالمي الأول. ويشكل الصيد العرضي أكبر تهديد، وإن كانت أنشطة الصيد المستهدِف للأنواع والتلوث البحري وفقدان الموائل وتطوير المناطق الساحلية والأمراض وتغير المناخ تعتبر أيضا عمليات تشكّل تهديدات رئيسية.

1 - مقدمة

أوجز الفصل 39 من التقييم العالمي الأول حالة حفظ الزواحف البحرية والتهديدات الرئيسية التي تواجهها هذه الأصنوفات، والاحتياجات الأكثر إلحاحاً المتصلة بحفظها اعتباراً من عام 2012 (United Nations, 2017b).

ويقدم هذا الفصل تقييماً مستكملاً للحالة على نطاق عالمي ويحدد الاتجاهات الإقليمية في حالة حفظ السلاحف البحرية والثعابين البحرية، مع التركيز على التغيرات التي حدثت منذ التقييم العالمي الأول. وهو مرتبط بفصول أخرى ترد في التقييم الحالي، لا سيما الفصول 4 و 7 و 15.

1-1 - أطر التقييم

تمثلت أطر التقييم الرئيسية المستخدمة في التقييم العالمي الأول لتقييم حالة الزواحف البحرية في تصنيفات القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، وحافظة أولويات الحفظ التي اعتمدها فريق الأخصائيين المعني بالسلاحف البحرية التابع للاتحاد الدولي (Wallace and others, 2010). ويتَّبع هذا الفصل نهجاً مماثلاً ويتضمن، حيثما لا تتوافر بيانات مستجدة عن حالة الحفظ، معلومات محدّثة مستمدة من التقارير الإقليمية لفريق الأخصائيين المعني بالسلاحف البحرية والمنشورات التي تخضع للتحكيم من قِبل الأقران.

2 - حالة حفظ الزواحف البحرية

1-2 - السلاحف البحرية

تم، منذ صدور التقييم العالمي الأول، تحديث حالة اثنتين من المجموعات على صعيد العالم و 4 مجموعات فرعية للسلاحف البحرية (الجدول 1). وقد تحسنت الحالة العالمية للسلاحف الضخمة الرأس (Caretta caretta)، استنادا إلى بيانات مستقاة من 90 في المائة من إجمالي تجمعات التعشيش على الصعيد العالمي (تشمل 6 من 10 تجمعات فرعية مصنفة)، وانتقل تصنيفها من مهددة بالانقراض إلى معرضة للانقراض (الجدول 1). ومع ذلك، فإن حالة كل من التجمعات الفرعية تختلف اختلافا كبيرا، بدءا مما صُنف باعتباره أقل إثارة للقلق (شمال غرب المحيط الأطلسي وجنوب غربه، والبحر الأبيض المتوسط، وشمال المحيط الهادئ) إلى ما صُنف

باعتباره شبه معرض للانقراض (جنوب غرب المحيط الهندي وجنوب شرقه) وما صُنف باعتباره مهدداً بالانقراض (شمال شرق المحيط الأطلسي) وصولا إلى ما صُنف باعتباره مهدداً بشدة بالانقراض (شمال غرب المحيط الهندي وشمال شرقه، وجنوب المحيط الهادئ) (Casale and Tucker, 2017).

وانتقل نوع سلاحف ريدلي كيمب (*Lepidochelys kempii*) إلى فئة أعلى في القائمة الحمراء، من مهدد بالانقراض إلى مهدد بشدة بالانقراض، عقب انخفاض في الأعداد الإجمالية تجاوز 80 في المائة مقارنة بالمستويات التاريخية. ويشكل ذلك انتكاسة في التعافي الذي لوحظ في تسعينات القرن الماضي والعقد الأول من القرن الحادي والعشرين لا تُعرف أسبابها، ولكنها قد تكون مرتبطة بالمصيد العرضي في مصائد الأسماك وانسكاب النفط في حادثة منصة النفط "ديب واتر هورايزن" (Wibbels and Bevan, 2019). وبالمثل، انتقلت المجموعة الفرعية للسلاحف الجلدية الظهر بشمال غرب المحيط الأطلسي (*Dermochelys coriacea*) إلى فئة أعلى في القائمة، من فئة أقل إثارة للقلق إلى فئة مهددة بالانقراض (Northwest Atlantic Leatherback Working Group, 2019). وهذا التغير هو في المقام الأول نتيجة لتحديث تحليلات إقليمية عن اتجاهات التعشيش.

وجرى لأول مرة تقييم حالة المجموعات الفرعية للسلاحف الخضراء (*Chelonia mydas*) في شمال المحيط الهندي (معرضة للانقراض) وفي جنوب المحيط الأطلسي (أقل إثارة للقلق) (Mancini and others, 2019؛ و Broderick and Patricio, 2019)، في حين أعيد تقييم المجموعة الفرعية الكائنة في هاواي وظلت في فئةِ أقل إثارة للقلق (Chaloupka and Pilcher, 2019). وعلى الرغم من أن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة لم يُعد تقييم السلاحف الخضراء على الصعيد العالمي منذ صدور التقييم العالمي الأول، فقد صنف تقييم عالمي أجري بموجب قانون الولايات المتحدة الأمريكية لحماية الأنواع المهددة بالانقراض معظمَ المجموعات الفرعية، وخلص إلى أن احتمال وصولها إلى حالة أشبه بالانقراض في غضون السنوات المئة المقبلة احتمال ضئيل جداً (Seminoff and others, 2015). ومن بين المجموعات الفرعية التي جرى تقييمها، صُنفت مجموعة البحر الأبيض المتوسط على أنها الأكثر عرضة لخطر الانقراض.

2-2 - الثعابين البحرية

جرى، منذ صدور التقييم العالمي الأول، تحديث حالة 26 نوعاً من أنواع الثعابين البحرية من أصل 71 نوعاً معترفاً به حالياً، بما في ذلك حالة 3 من أصل 4 أنواع تم وصفها حديثاً. وأعيد تصنيف نوعين (*Aipysurus apraefrontalis* و *A. foliosquama*)، اعتُبرا من قبل مهددين بشدة بالانقراض، ليصبح تصنيفهما في فئة أنواع ناقصة البيانات ويعزى ذلك إلى تغيرات في نطاقهما المعروف (D'anastasi and others, 2016؛ و Udyawer and others, 2020).

وأدى التراجع في وفرة الثعابين البحرية الداكنة (*Aipysurus fuscus*) في شعاب أشمور البحرية إلى انحسار نطاقها المعروف إلى ثلاثة نظم للشعاب البحرية في بحر تيمور. وقد أثارت المعدلات المرتفعة لتهجين هذا النوع، المصنف حالياً على أنه مهدد بالانقراض، مع النوع الأكثر شيوعا (*Aipysurus laevis*) في أنحاء النطاق المنحسِر للنوع الأول مخاوفَ من ارتفاع مستويات تداخل هذا النوع (Sanders and others, 2014).

وبصورة أعم، وفرت زيادة توثيق حالة الثعابين البحرية سجلاتٍ محدثة عن تجمعات الأنواع وتوزّعها على الصعيد العالمي (Rasmussen and others, 2014؛ و Rezaie-Atagholipour and others, 2016؛ و Sarker and others, 2017؛ و Buzás and others, 2018؛ و Ganesh and others, 2019). وأدى التقييم الجيني الموسّع للأنواع عبر نطاقها العالمي إلى إعادة هيكلة نشوء وتطور فُصَيْلة ثعابين البحر (*Hydrophiinae*) (Sanders and others, 2013)، وإعادة تصنيف الأنواع المتشابهة الخفية (Sanders and others, 2013؛ و Ukuwela and others, 2013؛ و Ukuwela and others, 2014؛ و Lukoschek, 2018)، ووصف 4 أنواع جديدة منذ صدور التقييم العالمي الأول (Ukuwela and others, 2012؛ و Sanders and others, 2012؛ و Nankivell and others, 2020).

3-2 - الإيغوانا البحرية

أعيد تقييم الإيغوانا البحرية (*Amblyrhynchus cristatus*) في إطار تقييمات القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة في عام 2020، ولا تزال حالتها تصنف على أنها معرضة لخطر الانقراض (MacLeod and others, 2020). وأجري مؤخرا استعراض تصنيفي للأنواع استنادا إلى معلومات مورفولوجية وجينية، أسفر عن إعادة تصنيف نُوَيْعين ليُدمجا في نُوَيْع واحد وعن إضافة 5 نُوَيْعات جديدة، وبذلك أصبح مجموع النُوَيْعات 11 نُوَيعا (Miralles and others, 2017).

الجدول 1

أنواع السلاحف البحرية والثعابين البحرية التي تغير تصنيف حالتها في القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة منذ صدور التقييم العالمي الأول

الأصنوفة	الاسم الشائع	التغير في تصنيف الحالة في القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة
السلاحف البحرية	السلحفاة الضخمة الرأس	انتقلت إلى مرتبة أدنى في عام 2015، من مهددة بالانقراض إلى معرضة للانقراض (يتراوح تصنيف المجموعات الفرعية بين مهددة بشدة بالانقراض وأقل إثارة للقلق)
	السلحفاة الخضراء	قُيّمت المجموعة الفرعية الكائنة في هاواي وظلت في عام 2019 مصنفة في فئة أقل إثارة للقلق. وصُنفت في عام 2019 المجموعتان الفرعيتان الكائنتان في شمال المحيط الهندي وجنوب المحيط الأطلسي بوصفهما معرضتين لخطر الانقراض وأقل إثارة للقلق على التوالي. أما بقية المجموعات العالمية، فتصنف على أنها مهددة بخطر الانقراض (لا تغيّر، ولكن انظر: Seminoff and others, 2015).
	سلحفاة ريدلي كيمب	رفع تصنيفها في عام 2019 من فئة مهددة بالانقراض إلى فئة مهددة بشدة بالانقراض
	السلحفاة الجلدية الظهر	رفع تصنيف المجموعة الفرعية الكائنة في شمال غرب المحيط الأطلسي في عام 2019 من فئة أقل إثارة للقلق إلى فئة مهددة بالانقراض. ولم يُجر تقييم للمجموعات العالمية منذ عام 2013، ومن ثم ظل تصنيفها في فئة معرضة للانقراض، وإن كان سائر المجموعات الفرعية يصنف باعتباره إما مهددا بشدة بالانقراض أو ناقص البيانات (لا تغير)
الثعابين البحرية	ثعبان البحر قصير الأنف	نُقح تصنيفه في عام 2018 من فئة مهدد بشدة بالانقراض إلى فئة ناقص البيانات
	ثعبان البحر المورِق الحراشيف	نُقح تصنيفه في عام 2018 من فئة مهدد بشدة بالانقراض إلى فئة ناقص البيانات.
	ثعبان البحر الفسيفسائي	تم تقييمه على أنه من فئة ناقص البيانات في عام 2018
	ثعبان خليج شارك	تم تقييمه على أنه من فئة ناقص البيانات في عام 2018
	ثعبان البحر خشن الحراشيف	تم تقييمه على أنه من فئة ناقص البيانات في عام 2018

ملاحظة: لم يُعَد تقييم أنواع السلاحف البحرية الأخرى منذ صدور التقييم العالمي الأول.
وأعيد تقييم 26 نوعا من أنواع الثعابين البحرية الأسترالية في إطار تقييمات القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة في عام 2018. وبصرف النظر عن التحديثات المتعلقة بالأنواع الخمسة المدرجة في الجدول أعلاه، لم تتغير تصنيفات الأنواع الأسترالية الـ 21 المتبقية. ولم يُعَد تقييم سائر الأنواع التي يُعثر عليها خارج أستراليا (45 نوعا) منذ صدور التقييم العالمي الأول.

3 - الاتجاهات الإقليمية

توفر مجموعة متنوعة من المصادر معلوماتٍ عن الاتجاهات المحلية والإقليمية في أعداد السلاحف والثعابين البحرية. ولأن هذه المصادر تختلف اختلافاً كبيراً في كيفية الإبلاغ عن الاتجاهات المتعلقة بالأعداد، يرد في الجدول 2 ملخص موجز مشفوع بمراجع محددة يمكن من خلالها الحصول على تفاصيل عن أساليب التقييم

والإبلاغ المستخدمة. وحيثما توجد بيانات عن اتجاهات المجموعات في وحدة إدارة إقليمية ككل، ترد إحالات إلى تقارير عن المناطق الأصغر داخل وحدة الإدارة الإقليمية. وفي بعض الحالات، قد تحيد شواطئ أو مناطق التعشيش الأصغر حجماً عن منحى الاتجاه الملحوظ في وحدة الإدارة الإقليمية؛ ويبلغ عن تلك الحالات على حدة. ولا يتضمن الجدول 2 سوى بيانات عن الاتجاهات الملحوظة منذ صدور التقييم العالمي الأول، فهو يعتمد على المصادر المنشورة من عام 2015 حتى كانون الثاني/يناير 2020. وقد تؤدي أي بيانات إضافية تكون غير معروفة للمصنِّفين أو نشرت بعد كانون الثاني/يناير 2020 إلى تغيير الاتجاهات المبلغ عنها أدناه.

الجدول 2

الاتجاهات الإقليمية في وفرة وتوزّع السلاحف البحرية والثعابين البحرية

المنطقة	السلاحف	الثعابين البحرية
شمال المحيط الأطلسي، والبحر الكاريبي، والبحر الأبيض المتوسط	**اتجاهات تزايدية (التعشيش)** السلحفاة الضخمة الرأس (Caretta caretta): وحدة الإدارة الإقليمية بشمال غرب المحيط الأطلسي (Ceriani and Meylan, 2017؛ و Mazaris and others 2017؛ و Nalovic and others, 2018)؛ ووحدة الإدارة الإقليمية بالبحر الأبيض المتوسط (Casale, 2015a؛ و Mazaris and others, 2017؛ و Caesar and others, 2018) السلاحف الخضراء (Chelonia mydas): وحدة الإدارة الإقليمية بشمال غرب المحيط الأطلسي (Mazaris and others, 2017؛ و Nalovic and others, 2018؛ و Valdivia and others, 2019؛ و National Marine Fisheries Service, 2019)؛ والجزء التجمعي المستقل بجنوب المحيط الأطلسي (Valdivia and others, 2019)؛ والبحر الأبيض المتوسط (Casale and others, 2018) السلاحف الصقرية المنقار (Eretmochelys imbricate): وحدة الإدارة الإقليمية بغرب المحيط الأطلسي (Mazaris and others, 2017؛ و Nalovic and others, 2018؛ و Valdivia and others, 2019) **اتجاهات مستقرة (التعشيش)** السلحفاة الضخمة الرأس (Caretta caretta): وحدة التعافي بشبه جزيرة فلوريدا (الولايات المتحدة) (Valdivia and others, 2019). سلاحف ريدلي كيمب (Lepidochelys Kempii): بعد تعاف قوي منذ التقييم العالمي الأول ، استقر منحنى الاتجاهات إلى حد كبير (Wibbels and Bevan, 2019) **اتجاهات تناقصية (التعشيش)** السلاحف الجلدية الظهر (Dermochelys Coriacea): وحدة الإدارة الإقليمية بشمال غرب المحيط الأطلسي (Northwest Atlantic Leatherback Working Group, 2019) السلاحف الصقرية المنقار (Eretmochelys imbricate): المكسيك (Valdivia and others, 2019)	

المنطقة	السلاحف	الثعابين البحرية
جنوب المحيط الأطلسي	**اتجاهات تزايدية (التعشيش)** السلحفاة الضخمة الرأس (Caretta caretta): وحدة الإدارة الإقليمية بجنوب غرب المحيط الأطلسي (Casale and Marcovaldi, 2015) السلاحف الخضراء (Chelonia mydas): وحدة الإدارة الإقليمية بجنوب المحيط الأطلسي (Mazaris and others, 2017؛ و Broderick and Patricio, 2019) السلاحف الجلدية الظهر (Dermochelys Coriacea): البرازيل، ولكنها متباينة (Colman and others, 2019) سلاحف ريدلي الزيتونية (Lepidochelys Olivacea): وحدة الإدارة الإقليمية بغرب المحيط الأطلسي (Mazaris and others, 2017) **اتجاهات مستقرة (التعشيش)** سلاحف ريدلي الزيتونية (Lepidochelys Olivacea): غويانا الفرنسية (فرنسا) (Nalovic and others, 2018) **اتجاهات تناقصية (التعشيش)** سلاحف ريدلي الزيتونية (Lepidochelys Olivacea): وحدة الإدارة الإقليمية بشرق المحيط الأطلسي (Mazaris and others, 2017)	توسع محتمل للتوزيع في ظل الظروف المناخية المتغيرة (Lillywhite and others, 2017)
المحيط الهندي، وبحر العرب، والخليج الفارسي	**اتجاهات تزايدية (التعشيش)** السلحفاة الضخمة الرأس (Caretta caretta): وحدة الإدارة الإقليمية بجنوب غرب المحيط الهندي (Mazaris and others, 2017) السلاحف الخضراء (Chelonia mydas): وحدة الإدارة الإقليمية بجنوب غرب المحيط الهندي (Mazaris and others, 2017) سلاحف ريدلي الزيتونية (Lepidochelys Olivacea): وحدة الإدارة الإقليمية بشمال شرق المحيط الهندي (Mazaris and others, 2017) **اتجاهات مستقرة (التعشيش)** السلاحف الخضراء (Chelonia mydas): مصر والكويت (Phillott and Rees, 2018) السلاحف الجلدية الظهر (Dermochelys Coriacea): الهند (Phillott and Rees, 2018) السلاحف الصقرية المنقار: الكويت وقطر (Phillott and Rees, 2018) سلاحف ريدلي الزيتونية (Lepidochelys Olivacea): الهند، موقعان رئيسيان للتعشيش إضافي إلى موقع صغير، إما مستقرة أو تزايدية (Phillott and Rees, 2018) **اتجاهات تناقصية (التعشيش)** السلحفاة الضخمة الرأس (Caretta caretta): وحدة الإدارة الإقليمية بشمال غرب المحيط الهندي (Casale, 2015b) السلاحف الخضراء (Chelonia mydas): وحدة الإدارة الإقليمية بشمال المحيط الهندي (Mancini and others, 2019)	

المنطقة	السلاحف	الثعابين البحرية
المحيط الهادئ شمال	**اتجاهات تزايدية (التعشيش)** السلحفاة الضخمة الرأس (Caretta caretta): وحدة الإدارة الإقليمية بشمال المحيط الهادئ (Casale and Matsuzawa, 2015) السلاحف الخضراء (Chelonia mydas): وحدة الإدارة الإقليمية بشمال المنطقة الوسطى من المحيط الهادئ (Mazaris and others, 2017؛ و Chaloupka and Pilcher, 2019) وجزر ماريانا الشمالية (Summers and others, 2018) **اتجاهات تناقصية (التعشيش)** السلاحف الخضراء (Chelonia mydas): وحدة الإدارة الإقليمية بشمال غرب المحيط الهادئ (Mazaris and others, 2017). السلاحف الجلدية الظهر (Dermochelys Coriacea): وحدة الإدارة الإقليمية بغرب المحيط الهادئ (Tiwari and others, 2013؛ و Mazaris and others, 2017) ووحدة الإدارة الإقليمية بشرق المحيط الهادئ (Wallace and others, 2013؛ و Mazaris and others, 2017) **لا يوجد اتجاه (الأفراد)** السلاحف الخضراء (Chelonia mydas): غوام، فرادى الأعداد في المحيط (Valdivia and others, 2019)	توسع التوزيع إلى الشمال من نطاقها الجغرافي بحسب سجلات البيانات الجديدة (Park and others, 2017) اتجاهات تناقصية في مصائد الأسماك غير المنظمة في خليج تايلند (Van Cao and others, 2014)
المحيط الهادئ جنوب	**اتجاهات تزايدية (التعشيش)** السلحفاة الضخمة الرأس (Caretta caretta): أستراليا (Limpus and others, 2013) **اتجاهات مستقرة (التعشيش)** السلاحف المسطحة الظهر (Natator depressus): شمال أستراليا (Groom and others, 2017) **اتجاهات تناقصية** السلاحف الخضراء (Chelonia mydas): جزيرة راين (أستراليا)، قد يشير التحليل الجيني إلى انخفاض هائل في نجاح عملية التفريخ (Jensen and others, 2016) السلاحف الصقرية المنقار (Eretmochelys imbricate): أستراليا، التعشيش (Bell and others, 2020) السلاحف المسطحة الظهر (Natator depressus): وحدة الإدارة الإقليمية بجنوب غرب المحيط الهادئ (Mazaris and others, 2017). اتجاهات غير محددة (التعشيش) السلاحف المسطحة الظهر (Natator depressus): شرق أستراليا (Limpus and others, 2017)	توسع في النطاق بعد ورود بيانات جديدة (D'anastasi and others, 2016؛ و Udyawer and others, 2020)

4 - التهديدات

على الرغم من أن العديد من الزواحف البحرية مشمولة بالحماية بمقتضى القوانين وأن جهود الحفظ تُبذل في العديد من المناطق، لا تزال التهديدات التي تتعرض لها الزواحف البحرية على الصعيد العالمي مشابهة إلى حد بعيد لتلك التي وردت في التقييم العالمي الأول. ولا تزال معدلات النفوق الناجمة عن المصيد العرضي في مصائد الأسماك (سواء كانت منظمة أم كانت غير قانونية تتم دون إبلاغ أو تنظيم) تشكل تهديداً كبيراً للسلاحف البحرية والثعابين البحرية (Lewison and others, 2014؛ و Rees and others, 2016؛ و Riskas and others, 2018). ومن عوامل التهديد الرئيسية الأخرى التي تؤثر على الزواحف البحرية الصيدُ غير المنظم، والتلوث البحري، وفقدان الموائل، وتطوير المناطق الساحلية، والأمراض، وتغير المناخ. ولئن كان فهم آثار تغير المناخ والتلوث البحري على الزواحف البحرية قد ازداد منذ التقييم العالمي الأول، فإن التأثيرات على مستوى المجموعات لا تزال مجهولة إلى حد بعيد.

4-1 - السلاحف البحرية

المصيد العرضي والاحتفاظ بالحيوانات هما على الأرجح أكبر خطر يتهدد تجمعات السلاحف في جميع أنحاء العالم، غير أن الأبحاث التي أجريت منذ صدور التقييم العالمي الأول وفرت فهما ناشئا للتهديدات الناجمة عن تغير المناخ والتلوث.

ومن أهم آثار تغير المناخ المفترضة بالنسبة للسلاحف البحرية تأنيثُ التجمعات، والزيادة في معدل موت الأجنة بسبب ارتفاع درجات الحرارة في منطقة التعشيش (Fuentes and Cinner, 2010). وفي حين تشير نسب خطط الأساس بين الجنسين في عدد من شواطئ التعشيش إلى أن الغالبية العظمى منها تفرِّخ إناثاً (Laloë and others, 2016؛ و Jensen and others, 2018)، تشير بعض النماذج إلى أن التأنيث يمكن أن يؤدي في الواقع إلى زيادة نجاح الإنسال على المدى القصير، إذ يمكن للذكور أن يتناسلوا أكثر من الإناث (Hays and others, 2014). وعلى الرغم من أن الأجنة قد تكون أكثر قدرة على الصمود في درجات الحرارة المرتفعة مما كان يعتقد سابقا (Howard and others, 2014)، يؤدي ارتفاع درجات الحرارة في نهاية المطاف إلى موت الصغار أثناء التفريخ (Laloë and others, 2017). ويذهب البعض إلى أن تغير المناخ يمكن أن يؤثر على اتجاهات المجموعات على النطاق الإقليمي، حيث يُحتمل أن تسهم الزيادة في نجاح الإنسال في المناطق المعتدلة في موازنة انخفاض مستويات التفريخ في المناطق المدارية (Montero and others, 2018). ومع ذلك، فإن تأثيرات تغير المناخ، من ارتفاع مستوى سطح البحر (وما يرتبط به من فقدان الموائل) إلى زيادة حدوث الأعاصير التي تؤدي إلى غمر الأعشاش وتحات السواحل، تشكل أيضا مصدر قلق فيما يتعلق بتجمعات السلاحف (Fuentes and Cinner, 2010).

وفي عام 2010، أدى انسكاب النفط في حادث منصة "ديب واتر هورايزن" إلى تعرض مئات الآلاف من السلاحف الخضراء والسلاحف الضخمة الرأس وسلاحف ريدلي كيمب (بمستويات متفاوتة) للتلوث النفطي (Deepwater Horizon Natural Resource Damage Assessment Trustees, 2016؛ و Putman and others, 2015). وفي حين أن الآثار البعيدة المدى لهذا الحادث على مستوى المجموعات لم يتم قياسها كمياً بعد، يبدو أن أعداد أعشاش كل من السلاحف الضخمة الرأس وسلاحف ريدلي كيمب قد انخفضت نتيجة لنفوقها (أي نفوق السلاحف البالغة) المرتبط مباشرة بالحادث وكذلك نتيجة للحيلولة بينها وبين استخدام شواطئ التعشيش بسبب أنشطة تنظيف الشواطئ (Gallaway and others, 2016؛ و Lauritsen and others, 2017). وقد قَدرت تقييمات المخاطر العالمية للتفاعلات بين السلاحف البحرية والحطام البحري أن أكثر من 50 في المائة من السلاحف البحرية من المرجح أن تكون قد ابتلعت حطاما (Schuyler and others, 2016)، مع ملاحظة أن السلاحف الصقرية المنقار قد تكون ابتلعت ما يصل إلى 8,8 غرامات من البلاستيك لكل كيلوغرام من وزن جسمها (Lynch, 2018). ويتسبب الحطام البحري، شأنه شأن الملوثات الأخرى، في آثار ضارة واضحة على فرادى الكائنات، ولكن آثار الملوثات على مستوى النظام الإيكولوجي والتجمعات بالنسبة السلاحف البحرية لا تزال بحاجة إلى مزيد من الدراسة (Nelms and others, 2016؛ و Wilcox and others, 2018).

وثمة تهديد محتمل جديد يبرز في منطقة البحر الكاريبي يتمثل في التراكم الساحلي لطحالب السرغس التي انتشرت بشكل بغير مسبوق. وعلى الرغم من أن طبقات السرغس الطافية في عرض المحيط توفر مناطق حضانة بالغة الأهمية للسلاحف البحرية، تشير الدراسات الحديثة إلى أن تراكم السرغس على الشاطئ قد يمنع التعشيش ويعوق تفرُق فراخ السلاحف، في حين أن الأكوام المتحللة قد تغير مستويات الأكسجين والظروف الحرارية (Maurer and others, 2015). وبما أن هذا الانتشار الواسع للطحالب البحرية هو ظاهرة جديدة، لا سيما في شرق البحر الكاريبي، فإن آثارها المباشرة على تعشيش السلاحف البحرية لا تزال مجهولة إلى حد كبير. ولا يزال تدهور موائل التعشيش الشاطئية الناجم عن

تطوير السواحل، على النحو المحدد في التقييم العالمي الأول، يقلل من كمية ونوعية مناطق التعشيش المتاحة للإناث (Broderick and Patricio, 2019؛ و Casale and Tucker, 2017).

4-2 - الثعابين البحرية

في خليج تايلند، تم توثيق مستويات عالية من المصيد العرضي للثعابين البحرية في مصائد الحبار المحلية. وتعد الثعابين البحرية منتَجا تجاريا هاما في المصيد العرضي للصيادين الفييتناميين الذين ينشطون في خليج تايلاند، حيث الصيد لا يزال في الوقت الحالي غير منظم وغير موثق إلى حد كبير (Van Cao and others, 2014). وقد كشفت استقصاءات خط الأساس عن انخفاض في كميات الثعابين البحرية المصيدة في الفترة بين عامي 2008 و 2012 (Van Cao and others, 2014). وقد يساعد استحداث أجهزة للحد من المصيد العرضي، في صناعة الصيد بشباك الجر الأسترالية مثلاً، في التخفيف من كميات المصيد العرضي العالية للثعابين البحرية في مصائد الأسماك المدارية التي تستخدم تدابير الحد من المصيد العرضي، ولكن قد تكون فائدة ذلك محدودة في مصائد الأسماك التي تعتمد على المصيد العرضي التجاري كمصدر للدخل (Lobo and others, 2010).

وأبرزت التركيزات العالية للمعادن الثقيلة المسجلة في الثعابين البحرية، التي تعيش على مقربة من عمليات استخراج المعادن عبر نطاقها، أن التلوث البحري يشكل تهديداً ناشئاً لتجمعات الثعابين البحرية (Rezaie-Atagholipour and others, 2012؛ و Sereshk and Bakhtiari, 2015؛ و Gillett and others, 2017؛ و Goiran and others, 2017).

4-3 - الإيغوانا البحرية

في التقييم العالمي الأول، اعتُبرت ظواهر النينيو المناخية المتطرفة والسياحة والأنواع الدخيلة التهديداتِ الرئيسية للإيغوانا البحرية، بالإضافة إلى التلوث (Wikelski and others, 2002). ومع ذلك، لم تنشر أي معلومات عن التأثير المباشر لأي من عوامل الإجهاد تلك على الأعداد منذ ذلك الحين. وتشير تقديرات حجم المجموعات استنادا إلى النهج الجزيئية إلى أن الأعداد في النُوَيعات المقترحة مؤخرا تكون صغيرة عموما ولها إمكانات تطورية أقل، مما يجعلها ضعيفة حيال التهديدات (Frankham and others, 2014؛ و MacLeod and Steinfartz, 2016).

وأظهرت أبحاث أخرى بشأن التهديدات التي تتعرض لها الإيغوانا البحرية أن الأنشطة السياحية تسبب الإجهاد الفسيولوجي وتقمع الجهاز المناعي (French and others, 2017). وعلى الرغم من الطلب المتزايد على الموارد لتتناسب مع النمو في التجمعات السكانية والسياحة والاقتصاد (Benitez-Capistros and others, 2014؛ و Walsh and Mena, 2016؛ و Pizzitutti and others, 2017)، وهو ما قد يشكل تهديدات محتملة للإيغوانا البحرية، لم تجر منذ صدور التقييم العالمي الأول أي دراسات لتقييم تأثير التلوث الناجم عن الانسكابات النفطية والمبيدات الزراعية والبلاستيك على تجمعات الإيغوانا البحرية.

وعلى الرغم من أن برامج مراقبة الأنواع الدخيلة والتخلص منها ظلت جارية منذ ثمانينيات القرن الماضي (Barnett and Rudd, 1983؛ و Carrión, 2016)، لم تقيَّم فعالية هذه البرامج فيما يتعلق بتجمعات الإيغوانا البحرية.

وعموما، فإن تحسين إدارة ومراقبة الهجرة والسياحة واستيراد السلع منذ صدور التقييم العالمي الأول يمكن أن يقلل من الضغوط التراكمية على تجمعات الإيغوانا البحرية الناجمة عن تغير المناخ والتلوث والسياحة والأنواع المفترسة الدخيلة، ولكنها أمور تتطلب اهتماما مستمرا للحد من التراجع المستمر للأعداد (Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2014؛ و Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2015؛ و McQueen and others, 2020).

5 - الآثار الاقتصادية والاجتماعية للتغيرات التي تطرأ على مجموعات الزواحف البحرية

لم ينشر سوى القليل عن الآثار الاقتصادية والاجتماعية لتغير الأعداد في مجموعات الزواحف البحرية، وهناك معلومات محدودة عن الدور الاقتصادي والاجتماعي للثعابين البحرية، لا سيما في مناطق كثيرة تدخل في نطاقها العالمي. ولا يزال تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي من خلال السياحة وحماية مجموعات الزواحف البحرية يشكل تحديا رئيسيا، خصوصا بالنسبة لحالة الإيغوانا البحرية.

وأدت الزيادات في العديد من مجموعات السلاحف الخضراء إلى زيادة الاهتمام باستكشاف ما إذا كان من الممكن إجراء عمليات صيد قانونية أو التوسع فيها بطريقة مستدامة، لا سيما بالنسبة للجماعات التي لديها أسباب ثقافية أو معيشية للصيد (Chaloupka and Balazs, 2007؛ و Rees and others, 2016).

وليست هناك معلومات كافية تكفل فهماً جيداً لاعتماد الصيادين من البلدان النامية على الدخل المتأتي من الثعابين البحرية التي تُجمع كمصيد عرضي (مثلا، Van Cao and others, 2014). غير أن ارتفاع معدلات الصيد العرضي للثعابين البحرية قد يكون مصدرا للدخل في مصائد الأسماك الساحلية التي أصبحت غير مربحة على نحو متزايد في جنوب وجنوب شرق آسيا (Lobo and others, 2010).

وأدى تزايد تسليط الضوء على الثعابين البحرية وإجراء البحوث بشأنها منذ صدور التقييم العالمي الأول إلى تنامي اهتمام الجمهور في العديد من المواقع، مما أدى إلى إنشاء برامج طويلة الأجل لجمع بيانات الثعابين البحرية، قائمة على العلم التشاركي (مثلا، Goiran and Shine, 2019). وقد سمحت زيادة بلاغات الجمهور عن الثعابين البحرية الشاردة بجمع البيانات عن سلامة الثعابين البحرية، وهو ما يمكن أن يوفر نظرة متعمقة عن أسباب حالات الشرود والتغيرات في التوزيعات (Udyawer and others, 2018).

6 - الثغرات الرئيسية في المعارف وفي مجال بناء القدرات

6-1 - السلاحف البحرية

كما أتى في التقييم العالمي الأول، فإن التباين في الجوانب الديمغرافية لمختلف المجموعات الفرعية من السلاحف البحرية والعمليات المنطوية على تهديد التي تؤثر على الأعداد يبرز مدى الحاجة إلى إجراء تقييمات مستمرة للأنواع وكذلك للمجموعات الفرعية الإقليمية. وقد خلص استعراض أُجري مؤخرا إلى أن الثغرات الرئيسية في المعارف التي يُسترشد بها في إدارة مجموعات السلاحف البحرية لا تزال قائمة (Rees and others, 2016). وبوجه عام، لا تزال المعارف ناقصة فيما يتعلق ببيولوجيا التناسل، بما في ذلك اختيار الأعشاش، ومدى اللياقة البدنية للفراخ وإنتاجها؛ وموائل الاقتيات، بما في ذلك الربط بين الموائل؛ والخصائص الديموغرافية؛ وتولد الأمراض؛ والمخاطر على مستوى التجمعات التي تنتج عن تهديدات مثل التلوث، والمصيد العرضي، وتغير المناخ، والعواقب غير المقصودة المحتملة لتدابير التخفيف ذات الصلة.

6-2 - الثعابين البحرية

هناك نقص في المعلومات الأساسية والرصد الطويل الأجل للثعابين البحرية في معظم نطاقها العالمي. وقد حدد استقصاء أجري مؤخراً بين الخبراء ثغرات معرفية

رئيسية في وضع خطوط الأساس وتعزيز الإدارة بالنسبة لتجمعات الثعابين البحرية (Udyawer and others, 2018). وبوجه عام، لا تزال المعارف ناقصة فيما يتعلق بالتوزيعات الجغرافية، بما في ذلك التنقل والانتشار وإمكانية الترابط؛ وتحديد الموائل الرئيسية، لا سيما في المناطق الساحلية؛ والتحديد الكمي للقدرة على الصمود أمام الاضطرابات البيئية (مثل موجات الحرارة البحرية وابيضاض المرجان)؛ والاستجابة لتهديدات مثل المصيد العرضي وتغير المناخ (Fry and others, 2001؛ و Gillett and others, 2014؛ و Heatwole and others, 2016).

ومن غير الواضح حالياً أيضاً كيف يمكن أن تؤثر التهديدات الناشئة مثل الملوثات على صحة التجمعات (Rezaie-Atagholipour and others, 2012؛ و Sereshk and Bakhtiari, 2015؛ و Goiran and others, 2017).

وقد أبرزت التقارير المتزايدة عن نفوق الثعابين البحرية سلحفائية الرأس (Emydocephalus annulatus) داخل البحيرات الشاطئية المحمية في كاليدونيا الجديدة، فرنسا، دون وجود سبب واضح للنفوق، مدى الحاجة إلى فهم انتشار الأمراض والحساسية تجاهها والتفاعل المحتمل مع تغير المناخ (Udyawer and others, 2018).

ونظراً لتنوع الجهات الفاعلة التي يحتمل أن يكون لها اتصال بالثعابين البحرية (مثل الصناعات المختلفة ومستخدمي الأنشطة الترفيهية في الشواطئ والمحيطات) والمخاطر الممكن وقوعها (مثلا، التعرض لسم الثعابين)، هناك فرص يمكن أن تُغتنم لتثقيف الجمهور وللرصد. وتتراوح عملية جمع البيانات التي يقوم بها الجمهور، إما عن طريق انتهاز الفرص التي تسنح لذلك أو كجزء من برامج العلم التشاركي، ما بين الإبلاغ عن الثعابين البحرية الشاردة (Gillett and others, 2017؛ و Gillett, 2017) والاستبيانات الأكثر تنظيماً وتكرارا التي يتضح فيها قدر أكبر من الرغبة في المشاركة (Goiran and Shine, 2019).

3-6 - الإيغوانا البحرية

يحدّ عدم وجود بيانات حديثة عن وفرة نُوَيْعات الإيغوانا البحرية من أي إمكانية لتقييم اتجاهات الأعداد من حيث صلتها بالتهديدات وإجراءات الإدارة. ويمكن أن يسترشد بالتطورات الأخيرة في الوراثيات السكانية والتصنيف الأحيائي للإيغوانا البحرية لتحديد أهداف البحث والإدارة المستقبلية في مجال الحفظ. وعلاوة على ذلك، يمكن لبناء القدرات المحلية وتخصيص الموارد للرصد الشامل في المدى البعيد أن ييسّرا تقييم اتجاهات المجموعات وقابلية الإيغوانا البحرية للتأثر بالتهديدات في المستقبل.

المراجع

Asamblea Nacional de la República del Ecuador (2015). LOREG: Ley Orgánica del Régimen Especial de Galápagos. www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/LOREG-11-06-2015.pdf.

Barnett, Bruce D., and Robert L. Rudd (1983). Feral dogs of the Galapagos Islands: impact and control. *International Journal for the Study of Animal Problems*, vol. 4, No. 1.

Bell, I.P., and others (2020). Twenty-eight years of decline: nesting population demographics and trajectory of the north-east Queensland endangered hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*). *Biological Conservation*, vol. 241, 108376. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108376.

Benitez-Capistros, Francisco, and others (2014). Environmental impacts on the Galapagos Islands: identification of interactions, perceptions and steps ahead. *Ecological Indicators*, vol. 38, pp. 113–23. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.019.

Broderick, A, and Ana Patricio (2019). Green Turtle: *Chelonia mydas* (*South Atlantic subpopulation*). In *The IUCN Red List of Threatened Species 2019*. e.T142121866A142086337. https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T142121866A142086337.en.

Buzás, Balázs, and others (2018). The sea snakes (Elapidae: Hydrophiinae) of Fujairah. *Tribulus*, vol. 26.

Carrión, Víctor (2016). Control y erradicación de animales introducidos: el peligro de las especies invasoras – Parte I: Animales. 4 October 2016. www.carlospi.com/galapagospark/parque_nacional_especies_invasoras_animales.html.

Casale, P. (2015a). *Caretta caretta* (Mediterranean subpopulation). In *The IUCN Red List of Threatened Species 2015*. e.T83644804A83646294.

_____(2015b). *Caretta caretta* (North West Indian Ocean subpopulation). In *The IUCN Red List of Threatened Species 2015*. e.T84127873A84127992.

Casale, P., and M.A. Marcovaldi (2015). *Caretta caretta* (South West Atlantic subpopulation). In *The IUCN Red List of Threatened Species 2015*. e.T84191235A84191397.

Casale, P., and Y. Matsuzawa (2015). *Caretta caretta* (North Pacific subpopulation). In *The IUCN Red List of Threatened Species 2015*. e.T83652278A83652322.

Casale, P., and A.D. Tucker (2017). *Caretta caretta*. In *The IUCN Red List of Threatened Species 2017*. e. 3897A119333622.

Casale, P., and others (2018). Mediterranean sea turtles: current knowledge and priorities for conservation and research. *Endangered Species Research*, vol. 36, pp. 229–267.

Ceriani, S.A., and A. Meylan (2017). *Caretta caretta* (North West Atlantic subpopulation) (amended version of 2015 assessment). In *The IUCN Red List of Threatened Species 2017*. e.T84131194A119339029.

Chaloupka, M., and George Balazs (2007). Using Bayesian state–space modelling to assess the recovery and harvest potential of the Hawaiian green sea turtle stock. *Ecological Modelling*, vol. 205, Nos. 1 and 2, pp. 93–109.

Chaloupka, M., and N.J. Pilcher (2019). *Chelonia mydas* (*Hawaiian subpopulation*). In *The IUCN Red List of Threatened Species 2019*. e.T16285718A142098300.

Colman, Liliana P., and others (2019). Thirty years of leatherback turtle *Dermochelys coriacea* nesting in Espírito Santo, Brazil, 1988–2017: reproductive biology and conservation. *Endangered Species Research*, vol. 39, pp. 147–158.

D'anastasi, B.R., and others (2016). New range and habitat records for threatened Australian sea snakes raise challenges for conservation. *Biological Conservation*, vol. 194, pp. 66–70.

Deepwater Horizon Natural Resource Damage Assessment Trustees (2016). *Deepwater Horizon oil spill: Final Programmatic Damage Assessment and Restoration Plan and Final Programmatic Environmental Impact Statement*. Retrieved from www.gulfspillrestoration.noaa.gov/restoration-planning/gulf-plan.

Dirección del Parque Nacional Galápagos (2014). *Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir*.

Frankham, Richard, and others (2014). Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biological Conservation*, vol. 170, pp. 56–63.

French, Susannah S., and others (2017). Too much of a good thing? Human disturbance linked to ecotourism has a "dose-dependent" impact on innate immunity and oxidative stress in marine iguanas, *Amblyrhynchus cristatus*. *Biological Conservation*, vol. 210, pp. 37–47.

Fry, G.C., and others (2001). The reproductive biology and diet of sea snake bycatch of prawn trawling in northern Australia: characteristics important for assessing the impacts on populations. *Pacific Conservation Biology*, vol. 7, No. 1, pp. 55–73.

Fuentes, M.M.P.B., and J.E. Cinner (2010). Using expert opinion to prioritize impacts of climate change on sea turtles' nesting grounds. *Journal of Environmental Management*, vol. 91, No. 12, pp. 2511–2518.

Gallaway, Benny J., and others (2016). Evaluation of the status of the Kemp's ridley sea turtle after the 2010 Deepwater Horizon oil spill. *Gulf of Mexico Science*, vol. 33, No. 2, pp. 192–205.

Ganesh, S.R., and others (2019). Marine snakes of Indian coasts: historical resume, systematic checklist, toxinology, status, and identification key. *Journal of Threatened Taxa*, vol. 11, No. 1, pp. 13132–13150.

Gillett, Amber K. (2017). An investigation into the stranding of Australian sea snakes.

Gillett, Amber K., and others (2014). An antemortem guide for the assessment of stranded Australian sea snakes (Hydrophiinae). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, vol. 45, No. 4, pp. 755–765.

Gillett, Amber K., and others (2017). Postmortem examination of Australian sea snakes (Hydrophiinae): Anatomy and common pathologic conditions. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, vol. 29, No. 5, pp. 593–611.

Goiran, C., and others (2017). Industrial melanism in the seasnake *Emydocephalus annulatus*. *Current Biology*, vol. 27, No. 16, pp. 2510–2513.

Goiran, C., and Richard Shine (2019). Grandmothers and deadly snakes: an unusual project in "citizen science". *Ecosphere*, vol. 10, No. 10. e02877.

Groom, Rachel A., and others (2017). Estimating long–term trends in abundance and survival for nesting flatback turtles in Kakadu National Park, Australia. *Endangered Species Research*, vol. 32, pp. 203–211.

Hays, Graeme C., and others (2014). Different male vs. female breeding periodicity helps mitigate offspring sex ratio skews in sea turtles. *Frontiers in Marine Science*, vol. 1, art. 43.

Heatwole, Harold, and others (2016). Physiological, ecological, and behavioural correlates of the size of the geographic ranges of sea kraits (Laticauda; Elapidae, Serpentes): A critique. *Journal of Sea Research*, vol. 115, pp. 18–25.

Howard, Robert, and others (2014). Thermal tolerances of sea turtle embryos: current understanding and future directions. *Endangered Species Research*, vol. 26, No. 1, pp. 75–86.

Jensen, Michael P., and others (2016). Spatial and temporal genetic variation among size classes of green turtles (*Chelonia mydas*) provides information on oceanic dispersal and population dynamics. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 543, pp. 241–256.

Jensen, Michael P., and others (2018). Environmental warming and feminization of one of the largest sea turtle populations in the world. *Current Biology*, vol. 28, No. 1, pp. 154–159.

Laloë, Jacques–Olivier, and others (2016). Sand temperatures for nesting sea turtles in the Caribbean: Implications for hatchling sex ratios in the face of climate change. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 474, pp. 92–99.

Laloë, Jacques–Olivier, and others (2017). Climate change and temperature–linked hatchling mortality at a globally important sea turtle nesting site. *Global Change Biology*, vol. 23, No. 11, pp. 4922–4931.

Lauritsen, Ann Marie, and others (2017). Impact of the Deepwater Horizon oil spill on loggerhead turtle *Caretta caretta* nest densities in northwest Florida. *Endangered Species Research*, vol. 33, pp. 83–93.

Lewison, Rebecca L., and others (2014). Global patterns of marine mammal, seabird, and sea turtle bycatch reveal taxa–specific and cumulative megafauna hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 14, pp. 5271–5276.

Lillywhite, Harvey B., and others (2017). Why are there no sea snakes in the Atlantic? *BioScience*, vol. 68, No. 1, pp. 15–24.

Limpus, C.J., and others (2013). Monitoring of Coastal Sea Turtles: Gap Analysis 1. Loggerhead turtles, Caretta caretta, in the Port Curtis and Port Alma Region, Australia. Report produced for the

Ecosystem Research and Monitoring Program Advisory Panel as part of Gladstone Ports Corporation's Ecosystem Research and Monitoring Program.

Limpus, C.J., and others (2017). Estimation of population size and comparison of the benefits of mid–season census and whole of breeding season census of flatback turtle reproduction in eastern Australia. Report produced for the Ecosystem Research and Monitoring Program Advisory Panel as part of Gladstone Ports Corporation's Ecosystem Research and Monitoring Program.

Lobo, Aaron Savio, and others (2010). Commercializing bycatch can push a fishery beyond economic extinction. *Conservation Letters*, vol. 3, No. 4, pp. 277–285.

Lukoschek, Vimoksalehi (2018). Congruent phylogeographic patterns in a young radiation of live–bearing marine snakes: Pleistocene vicariance and the conservation implications of cryptic genetic diversity. *Diversity and Distributions*, vol. 24, No. 3, pp. 325–340.

Lynch, Jennifer M. (2018). Quantities of marine debris ingested by sea turtles: global meta–analysis highlights need for standardized data reporting methods and reveals relative risk. *Environmental Science & Technology*, vol. 52, No. 21, pp. 12026–12038.

MacLeod, Amy, and others (2020). *Amblyrhynchus cristatus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2020: e.T1086A499235.

MacLeod, Amy, and Sebastian Steinfartz (2016). The conservation status of the Galápagos marine iguanas, *Amblyrhynchus cristatus*: a molecular perspective. *Amphibia–Reptilia*, vol. 37, No. 1, pp. 91–109.

Mancini, A., and others (2019). *Chelonia mydas* (*North Indian Ocean subpopulation*). In *The IUCN Red List of Threatened Species 2019*. e.T142121108A142122995.

Maurer, Andrew S., and others (2015). Sargassum accumulation may spell trouble for nesting sea turtles. *Frontiers in Ecology and the Environment,* vol. 13, No. 7, pp. 394–395.

Mazaris, Antonios D., and others (2017). Global sea turtle conservation successes. *Science Advances*, vol. 3, No. 9, e 1600730.

Miralles, Aurélien, and others (2017). Shedding light on the Imps of Darkness: an integrative taxonomic revision of the Galápagos marine iguanas (genus *Amblyrhynchus*). *Zoological Journal of the Linnean Society*, vol. 181, No. 3, pp. 678–710.

Montero, Natalie, and others (2018). Influences of the local climate on loggerhead hatchling production in North Florida: implications from climate change. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 262.

Nalovic, Michel, and others (2018). *Sea Turtles in the North–West Atlantic & Caribbean Region: MTSG Annual Regional Report 2018*. Draft report of the IUCN–SSC Marine Turtle Specialist Group.

Nankivell, J.H., and others (2020). A new species of turtle–headed sea Snake (*Emydocephalus*: Elapidae) endemic to Western Australia. *Zootaxa*. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4758.1.6.

Nelms, Sarah E., and others (2016). Seismic surveys and marine turtles: an underestimated global threat? *Biological Conservation*, vol. 193, pp. 49–65.

National Marine Fisheries Service (2019). *Recovering Threatened and Endangered Species, FY 2017–2018. Report to Congress.*

Northwest Atlantic Leatherback Working Group (2019). *Dermochelys coriacea* (Northwest Atlantic Ocean subpopulation). *The IUCN Red List of Threatened Species 2019*. e.T46967827A83327767.

Park, Jaejin, and others (2017). Northward dispersal of sea kraits (*Laticauda semifasciata*) beyond their typical range. *PloS One*, vol. 12, No. 6, e 0179871.

Phillott, A.D., and A. Rees, eds. (2018). Sea Turtles in the Middle East and South Asia Region: MTSG Annual Regional Report 2018. Draft report of the IUCN–SSC Marine Turtle Specialist Group.

Pizzitutti, Francesco, and others (2017). Scenario planning for tourism management: a participatory and system dynamics model applied to the Galapagos Islands of Ecuador. *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 25, No. 8, pp. 1117–1137.

Putman, Nathan F., and others (2015). Deepwater Horizon oil spill impacts on sea turtles could span the Atlantic. *Biology Letters*, vol. 11, No. 12, 20150596.

Rasmussen, Arne Redsted, and others (2014). Sea snakes in Australian waters (Serpentes: subfamilies Hydrophiinae and Laticaudinae) – a review with an updated identification key. *Zootaxa*, vol. 3869, No. 4, pp. 351–371.

Rees, A.F., and others (2016). Are we working towards global research priorities for management and conservation of sea turtles? *Endangered Species Research*, vol. 31, pp. 337–382.

Rezaie–Atagholipour, Mohsen, and others (2012). Metal concentrations in selected tissues and main prey species of the annulated sea snake (*Hydrophis cyanocinctus*) in the Hara Protected Area, northeastern coast of the Persian Gulf, Iran. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, No. 2, pp. 416–421.

Rezaie–Atagholipour, Mohsen, and others (2016). Sea snakes (Elapidae, Hydrophiinae) in their westernmost extent: an updated and illustrated checklist and key to the species in the Persian Gulf and Gulf of Oman. *ZooKeys*, No. 622, pp. 129–164.

Riskas, Kimberly A., and others (2018). Evaluating the threat of IUU fishing to sea turtles in the Indian Ocean and Southeast Asia using expert elicitation. *Biological Conservation*, vol. 217, pp. 232–239.

Sanders, Kate L., and others (2012). *Aipysurus mosaicus*, a new species of egg–eating sea snake (Elapidae: Hydrophiinae), with a redescription of *Aipysurus eydouxii* (Gray, 1849). *Zootaxa*, No. 3431, pp. 1–18.

Sanders, Kate L., and others (2013). Multilocus phylogeny and recent rapid radiation of the viviparous sea snakes (Elapidae: Hydrophiinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 66, No. 3, pp. 575–591.

Sanders, Kate L., and others (2014). High rates of hybridisation reveal fragile reproductive barriers between endangered Australian sea snakes. *Biological Conservation*, vol. 171, pp. 200–208.

Sarker, Mohammad Abdur Razzaque, and others (2017). Sea snakes of Bangladesh: a preliminary survey of Cox's Bazar District with notes on diet, reproduction, and conservation status. *Herpetological Conservation and Biology*, vol. 12, No. 2, pp. 384–393.

Schuyler, Qamar A., and others (2016). Risk analysis reveals global hotspots for marine debris ingestion by sea turtles. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 2, pp. 567–576.

Seminoff, Jeffrey Aleksandr, and others (2015). Status review of the green turtle (*Chelonia mydas*) under the Endangered Species Act. United States.

Sereshk, Zahra Heydari, and Alireza Riyahi Bakhtiari (2015). Concentrations of trace elements in the kidney, liver, muscle, and skin of short sea snake (*Lapemis curtus*) from the Strait of Hormuz Persian Gulf. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22, No. 20, pp. 15781–15787.

Summers, Tammy M., and others (2018). Endangered Green Turtles (*Chelonia mydas*) of the Northern Mariana Islands: Nesting Ecology, Poaching, and Climate Concerns. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 428.

Tiwari, M., and others (2013). *Dermochelys coriacea* (West Pacific Ocean subpopulation). In *The IUCN Red List of Threatened Species 2013*. e.T46967817A46967821.

Udyawer, Vinay, and others (2018). Future directions in the research and management of marine snakes. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 399.

Udyawer, Vinay, and others (2020). Prioritising search effort to locate previously unknown populations of endangered marine reptiles. *Global Ecology and Conservation*, vol. 22, e01013.

Ukuwela, Kanishka D.B., and others. (2012). *Hydrophis donaldi* (Elapidae, Hydrophiinae), a highly distinctive new species of sea snake from northern Australia. *Zootaxa*, vol. 3201, No. 1, pp. 45–57.

Ukuwela, Kanishka D.B., and others (2013). Molecular evidence that the deadliest sea snake *Enhydrina schistosa* (Elapidae: Hydrophiinae) consists of two convergent species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 66, No. 1, pp. 262–269.

Ukuwela, Kanishka D. B., and others (2014). Multilocus phylogeography of the sea snake *Hydrophis curtus* reveals historical vicariance and cryptic lineage diversity. *Zoologica Scripta*, vol. 43, No. 5, pp. 472–484.

United Nations (2017a). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017b). Chapter 39: Marine reptiles. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

Valdivia, Abel, and others (2019). Marine mammals and sea turtles listed under the US Endangered Species Act are recovering. *PloS One*, vol. 14, issue 1, e0210164

Van Cao, Nguyen, and others (2014). Sea snake harvest in the Gulf of Thailand. *Conservation Biology*, vol. 28, No. 6, pp. 1677–1687.

Wallace, Bryan P., and others (2010). Regional management units for marine turtles: a novel framework for prioritizing conservation and research across multiple scales. *PloS One*, vol. 5, issue 12, e15465.

Wallace, B., and others (2013). *Dermochelys coriacea* East Pacific Ocean subpopulation. In *The IUCN Red List of Threatened Species*. e.T46967807A46967809.

Walsh, Stephen J., and Carlos F. Mena (2016). Interactions of social, terrestrial, and marine sub-systems in the Galapagos Islands, Ecuador. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, No. 51, pp. 14536–14543.

Wibbels, T., and E. Bevan (2019). *Lepidochelys kempii*. In *The IUCN Red List of Threatened Species 2019*. e.T11533A142050590.

Wikelski, Martin and others (2002). Galapagos islands: marine iguanas die from trace oil pollution. *Nature*, vol. 417, pp. 607–608.

Wilcox, Chris and others (2018). A quantitative analysis linking sea turtle mortality and plastic debris ingestion. *Scientific Reports*, vol. 8, art. 12536.

الفصل 6 واو
الطيور البحرية

المساهمون: مارتن كراير (منظّم الاجتماعات)، وإيغور ديبسكي، وماريا دياس، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، وكارولينا هازين، وكليو سمول، وغرايم تايلور.

النقاط الرئيسية

- منذ صدور التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017)، ساءت حالة حفظ الطيور البحرية على الصعيد العالمي، فيما مثّل استمراراً لاتجاه ملاحظ منذ أمد طويل.
- تتعرض نسبة 31 في المائة من الأنواع الآن لخطر الانقراض، بعد أن كانت 28 في المائة في عام 2010.
- أصبحت الضغوط المتصلة بصيد الأسماك (الصيد العرضي وتناقص الفرائس) تُؤثّر على عدد أكبر من الأنواع، بينما يؤثر التلوث على عدد أقل من الأنواع (رغم أن الحطام البحري، ولا سيما المواد البلاستيكية، يشكل تهديدا ناشئا لا تُفهم عواقبه كثيرا).
- انتشار الأنواع الدخيلة المُغيرة وتغير المناخ يظلان أيضا من الأسباب الرئيسية لتدهور الطيور البحرية ويؤثران على أعداد مماثلة من الأنواع كما في عام 2010.
- تحد القدرات والموارد الحالية من القدرة على تقييم عواقب التهديدات الحالية والناشئة على مستوى المجموعات وآثارها على خدمات النظم الإيكولوجية.

1 - مقدمة

الطيور البحرية (التي تعرَّف بأنها أنواع من الطيور تعتمد نسبةٌ كبيرة منها على البيئة البحرية لجزء من السنة على الأقل (Croxall and others, 2012) تؤدي دورا هاما في النظم الإيكولوجية البحرية في العالم، حيث أنها من المفترِسات العليا التي تستهلك نفس كمية الكتلة الأحيائية تقريباً التي تستهلكها جميع مصائد الأسماك مجتمعة (Brooke, 2004). وتوجد الطيور البحرية في جميع المحيطات وتنتشر في مناطق عدة من السواحل إلى أعالي البحار، والعديد من أنواعها شديد الارتحال، يربط بين مختلف النظم البحرية أو أحواض المحيطات (Croxall and others, 2005؛ و Shaffer and others, 2006؛ و Egevang and others, 2010؛ و Dias and others, 2011).

ويورد التصنيف الأحيائي الحالي ما مجموعه 359 نوعا، تمثل ست رُتَب و 12 فصيلة. وقد لخص كروكسال وآخرون (Croxall and others (2012)) التوزيع العالمي للأنواع (حسب البلدان) معتمداً على ثراء الأنواع، وعدد الأنواع المتوطِنة، وعدد الأنواع المهددة. والطيور البحرية مدروسةٌ جيدا نسبيا مقارنةً بمعظم الأنواع البحرية الأخرى، وقد أجريت منذ صدور التقييم العالمي الأول عدة تقييمات توثّق حالة مجموعات تصنيفية بعينها والاتجاهات الأخيرة فيما يتعلق بها (Trathan and others, 2015؛ و Phillips and others, 2016؛ و Rodríguez and others, 2019).

وأفاد التقييم العالمي الأول بأن 97 نوعا من الطيور البحرية صُنفت على أنها مهددة، بدرجات متفاوتة (هي تحديداً الأنواع التي صُنفت على أنها مهددة بشدة بالانقراض أو مهددة بالانقراض أو معرضة للانقراض في القائمة الحمراء للأنواع المهددة الصادرة عن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة في عام 2010)، وهو ما يمثل نسبة 28 في المائة من الأنواع البالغ عددها 346 نوعا التي كانت قد قُيِّمت آنذاك. وأبرز التقييم العالمي الأول أيضا أنّ أنواع الطيور البحرية التي تعيش في البحار المفتوحة كانت مهددة بشكل خاص وأنَّ طيور القطرس (من فصيلة Diomedeidae) وطيور النوء النُعرية (جنسا Pterodroma و Pseudobulweria من فصيلة Procellariidae) وطيور البطريق (من فصيلة Spheniscidae) كانت المجموعاتِ ذات النسب المئوية الأعلى للأنواع المدرجة في الفئات المهددة حسب القائمة الحمراء الصادرة عن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة. وخلص التقييم العالمي الأول إلى أن الانخفاض في أعداد الطيور البحرية يُعزى إلى 10 عوامل ضغط رئيسية

شملت على صعيد البحار ما يلي: المصيد العرضي (في مصائد الخيوط الطويلة والشباك الخيشومية وشباك الجر)؛ والتلوث (من جراء الانسكابات النفطية والحطام البحري، بما في ذلك المواد البلاستيكية)؛ وتناقص أنواع الفرائس بسبب الصيد؛ وإنتاج الطاقة والتعدين في عرض البحر. وفي البر، كانت التهديدات الرئيسية هي الأنواع الدخيلة المُغيرة؛ والأنواع المحلية الإشكالية (على سبيل المثال، الأنواع التي تزادت أعدادها بشدة)؛ والاضطرابات الناشئة عن النشاط البشري؛ والتنمية الصناعية والسكنية؛ والقنص والصيد بالشراك. واعتُبر تغير المناخ والأحوال الجوية القاسية تهديدين يؤثران على الطيور البحرية في البر والبحر على حد سواء.

2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020

يبين الجدول 1 عدد الأنواع المدرجة في كل فئة من فئات القائمة الحمراء الصادرة عن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة في عام 2018، موزعة حسب رُتَب الطيور البحرية. ومنذ ذلك الحين، أُجري استعراض كمي للتهديدات التي تؤثر على جميع أنواع الطيور البحرية على الصعيد العالمي باستخدام بيانات تم جمعها من أكثر من 900 منشور واستنادا إلى نهج تقييم موحد يقوم على نظام تصنيف التهديدات الوارد في القائمة الحمراء للاتحاد الدولي (IUCN, 2019).

وقد اعتمد دياس وآخرون (Dias and others, 2019)، في الاستعراض الذي أجروه، نهجاً مماثلاً للنهج الذي استخدمه كروكسال وآخرون (Croxall and others, 2012) حتى يمكن استخدام النتائج التي يتوصلون إليها من أجل تقييم التغيرات الحاصلة في حالة الطيور البحرية منذ صدور التقييم العالمي الأول والتهديدات التي تتعرض لها. ومنذ صدور التقييم الأول، انتقل 28 نوعا من أنواع الطيور البحرية المدرجة في القائمة إلى فئة أعلى (أي أن حالة حفظ تلك الأنواع ساءت) وانتقل 11 نوعاً إلى فئة أدنى (أي أن حالة حفظها تحسنت) (الجدول 2). وكان ملحوظا بشكل خاص تدهور حالة أنواع تنتمي إلى رُتبة Anseriformes (البط البحري) حيث انتقلت 5 أنواع من أصل 18 نوعاً إلى فئة أعلى، وأخرى تنتمي إلى رتبة Procellariiformes (أنبوبيات المنقار) حيث انتقل 11 نوعا من أصل 131 إلى فئة أعلى وانتقل 4 إلى فئة أدنى. وتظل الطيور من رتبة Procellariiformes (ولا سيما طيور القطرس وطيور النوء النُعرية) والبطاريق المجموعاتِ التي لها أعلى نسب الأنواع المهددة (انظر الجدول 1). وقد كانت عملية إعادة تصنيف الأنواع في فئات أدنى منذ صدور التقييم العالمي الأول نتاجاً لتحسّن المعارف (من خلال اكتشاف مستعمرات جديدة مثلا أو تنقيح التصنيف الأحيائي) لا نتيجة لتحسّن حقيقي في حالتها.

الجدول 1

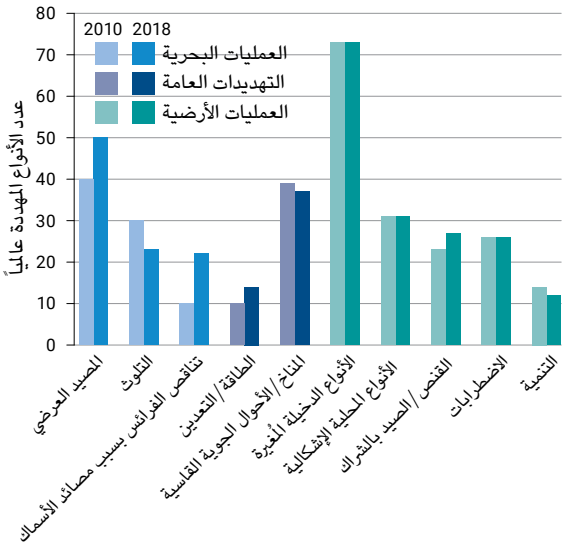
عدد أنواع الطيور البحرية (346)، موزعة حسب رتبتها، في كل فئة من فئات القائمة الحمراء التي أصدرها الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة في عام 2018 ونظر فيها كروكسال وآخرون (Croxall and others (2012) وديباس وآخرون (Dias and others (2019))

رتبة الطيور البحرية	منقرضة	مهددة بشدة بالانقراض	مهددة بالانقراض	معرضة للانقراض	شبه معرضة للانقراض	أقل إثارة للقلق	ناقصة البيانات	المجموع
Procellariformes (أنبوبيات المنقار)	2	13	20	27	19	47	3	131
Sphenisciformes (البطاريق)	0	0	5	5	3	5	0	18
Charadriiformes (طيور النورس والأوك)	1	1	4	10	11	93	0	120
Anseriformes (البط البحري)	0	0	0	4	2	12	0	18
Suliformes (الأطيش بأنواعه)	0	2	5	8	3	26	0	44
Gaviiformes(طائر الغواص)	0	0	0	0	1	4	0	5
Phaethontiformes (الطيور المدارية)	0	0	0	0	0	3	0	3
Pelecaniformes (البجع)	0	0	0	0	1	2	0	3
Podicipediformes (طائر الغطاس)	0	0	0	1	0	3	0	4
المجموع	3	16	34	55	40	195	3	346

ويتبين أيضاً من مقارنة الاستعراضات التي أجراها ديباس وآخرون (2019) وكروكسال وآخرون (2012) أن عوامل التهديد من قبيل انتشار الأنواع الدخيلة المُغيرة وتغير المناخ والطقس القاسي لا تزال تؤثر على عددٍ من الأنواع المهددة عالميا يماثل نظيره في عام 2010 (الشكل الأول). وقد حدّد ديباس وآخرون (2019) المصيد العرضي في مصائد الأسماك وتناقص الفرائس الناجم عن صيد الأسماك بوصفهما عاملين يؤثران في عام 2018 على عدد أكبر من أنواع الطيور البحرية مقارنةً بعام 2010 (50 نوعا مهددا على الصعيد العالمي من جراء المصيد العرضي في مصائد الأسماك بزيادة قدرها 10 أنواع عن عام 2010، و22 نوعا مهددا عالميا من جراء تناقص الفرائس الناجم عن صيد الأسماك بزيادة قدرها 12 نوعاً عن عام 2010). وتُعزى هذه الزيادات جزئيا على الأقل إلى التوصل لفهم أفضل لآثار المصيد العرضي على الطيور البحرية، ولا سيما في مصائد الشباك الخيشومية (Crawford and others, 2015؛ انظر أيضا أدناه)، وآثار تنافس مصائد الأسماك والطيور البحرية على الفرائس (Crawford and others, 2015؛ و Grémillet and others, 2018؛ و Trathan and others, 2015). ويمكن أيضا أن يكون سبب الانخفاض في أنواع الفرائس عوامل أخرى غير صيد الأسماك، بما في ذلك تغير المناخ (Mitchell and others, 2020). والمخاطر الرئيسية التي تؤثر على الأنواع المهددة هي نفسها التي تؤثر على جميع أنواع الطيور البحرية (Dias and others, 2019).

الشكل الأول

عدد أنواع الطيور البحرية المهددة عالمياً التي تبيَّن بالتقييم في عامي 2010 و 2018 أنها متأثرة بالعمليات البحرية والأرضية والتهديدات العامة



المصدر: Croxall and others (2012)، الأعمدة الرمادية؛ و Dias and others (2019)، الأعمدة السوداء.
ملاحظة: لا تُعرض إلا العمليات التي تضمَّنها كلا التقييمين.

وأُفيد بأن تغير المناخ تسبّب بالفعل في تدهور ما يقرب من 100 نوع من الطيور البحرية (Dias and others, 2019). فعلى سبيل المثال، ارتبطت التغيرات في درجة حرارة سطح البحر خلال أواخر فصل الشتاء بانخفاض معدل نمو مجموعات طيور القطرس ذات الجبين الأسود من نوع (*Thalassarche melanophris*)، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى الآثار التي تتعلق بتوافر الفرائس وبقاء الصغار لاحقا (Jenouvrier and others, 2018). وبالمثل، وجد كارول وآخرون (Carroll and others, 2015) أن نجاح التزاوج في 11 مستعمرة لنوارس الكيتيويك ذات السيقان السوداء من نوع (*Rissa tridactyla*) في أيرلندا والمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية كان أعلى عندما كانت التقسيمات الطبقية أضعف قبل التزاوج وعندما كانت درجات حرارة سطح البحر أقل خلال موسم التزاوج.

ولا تزال الأنواع الدخيلة المُغيرة تشكل تهديداً لـ 73 نوعاً، وهو نفس العدد المسجل في عام 2010، وتشكّل الجرذان والقطط تهديداً خاصاً لطيور النوء الصغيرة من قبيل طيور النوء النُعرية وطيور النوء العاصفية (Rodríguez and others, 2019). وحدد جونز وآخرون (Jones and others (2016))، في استعراضهم العالمي، 122 نوعا (202 مجموعة) من الطيور البحرية التي استفادت (من حيث زيادة الأعداد أو توسيع شغلها لموقع ما) من القضاء على الثدييات الدخيلة المُغيرة من الجزر. وتبيَّن أيضا أن البرامج الأخرى الرامية إلى استعادة أو تحسين موائل الطيور البحرية كانت مفيدة، بما في ذلك الزراعة وإعادة التحريج، ومكافحة الأعشاب الضارة، وتعزيز أو توفير فرص التعشيش، ومكافحة التحات (Beck and others, 2015؛ و Bried and Neves, 2015؛ و Buxton and others, 2016).

الجدول 2

ملخص التغيرات في حالة الطيور البحرية حسب القائمة الحمراء الصادرة عن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة بين عامي 2010 و 2018[أ]

رتب الطيور البحرية	انتقلت إلى فئة أعلى	لا تغير	انتقلت إلى فئة أدنى	ناقصة البيانات	المجموع
Procellariiformes	11	112	4	4	131
Sphenisciformes	1	15	2	0	18
Charadriiformes	8	108	4	0	120
Anseriformes	5	13	0	0	18
Suliformes	2	41	1	0	44

رتب الطيور البحرية	انتقلت إلى فئة أعلى	لا تغير	انتقلت إلى فئة أدنى	ناقصة البيانات	المجموع
Gaviiformes	0	5	0	0	5
Phaethontiformes	0	3	0	0	3
Pelecaniformes	0	3	0	0	3
Podicipediformes	1	3	0	0	4
المجموع	28	303	11	4	346

المصدر: Croxall and others (2012) بالنسبة لعام 2010؛ و Dias and others (2019) بالنسبة لعام 2018.

ملاحظة: يعني "الانتقال إلى فئة أعلى" ازدياد سوء حالة الحفظ في عام 2018 عما كانت عليه في عام 2010، في حين يعني "الانتقال إلى فئة أدنى" تحسن حالة الحفظ. وتعتبر الأنواع ناقصة البيانات إذا صُنفت في هذه الفئة في القائمة الحمراء الصادرة عن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة في عام 2010 أو عام 2018 لأنه لم يتسن إجراء تقييم جدي لتغير الحالة.

(أ) تقتصر المقارنة على أنواع الطيور البحرية الـ 346 التي قيّمها المؤلفان.

ولا يزال الصيد العرضي في مصائد الأسماك يشكّل أكبر تهديد تتعرض له الطيور البحرية من رتبة Procellariiformes في البحر، حيث يؤثر في الغالب على طيور القطرس وطيور النوء الكبيرة وطيور جلَم الماء (Phillips and others, 2016؛ و Rodríguez 2019). وتنص الغاية 14-2 من أهداف التنمية المستدامة[1] على أن النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية ينبغي أن تتم إدارتها على نحو مستدام وحمايتها بحلول عام 2020 لتجنب آثار سلبية كبيرة؛ وسيلزم وضع التأثيرات التي تطال التنوع البيولوجي في الاعتبار لإحراز تقدم في تنفيذ الهدف 12 من أهداف التنمية المستدامة. والجهود الرامية إلى الحد من المصيد العرضي من الطيور البحرية في مصائد الأسماك ما فتئت تتزايد، بما في ذلك من خلال اعتماد أو تحديث خطط العمل الوطنية من جانب بعض الدول التي تعتمد أساليب الصيد بالخيوط الطويلة أو شباك الجر أو الشباك الخيشومية التي تكثر فيها مشكلة المصيد العرضي. واتُخذت أيضا تدابير إلزامية للتخفيف من الآثار في بعض المناطق الخاضعة للولاية الوطنية وبعض أجزاء أعالي البحار، بما في ذلك مثلا إثقال خيوط الصيد، والصيد الليلي، واستخدام خطوط صيد تخيف الطيور، وإغلاق المناطق (Brothers and others, 1999؛ و Abraham and others, 2017). وهناك أدلة على أن عدد أنواع الطيور البحرية المهددة التي تتأثر باستنفاد مصائد الأسماك لفرائسها قد زاد بأكثر من الضعف في العقد الأخير (Croxall and others, 2012؛ و Dias and others, 2019)، وإن كانت هذه الزيادة عائدة جزئياً على الأقل إلى زيادة فهم هذا المجال.

وعلى النقيض من ذلك، تبيّن من أحدث التقييمات أن التهديدات المرتبطة بالتلوث البحري انخفضت، حيث يؤثر التلوث الآن على 23 نوعا مهدداً على الصعيد العالمي (سبعة أنواع أقل مما كان عليه الحال في عام 2010). ويعزى هذا الانخفاض في المقام الأول إلى الانخفاضات الإجمالية في التلوث المرتبط بانسكابات النفط في العقود الأخيرة (Roser, 2013). وقد تم توثيق التلوث بالمواد البلاستيكية البحرية بوصفه عاملا يؤثر على أنواع الطيور البحرية على نطاق واسع (مثلا Wilcox and others, 2015). وعلى الرغم من أن الغاية 14-1 من أهداف التنمية المستدامة تنص على منع التلوث البحري بجميع أنواعه والحد منه بدرجة كبيرة بحلول عام 2025، فمن المتوقع أن يستمر تأثير البلاستيك في البيئة البحرية على العديد من أنواع الطيور البحرية في العقود المقبلة (Kühn and others, 2015؛ و Ryan and others, 2009؛ و Wilcox and others, 2015). ورغم أن هذا الشكل من أشكال التلوث لم يُحدّد بعد باعتباره سببا مباشرا لتراجع أعداد الكثير من الأنواع (انظر، مع ذلك، Auman and others (1997) و Lavers and others (2014))، فإن الأنواع الصغيرة

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

التي توجد في الغالب في منطقة البحر المفتوح مثل طيور النوء العاصفية والبريونات والأُويكات (Roman and others, 2019؛ و Wilcox and others, 2015) هي الأكثر عرضة للخطر. والتلوث الضوئي، في المستعمرات (Rodríguez and others, 2017؛ و Rodríguez and others, 2019) وذاك الناجم عن منصات النفط والسفن وغيرها من الهياكل الاصطناعية في عرض البحر، يشكّل تهديدا لطيور النوء الصغيرة (Montevecchi, 2006؛ و Rodríguez and others, 2019، وإن كانت آثاره على الأعداد غير مفهومة بالشكل الكافي بعد. ولم يُنظر في هذا التهديد في التقييم العالمي الأول.

وتشمل التهديدات الناشئة الأخرى التي حددها دياس وآخرون (Dias and others (2019)) إنتاجَ الطاقة، لا سيما في المحطات البحرية لتوليد طاقة الرياح، والتعدين في أعماق البحار (Green and others, 2016)، والتلوث الضوئي بما في ذلك الناجم عن البنية التحتية البحرية مثل المنصات والسفن (Rodríguez and others, 2017؛ و Rodríguez and others, 2019). ولا يزال فهم عواقب هذه التهديدات على مستوى المجموعات محدوداً، ولكن يبدو أن صغار الطيور البحرية والطيور القريبة من المستعمرات معرضة بشكل خاص للتلوث الضوئي (Rodríguez and others, 2015). وجرى وصف الآثار الضارة مثل الاصطدام بالسفن والنفوق بالنسبة إلى ما لا يقل عن 21 نوعا من رتبة Procellariforms، بما في ذلك نتيجة لانجذاب الطيور إلى الإضاءة الاصطناعية لمرافق الصيد ومرافق النفط والغاز البحرية (Montevecchi, 2006). ولتحسين الدراية بهذه المجالات صلةٌ وثيقة بتحقيق الغاية 15-9 من أهداف التنمية المستدامة التي تنص على ضرورة إدماج قيم النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي في عمليات التخطيط الوطني والمحلي والعمليات الإنمائية بحلول عام 2020 (مع الإشارة أيضاً إلى أهمية أهداف التنمية المستدامة 7 و 9 و 11 في هذا المجال).

وعلى الرغم من أن أعداد بعض أنواع طيور البطريق آخذة في الازدياد، فقد حدِّد تغير المناخ بوصفه تهديداً رئيسياً للعديد من الأنواع في هذه المجموعة، ويُعزى تراجع الأعداد في المقام الأول إلى التغيرات في ظروف الموائل وزيادة تواتر الفيضانات والعواصف ودرجات الحرارة الفائقة (Trathan and others, 2015؛ و Dias and others, 2019). وتنص الغاية 13-2 من أهداف التنمية المستدامة على ضرورة إدماج التدابير المتعلقة بتغير المناخ في السياسات والاستراتيجيات والتخطيط على الصعيد الوطني، وإن كانت لا تتضمن تاريخاً مستهدفاً لتحقيق ذلك. وأصبح من المعروف الآن أيضا أن المصيد العرضي، والتنافس على الغذاء مع مصائد الأسماك، والتلوث، وانتشار الأنواع الدخيلة المُغيرة، والاضطرابات في المستعمرات من عوامل الإجهاد الهامة التي تتعرض لها أنواع طيور البطريق (Trathan and others, 2015؛ و Crawford and others, 2017؛ و Dias and others, 2019).

3 - عواقب التغيرات في أعداد الطيور البحرية على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

تؤثر التغيرات في أعداد الطيور البحرية، ولا سيما التناقص الكبير فيها، على التنوع البيولوجي وما يرتبط بذلك من وظائف تؤديها النظُم البحرية ومن خدمات للنظم الإيكولوجية توفرها هذه النظم (Wenny and others, 2011؛ و Burdon and others, 2017؛ و Tavares and others, 2019). فعلى سبيل المثال، يمكن للطيور البحرية التي تتغذى في البحر وتعشش على الشاطئ أن تسهم بنسبة كبيرة من المغذيات التي تدخل في النظام الإيكولوجي الأخير، فتعزز الإنتاجية الحيوانية والنباتية على الصعيد المحلي وإنتاجية النظم الساحلية المجاورة (Graham and others, 2018). والتغيرات في نمط نقل المغذيات هذا من شأنه أن يؤثر تأثيرا عميقا على

تلك النظم. ومن المرجح أن تكون العواقب المحتملة للتغيرات في أعداد الطيور البحرية على خدمات النظم الإيكولوجية متباينة ومعقدة، ولو كانت غير مفهومة بعد فهما جيدا. وبالتالي، فإن التأثيرات المترتبة على خدمات النظم الإيكولوجية والناجمة عن التغير في مجموعات الطيور البحرية لها صلة مباشرة بالعديد من أهداف التنمية المستدامة، بما في ذلك الهدف 7 (توفير الطاقة النظيفة وبأسعار معقولة)، والهدف 9 (الصناعة، والابتكار، والبنى التحتية)، والهدف 11 (المدن والمجتمعات المستدامة)، والهدف 12 (الاستهلاك والإنتاج المسؤولان)، والهدف 13 (العمل المناخي)، والهدف 14 (الحياة تحت الماء)، والهدف 15 (الحياة في البر).

4 - آفاق المستقبل

لا يوفر استمرار الاتجاه التنازلي الطويل الأمد في حالة مجموعات الطيور البحرية، خاصة بالنسبة للأنواع التي تعيش في البحار المفتوحة كما يتبيّن في العقد الماضي (الشكل الثاني)، واستمرار التهديدات الرئيسية نظرةً إيجابية للتوقعات المتعلقة بالطيور البحرية في المستقبل القريب.

ومن المرجح أن تستمر الجهود الحالية الرامية إلى التخفيف من آثار الصيد العرضي المتصل بمصائد الأسماك والأنواع المُغيرة، ولا سيما في الموائل الجزرية، مع تزايد الاعتراف بأهميتها بالنسبة لحفظ التنوع البيولوجي والطيور البحرية ووضعها ضمن الأولويات (Buxton and others, 2016؛ و Jones and others, 2016). ومع ذلك، إذا اشتد ضغط الصيد على الأسماك العلفية، قد يزداد التنافس بين مصائد الأسماك والطيور البحرية مع ما يرتبط بذلك من آثار ضارة محتملة على بعض مجموعات الطيور البحرية، وإن كانت الأدلة المتوافرة من واقع التجربة التي تشير إلى وجود تأثيرٍ ثابت ليست قوية (Hilborn and others, 2017). وقد تتفاقم آثار المنافسة المتزايدة المحتملة بفعل أي انخفاض في وفرة الفرائس يتصل بالتغيرات في الظروف الأوقيانوغرافية الناجمة عن تغير المناخ (Grémillet and Boulinier, 2009). وفي هذا السياق، فإن انتقال مصائد الأسماك إلى مستويات تغذوية أدنى، ولا سيما الأنواع التي تعيش في المناطق المتوسطة العمق (St. John and others, 2016)، قد يطرح إشكالية كبيرة لأن أسماك المناطق المتوسطة العمق تشكّل جزءاً هاماً من النظام الغذائي للعديد من الطيور البحرية التي تقضي وقتا طويلا في منطقة البحر المفتوح (Watanuki and Thiebot, 2018).

ومن المتوقع أن يكون لتغير المناخ آثار عميقة على العديد من مجموعات الطيور البحرية من خلال إعادة التوزيع المحتملة للفرائس والتغيرات في تكوين المجتمعات البحرية. ومن المرجح أن تترتب آثار مباشرة على تغير المناخ، كما يلي: زيادة الإجهاد الحراري في مستعمرات التزاوج والمجاثِم؛ وزيادة الاضطرابات في مستعمرات التزاوج والمجاثِم بفعل زيادة تواتر العواصف وشدتها، وخاصة في مناطق المستعمرات المنخفضة؛ وزيادة غمر مناطق التعشيش والتغذية المنخفضة بفعل ارتفاع مستوى سطح البحر (Grémillet and Boulinier 2009). وتتعرض مجموعات مثل طيور البطريق بشكل خاص للعواقب السلبية لتغير المناخ (Dias and others, 2019)، ولا سيما الأنواع التي تعتمد على الجليد الطافي أو ظروف موئلية معينة من المرجح أن تتدهور في ظل تغير المناخ (Ainley and others, 2010). وعلى الرغم من أنه من المتوقع أن تتأثر أنواع أخرى كثيرة سلباً بتغير المناخ (BirdLife International and National Audubon Society, 2015)، يتوقع أيضا أن تتأثر بعض الأنواع بشكل إيجابي من خلال زيادة النطاقات التي تنتشر فيها وزيادة أعدادها. فمن المنتظر، على سبيل المثال، أن تزداد أعداد طيور البطريق الملكي من نوع (*Aptenodytes patagonicus*) وطيور القطرس ذات الجبين الأسود التي توجد تجمعاتها أو أعشاشها في جزيرة هيرد

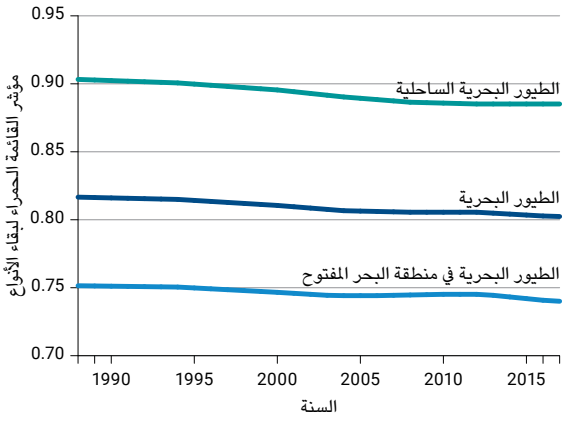
(أستراليا) نتيجة لاتساع نطاق أماكن التزاوج المتاحة لها مع تراجع الأنهار الجليدية.

ومع استمرار التوسع في استخدام تكنولوجيا الطاقة المتجددة (الرياح والمياه والأمواج) على الصعيد العالمي، من المرجح أن يزداد خطر تفاعل الطيور البحرية مع هذه الهياكل. ومن المرجح أن تتعرض لهذه التفاعلات في الغالب الأنواعُ الساحلية مثل الطيور الغواصة وطيور البط القطبي وخطاف البحر والغاق (Garthe and Hüppop, 2004)، وقد تكون أكثر إشكالية بالنسبة للأنواع شديدة التنقل مثل طيور جلَم الماء (Busch and Garthe, 2018). ويمكن الحد من احتمال وقوع آثار أوسع عن طريق إنشاء المرافق في المناطق الأقل جذبا للطيور البحرية، التي يمكن تحديدها باستخدام بيانات الرصد والتتبع المتعلقة باستخدام الموائل (مثلا Busch and others, 2013؛ و Winship and others, 2018).وعلى الرغم من أن عدد الانسكابات النفطية الكبرى قد انخفض على مدى العقود الماضية، من المرجح أن تزداد أوجه تلوث أخرى، بما في ذلك الحطام البحري، لا سيما في ضوء التنبؤات بحدوث زيادة كبيرة في كمية النفايات البلاستيكية في البيئة البحرية (Jambeck and others, 2015). ومن المتوقع أيضاً أن تتزايد الآثار المرتبطة بالتلوث الضوئي، وهي مرتبطة بقدر كبير بالنمو المستمر في حركة النقل البحري التي تتوسع بمعدل 4 في المائة سنوياً (United Nations Conference on Trade and Development, 2018). ومن المرجح أن تكون الأنواع المهددة بالانقراض أو الأنواع الصغيرة العدد أكثر تعرضا لهذه المخاطر (Rodríguez and others, 2019). وقد تزيد حركة المرور البحري المتنامية أيضا من خطر جلب مفترِسات دخيلة أو مسببات لأمراض غازية إلى مواقع إضافية لم تكن بها من قبل، مما قد يؤثر على مجموعات الطيور البحرية (Renner and others, 2018).

والتكنولوجيا الجديدة لتتبع الطيور البحرية (انظر، على سبيل المثال، Sansom and others, 2018؛ و Zhang and others, 2019) وبرامجيات المسح والتحليل المتطورة ستتيح إجراء تقدير لمدى تعرض مجموعات الطيور البحرية لكل تهديد من التهديدات بدقة متزايدة. ومن المفترض أن يسمح ذلك بتحديد الأنواع ومراحل الحياة والتهديدات والأماكن والأوقات التي ستحقِّق فيها جهودُ التخفيف من التهديدات أكبرَ فائدة لمجموعات الطيور البحرية، فضلا عن تحديد الثغرات الحرجة في المعارف. وقد استخدمت نُهج التداخل المكاني الكميّة في الأغلب لتقييم الآثار والمخاطر التي يشكلها صيد الأسماك (انظر، على سبيل المثال، Tuck and others, 2011؛ و Abraham and others, 2017؛ و Clay and others, 2019)، غير أنه من الممكن استخدامها مستقبلا في التقييمات المجراة لجميع التهديدات ذات البُعد المكاني (كما ذكر، مثلا، في Currey and others, 2012؛ و Redfern and others, 2013).

الشكل الثاني

مؤشر القائمة الحمراء لبقاء أنواع الطيور البحرية في الفترة 1988–2017



ملاحظة: يستخدم مؤشر القائمة الحمراء المعلوماتِ التي ترد في القائمة الحمراء الصادرة عن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة ليقيس معدلات البقاء الإجمالية المتوقعة للأنواع داخل المجموعات (Butchart and others, 2007). وهو يستند إلى التغير في نسبة الأنواع المدرجة في كل فئة من الفئات التصنيفية للتهديدات الذي يُعزى إلى تحسن أو تدهور حقيقيين في حالة كل نوع. وقد جرت معالجة مؤشر القائمة الحمراء المنقح بحيث تشير القيمة 1، بالنسبة لأي مجموعة بعينها، إلى أن جميع الأنواع مصنفة على أنها أقل إثارة للقلق، في حين تشير القيمة صفر إلى أن جميع الأنواع قد انقرضت.

5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

على الرغم من أن الطيور البحرية مدروسة بشكل جيد نسبياً، لا تزال هناك عدة ثغرات معرفية فيما يتعلق بالجوانب الديمغرافية لحياة الأنواع الصغيرة مثل طيور النوء العاصفية وطيور النوء النُعرية والبريونات والأُويكات، وحالتها، وتوزّعها في البحر المفتوح والاتجاهات العددية لمجموعاتها. وبالإضافة إلى ذلك، فإن توزعات معظم أنواع الطيور البحرية في البحر المفتوح في دورة حياتها المبكرة غير مفهومة جيدا بالمقارنة مع الطيور البالغة. غير أن أكبر الثغرات المعرفية قد تكون تلك التي تتعلق بالعواقب المحتمل حدوثها على مستوى المجموعات من جراء آثار التهديدات الناشئة، ومنها مثلا الحطام البحري (وخاصة المواد البلاستيكية) والمرافق الساحلية والبحرية لتوليد الطاقة من الرياح ومن حركة المد والجزر وأنشطة التعدين في قاع البحار العميقة والتلوث الضوئي، وما ينتج عن هذه العواقب من تغيرات في خدمات النظم الإيكولوجية (وفي التقدم المحرز نحو تحقيق الغايات المحددة في إطار أهداف التنمية المستدامة).

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

الثغرات الرئيسية المتبقية فيما يتعلق بالقدرات ترتبط بالثغرات في المعارف المحددة أعلاه. وتحد القدرات والموارد المتوافرة حالياً من قدرتنا على رصد الاتجاهات في أعداد مجموعات الطيور وفهم توزّعها في البحر المفتوح في مختلف مراحل حياتها ووضع تقديرات للجوانب الديمغرافية وتلك المتعلقة بالإنتاجية لجميع الأنواع، فيما عدا ما يتعلق من ذلك بالأنواع التي خضعت لأكبر قدر من الدراسة المكثفة. وتقيّد هذه الثغرات إلى حد بعيد قدرتَنا على تقييم عواقب التهديدات الحالية والناشئة على مستوى المجموعات والآثار التي تطال خدمات النظم الإيكولوجية.

المراجع

Abraham, Edward R., and others (2017). Assessment of the risk of southern hemisphere surface longline fisheries to ACAP Species. In ACAP — Eighth Meeting of the Seabird Bycatch Working Group. SBWG8–Doc–07. Wellington.

Ainley, David, and others (2010). Antarctic penguin response to habitat change as Earth's troposphere reaches 2° C above preindustrial levels. *Ecological Monographs*, vol. 80, No. 1, pp. 49–66.

Auman, Heidi J., and others (1997). Plastic ingestion by Laysan Albatross chicks on Sand Island, Midway Atoll, in 1994 and 1995. *Albatross Biology and Conservation*, vol. 239244.

Beck, Jessie, and others (2015). Año Nuevo State Park Seabird Conservation and Habitat Restoration: Report 2015. Oikonos–Ecosystem Knowledge (2015).

BirdLife International, and National Audubon Society (2015). *The Messengers: What Birds Tell Us about Threats from Climate Change and Solutions for Nature and People*. Cambridge: BirdLife International.

Bried, Joël, and Verónica C. Neves (2015). Habitat restoration on Praia islet, Azores archipelago, proved successful for seabirds, but new threats have emerged. *Airo*, vol. 23, pp. 25–35.

Brooke, de L.M. (2004). The food consumption of the world's seabirds. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, vol. 271, suppl. No. 4, pp. S246–S248.

Brothers, Nigel P., and others (1999). *The Incidental Catch of Seabirds by Longline Fisheries: Worldwide Review and Technical Guidelines for Mitigation*. FAO Fisheries Circular, No. 937, pp. 1–100.

Burdon, Daryl, and others (2017). The matrix revisited: a bird's–eye view of marine ecosystem service provision. *Marine Policy*, vol. 77, pp. 78–89.

Busch, Malte, and Stefan Garthe (2018). Looking at the bigger picture: The importance of considering annual cycles in impact assessments illustrated in a migratory seabird species. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 2, pp. 690–700.

Busch, Malte, and others (2013). Consequences of a cumulative perspective on marine environmental impacts: offshore wind farming and seabirds at North Sea scale in context of the EU Marine Strategy Framework Directive. *Ocean & Coastal Management,* vol. 71, pp. 213–224.

Butchart, Stuart H.M., and others (2007). Improvements to the Red List Index. *PloS One*, vol. 2, No. 1, e 140.

Buxton, Rachel T., and others (2016). Deciding when to lend a helping hand: a decision–making framework for seabird island restoration. *Biodiversity and Conservation*, vol. 25, pp. 467–484.

Carroll, Matthew, and others (2015). Effects of sea temperature and stratification changes on seabird breeding success. *Climate Research*, vol. 66, pp. 75–89.

Chambers, Lynda E., and others (2011). Observed and predicted effects of climate on Australian seabirds. *Emu–Austral Ornithology*, vol. 111, pp. 235–251.

Clay, Thomas A., and others (2019). A comprehensive large–scale assessment of fisheries by–catch risk to threatened seabird populations. *Journal of Applied Ecology*, vol. 56, pp. 1882–1893.

Crawford, Robert J.M., and others (2015). A changing distribution of seabirds in South Africa: the possible impact of climate and its consequences. *Frontiers in Ecology and Evolution*, vol. 3, art. 10.

Crawford, Rory, and others (2017). Tangled and drowned: a global review of penguin by–catch in fisheries. *Endangered Species Research*, vol. 34, pp. 373–396.

Croxall, John P., and others (2005). Global circumnavigations: tracking year–round ranges of nonbreeding albatrosses. *Science*, vol. 307, No. 5707, pp. 249–250.

Croxall, John P., and others (2012). Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. *Bird Conservation International*, vol. 22, No. 1, pp. 1–34.

Currey, Rohan J.C., and others (2012). *A Risk Assessment of Threats to Maui's Dolphins*. New Zealand Ministry for Primary Industries and Department of Conservation.

Dias, Maria P., and others (2011). Breaking the routine: individual Cory's shearwaters shift winter destinations between hemispheres and across ocean basins. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 278, No. 1713, pp. 1786–1793.

Dias, Maria P., and others (2019). Threats to seabirds: a global assessment. *Biological Conservation*, vol. 237, pp. 525–537.

Egevang, Carsten, and others (2010). Tracking of Arctic terns *Sterna paradisaea* reveals longest animal migration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, No. 5, pp. 2078–2081.

Garthe, Stefan, and Ommo Hüppop (2004). Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology*, vol. 41, No. 4, pp. 724–734.

Graham, Nicholas A.J., and others (2018). Seabirds enhance coral reef productivity and functioning in the absence of invasive rats. *Nature*, vol. 559, pp. 250–253.

Green, Rhys E., and others (2016). Lack of sound science in assessing wind farm impacts on seabirds. *Journal of Applied Ecology*, vol. 53, No. 6, pp. 1635–1641.

Grémillet, David, and others (2018). Persisting worldwide seabird–fishery competition despite seabird community decline. *Current Biology*, vol. 28, No. 24, pp. 4009–4013.

Grémillet, David, and Thierry Boulinier (2009). Spatial ecology and conservation of seabirds facing global climate change: a review. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 391, pp. 121–137.

Hilborn, Ray, and others (2017). When does fishing forage species affect their predators? *Fisheries Research*, vol. 191, pp. 211–221.

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) (2019). Threats Classification Scheme (version 2019-3). *The IUCN Red List of Threatened Species*. www.iucnredlist.org/en.

Jambeck, Jenna R., and others (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, vol. 347, No. 6223, pp. 768–771.

Jenouvrier, Stéphanie, and others (2018). Climate change and functional traits affect population dynamics of a long-lived seabird. *Journal of Animal Ecology*, vol. 87, pp. 906–920.

Jones, Holly P., and others (2016). Invasive mammal eradication on islands results in substantial conservation gains. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, pp. 4033–4038.

Kühn, Susanne, and others (2015). Deleterious effects of litter on marine life. In *Marine Anthropogenic Litter.* Cham, Switzerland: Springer, pp. 75–116.

Lavers, Jennifer L., and others (2014). Plastic ingestion by Flesh-footed Shearwaters (*Puffinus carneipes*): implications for fledgling body condition and the accumulation of plastic-derived chemicals. *Environmental Pollution*, vol. 187, pp. 124–129.

Mitchell, Ian, and others (2020). Impacts of climate change on seabirds, relevant to the coastal and marine environment around the United Kingdom. *MCCIP Science Review 2020*, pp. 382–399. https://doi.org/10.14465/2020.arc17.sbi.

Montevecchi, William A. (2006). Influences of Artificial Light on Marine Birds. In *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, pp. 94–113.

Phillips, Richard A., and others (2016). The conservation status and priorities for albatrosses and large petrels. *Biological Conservation*, vol. 201, pp. 169–183.

Redfern, J.V., and others (2013). Assessing the risk of ships striking large whales in marine spatial planning. *Conservation Biology*, vol. 27, No. 2, pp. 292–302.

Renner, Martin, and others (2018). The risk of rodent introductions from shipwrecks to seabirds on Aleutian and Bering Sea islands. *Biological Invasions*, vol. 20, No. 9, pp. 2679–2690.

Rodríguez, Airam, and others (2015). GPS tracking for mapping seabird mortality induced by light pollution. *Scientific Reports*, vol. 5, art. 10670. https://doi.org/10.1038/srep10670.

Rodríguez, Airam, and others (2017). Seabird mortality induced by land-based artificial lights. *Conservation Biology*, vol. 31, No. 5, pp. 986–1001.

Rodríguez, Airam, and others (2019). Future directions in conservation research on petrels and shearwaters. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 94.

Roman, Lauren, and others (2019). Ecological drivers of marine debris ingestion in Procellariiform Seabirds. *Scientific Reports*, vol. 9, art. 916.

Roser, Max (2013). Our World in Data. Oil Spills. Available at https://ourworldindata.org/oil-spills.

Ryan, Peter G., and others (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, No. 1526, pp. 1999–2012.

Sansom, Alex, and others (2018). Comparing marine distribution maps for seabirds during the breeding season derived from different survey and analysis methods. *PloS one*, vol. 13, No. 8, e0201797.

Shaffer, Scott A., and others (2006). Migratory shearwaters integrate oceanic resources across the Pacific Ocean in an endless summer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 103, No. 34, pp. 12799–12802.

St. John, Michael A., and others (2016). A dark hole in our understanding of marine ecosystems and their services: perspectives from the Mesopelagic community. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 31.

Tavares, Davi Castro, and others (2019). Traits shared by marine megafauna and their relationships with ecosystem functions and services. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 262.

Trathan, Phil N., and others (2015). Pollution, habitat loss, fishing, and climate change as critical threats to penguins. *Conservation Biology*, vol. 29, No. 1, pp. 31–41.

Tuck, Geoffrey N., and others (2011). An assessment of seabird: fishery interactions in the Atlantic Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, No. 8, pp. 1628–1637.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

United Nations Conference on Trade and Development (2018). *Review of Maritime Transport*. United Nations publication.

Watanuki, Yutaka, and Jean-Baptiste Thiebot (2018). Factors affecting the importance of myctophids in the diet of the world's seabirds. *Marine Biology*, vol. 165, No. 4, art. 79.

Wenny, Daniel G., and others (2011). The Need to Quantify Ecosystem Services Provided by Birds. *The Auk*, vol. 128, No. 1, pp. 1–14.

Wilcox, Chris, and others (2015). Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, No. 38, pp. 11899–11904.

Winship, Arliss J., and others (2018). *Modeling At-Sea Density of Marine Birds to Support Atlantic Marine Renewable Energy Planning: Final Report*. OCS Study BOEM 2018-010. Sterling, Virginia: United States Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Office of Renewable Energy Programs.

Zhang, Jingjing, and others (2019). GPS telemetry for small seabirds: using hidden Markov models to infer foraging behaviour of common diving petrels (*Pelecanoides urinatrix urinatrix*). *Emu — Austral Ornithology*, vol. 119, No. 2, pp. 126–137.

الفصل 6 زاي

النباتات البحرية والطحالب الكبيرة

المساهمون: هيلكونيدا كالومبونغ، وهيو كيركمان وناير س. يوكويا (منظِّما الاجتماعات)، وجاسون م. هول – سبنسر، وناهد عبد الرحيم عثمان، وفرانسيان بيليزاري، وإليزابيث سنكلير.

النقاط الرئيسية

- اعتُبر بعد التقييم نحو 90 في المائة من أنواع أشجار المانغروف والأعشاب البحرية ونباتات المستنقعات أنواعا مهددة بالانقراض؛ وترد نسبة 19 في المائة من أنواع أشجار المانغروف و21 في المائة من أنواع الأعشاب البحرية إضافة إلى نوع واحد من أنواع نباتات المستنقعات في القائمة الحمراء للأنواع المهددة الصادرة عن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة.
- من بين الطحالب الكبيرة، يُصنف في القائمة نوع واحد من الطحالب الحمراء في أستراليا (Vanvoorstia bennettiana) على أنه منقرض، و 10 أنواع (6 من الطحالب الحمراء و 4 من الطحالب البنية) في فئة الأنواع المهددة بشدة بالانقراض، ونوع واحد من الطحالب البنية في فئة الأنواع المهددة بالانقراض، و 4 أنواع (3 من الطحالب الحمراء ونوع واحد من الطحالب البنية) في فئة الأنواع المعرضة للانقراض. وعدد أنواع الطحالب الكبيرة التي تم تقييمها وأفيد بحالتها في القائمة الحمراء الصادرة عن الاتحاد الدولي أقل من 1 في المائة من مجموع عدد الأنواع المدرجة في نظام معلومات التنوع البيولوجي للمحيطات. وجميع الأنواع المهددة البالغ عددها 15 نوعاً متوطنة في جزر غالاباغوس، ويوجد 47 نوعاً اعتُبر بعد التقييم مهدداً في البحر الأبيض المتوسط. ويسلط ذلك الضوء على الثغرات في المعارف فيما يتعلق بالطحالب الكبيرة.
- فيما يتعلق بمناطق توطّن الطحالب الكبيرة، تحتل أنتاركتيكا المرتبة الأولى حيث تبلغ نسبة التوطن فيها 27 في المائة، تليها أمريكا الجنوبية (22 في المائة) والنظام الإيكولوجي البحري الكبير للبحر الأحمر (9 في المائة).
- استُحدثت أساليب جديدة مثل الأساليب المتعلقة بعلم الجينوميات لتحديد الأنواع وإيضاح علاقات النشوء والتطور فيما يتصل بها. ومن المتوقع نتيجة لذلك أن يرتفع عدد الأنواع، ولا سيما أنواع الطحالب الكبيرة؛ ولكن نظرا لتفاوت القدرات البشرية وقدرات البنية التحتية فيما بين المناطق، لن ينال بعضها حظه من الدراسة كغيره.

1 - مقدمة

يتناول هذا الفصل التصنيفَ الأحيائي للنباتات البحرية وحالة حفظها واتجاهات مجموعاتها، ويركّز بوجه خاص على أشجار المانغروف ونباتات المستنقعات المالحة والأعشاب البحرية والطحالب الكبيرة (أو الطحالب البحرية) التي تتألف من الطحالب الكبيرة الحمراء والخضراء والبنية. وعلى الرغم من أن أشجار المانغروف ومستنقعات المياه المالحة ومروج الأعشاب البحرية جرى النظر فيها، كل على حدة، في الفصول 48 و 49 و 47 على التوالي من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017) وسيتناولها هذا التقييم في الفصول 7 حاء و 7 طاء و 7 زاي على التوالي، فقد تمت دراستها على نطاق النظام الإيكولوجي، لا على مستوى الأنواع. كما تناول التقييم العالمي الأول الطحالب الكبيرة، ولكن باعتبارها مصدرا للغذاء (في الفصل 14) وباعتبارها نظُما إيكولوجية (في الفصل 47 المتعلق بغابات طحالب الكِيلب، والفصل 50 المتعلق ببحر سارغاسو).

2 - أشجار المانغروف

تتألف أشجار المانغروف من شجيرات وأشجار تنمو في الحزام الساحلي في المناطق المدارية وشبه المدارية في جميع أنحاء العالم. وقد اكتسبت بمر الوقت خصائص مميّزة تتيح لها البقاء في الموائل البحرية المائلة إلى الملوحة والضحلة، منها على سبيل المثال: (أ) امتدادات جِذرية جانبية قصيرة، تسمى المكوّرات الهوائية (pneumatophores)، تنمو من أسفل إلى أعلى مخترقةً الركائز الموحلة وعديمة الأكسجين وتسمح بامتصاص الأكسجين من الهواء؛ (ب) نظام جذعي ذو فروع، يعرف باسم الجذور الهوائية أو الجذور الارتكازية، وجذور داعمة لتثبيت الأشجار في الركائز الناعمة وتحمُّل الرياح أو الأمواج العاتية؛ (ج) أوراق عصارية بها أنسجة داخلية لتخزين المياه؛ (د) آليات لإفراز الملح أو استبعاده، مثل الغدد الملحية التي توجد في أوراق بعض الأنواع، من أجل التوازن التناضُحي؛ (ه) تكاثر وَلُود، أي أن البذور تنبت وتتحول إلى بادرات يُطلق عليها اسم "وحدات التكاثر النثور"، تظل على الأشجار الأم وتنتج قروناً طويلة تسقط في نهاية المطاف على الركيزة الأرضية مباشرة، وبالتالي فهي "تنبِت" نفسها. وتُقسّم الغابات البكر إلى مناطق مختلفة تهيمن على كلٍ منها أنواع ذات خصائص مميزة.

2-1 - المعالجة التصنيفية

تورد قاعدة البيانات العالمية لأشجار المانغروف Dahdouh-Guebas, 2020) 65) اسماً "معتمداً" أو صحيحاً لأصنوفات أشجار المانغروف موزعةً على 14 فصيلة، بما يشمل 5 فصائل هجينة وفيما عدا ثلاثة أنواع من أشجار المانغروف السرخسية من جنس Acrostichum واثنين من أنواع المانغروف البقولية من جنس Cynometra. ولم يوصف أي نوع جديد من أشجار المانغروف طوال العقد الماضي على الرغم من أنه تم التعرف على أنواع هجينة جديدة باستخدام التقنيات الجزيئية ليصل العدد الحالي إلى ثمانية (Ragavan and others, 2017؛ و Ono and others, 2016).

وبالنسبة لمجموعات نباتية أخرى مثل السراخس أو الأعشاب، قد لا يعتبر عدد الأنواع كبيراً ولكن أصنوفات أشجار المانغروف لها وجود واسع النطاق في 16 فصيلة من فصائل النباتات المزهِرة، باستثناء ثلاثة أنواع تنتمي إلى فصيلة السرخسية. ومن بين الفصائل الـ 16 المذكورة، توجد الأنواع البحرية الخالصة في فصيلتين اثنتين فقط (هما Pellicieraceae و Rhizophoraceae).

2-2 - الحالة والاتجاهات الحالية

أفيد في الفصل 48 من التقييم العالمي الأول بأنه، اعتمادا على المعايير المستخدمة في تعريف الأنواع الدقيقة أو "الحقيقية" لأشجار المانغروف، يتراوح عدد الأنواع بين 70 و 73 نوعا، بما في ذلك الأنواع الهجينة. وجرى التأكيد أيضا على أن تصنيفات الأنواع تغيرت نتيجة للدراسات التي اضطُلع بها في مجال التصنيف الأحيائي. فجنس الـ Sonneratia، على سبيل المثال، الذي كان ينتمي إلى فصيلة Sonneratiaceae أصبح الآن يُصنف كجزء من فصيلة Lythraceae (Little and others, 2004)، في حين خُفضت مرتبة فَصيلة Sonneratiaceae لتصبح فُصَيْلة.

وقد قام الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، بين عامي 1998 و 2018، بتقييم 64 نوعاً لتبين مخاطر انقراضها. وحتى 19 تشرين الثاني/نوفمبر 2019، صُنفت ثلاثة أنواع باعتبارها مهددة بشدة بالانقراض (نوع Sonneratia griffithii (Duke and others, 2010a)، ونوع Bruguiera hainesii [1](Duke and others, 2010b)، ونوع Sonneratia hainanensis (World Conservation Monitoring Centre, 1998)؛ وثلاثة أنواع أخرى باعتبارها مهددة بالانقراض، وينتمي جميعها إلى فصيلة Malvaceae (نوع Camptostemon philippinensis (Duke and others, 2010c)، ونوع Heritiera fomes (Kathiresan and others, 2010)، ونوع H. globosa (Sukardjo, 2010)؛ وخمسة أنواع

[1] في عام 2016، توصل أونو وآخرون بواسطة الواسِمات الجزيئية إلى أن هذا النوع هجين بين Bruguiera cylindrica و B. gymnorhiza.

باعتبارها شبه معرضة للانقراض (نوع Aegialitis rotundifolia (Ellison and others, 2010a)، ونوع Aegiceras floridum (Ellison and others، 2010b)، ونوع Ceriops decandra (Duke and others, 2010d)، ونوع Sonneratia ovata (Salmo and others, 2010))، ونوع Rhizophora samoensis (Ellison and Duke,2010))؛ و5 أنواع باعتبارها معرضة للانقراض (نوع Avicennia lanata (Chua, 1998))، ونوع A. integra (Duke, 2010a)، ونوع A. rumphiana (Duke and others, 2010e)، ونوع A. bicolor (Duke, 2010b)، ونوع Pelliciera rhizophorae (Ellison and others, 2010c))؛ و47 نوعاً باعتبارها أقل إثارة للقلق؛ ونوع واحد فقط باعتباره ناقص البيانات (Excoecaria indica (Ellison and others, 2010d)).

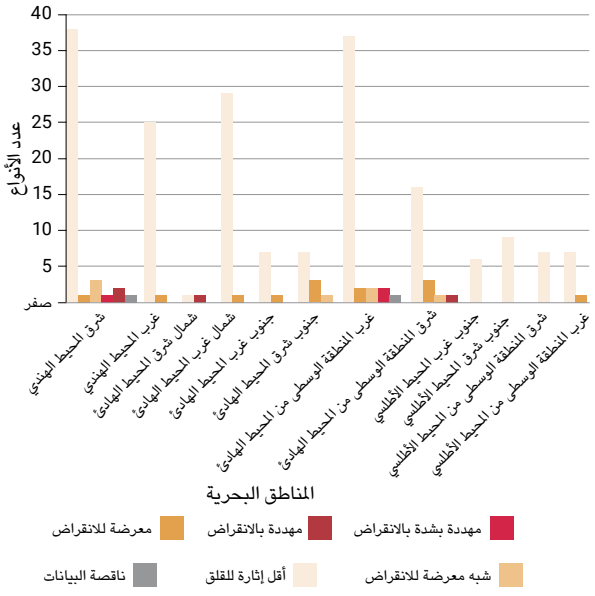
ويبين الشكل الأول توزّع هذه الأنواع في المناطق البحرية المختلفة على النحو الذي حدده الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة. ولا توجد أشجار مانغروف في شمال المحيط الأطلسي. وتوجد جميع الأنواع المهددة بشدة بالانقراض على الصعيد العالمي في شرق المحيط الهندي وفي شمال شرق المحيط الهادئ وشرق المنطقة الوسطى منه، في حين توجد جميع الأنواع المهددة بالانقراض على الصعيد العالمي في شرق المحيط الهندي وغرب المنطقة الوسطى من المحيط الهادئ. وتوجد الأنواع شبه المعرضة للانقراض في شرق المحيط الهندي وغرب المنطقة الوسطى من المحيط الهادئ. وتتمثل التهديدات الرئيسية في التطوير للأغراض السكنية والتجارية، وتربية الأحياء المائية والزراعة، واستخدام الموارد البيولوجية مثل قطع الأشجار من أجل الحصول على مواد البناء والوقود، وتغير المناخ الذي يسبب انزياح الموائل وتغيرها، والتلوث، واستخراج الرمال، وحلول الأنواع المُغيرة محل الأنواع المحلية.

ومع ذلك، ربما تكون بعض الأنواع الأقل إثارة للقلق مهددة بفعل عوامل مختلفة على المستوى الإقليمي. فنوع Avicennia marina الموجود في النظام الإيكولوجي البحري الكبير للبحر الأحمر (Sherman and Hempel, 2008)، على سبيل المثال، معرضٌ لتهديدٍ شديد لأن الحيوانات تتغذى عليه بكثافة ولأنه يُجمع بالوتيرة نفسها كعلف، حيث تستسيغ المواشي مثل الإبل والماعز والبقر طعمَه (Nawata, 2013) بسبب انخفاض محتواه من جزيئات التانين القابل للذوبان. وقد عولجت السلع والخدمات والتغيرات في النظم الإيكولوجية لأشجار المانغروف بالتفصيل في الفصل 48 من التقييم العالمي الأول.

ويتأثر التوزّع العالمي لأشجار المانغروف وتنوعها ووفرتها بتغير المناخ، مثل التغيرات في درجات الحرارة وأنظمة سقوط الأمطار (Donato and others, 2011؛ و Ward and others, 2016؛ و Friess and Webb, 2013). ومن المتوقع أن يسمح الشتاء الأكثر دفئا وارتفاع مستوى سطح البحر بالتوسع في اتجاه القطب على حساب مستنقعات المياه المالحة. غير أن القيود المتعلقة بالتناثر ومدى توافر الموائل قد تعوق التوسّع ليقف قرب حدود نطاقية معينة. وعلى طول السواحل القاحلة وشبه القاحلة، من المتوقع أن يؤدي الانخفاض أو الزيادة في تساقط الأمطار إلى انكماش أو توسّع على التوالي في رقعة انتشار أشجار المانغروف.

الشكل الأول

توزّع أنواع أشجار المانغروف، مصنفا حسب فئات الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة والمناطق البحرية



3 - نباتات المستنقعات المالحة

تشكّل نباتات المستنقعات المالحة الغطاء النباتي الرئيسي في المناطق المدّية والمناطق المالحة الداخلية في المناطق المعتدلة. وهي تعتبر "مراعي المنطقة المدّية" أو مستنقعات المياه المالحة المعروفة بخصوبتها وإنتاجيتها العالية، مع تقسيم إلى مناطق مختلفة استجابة لتدرجات فيزيائية حادة، مثل تركيزات الملح التي تتجاوز 500 ملّي/مول (Yuan and others 2019). ولهذه النباتات قدرة عالية على تصفية المغذيات، مما يحسّن نوعية المياه في النظم الساحلية القريبة التي تتضرر من صرف المناطق الحضرية ومرافق تربية الأحياء المائية والمناطق الزراعية، وعلى تخزين الكربون. وهي تحمي المجتمعات الساحلية من العواصف والتحات وتعزز رفاه الإنسان من خلال العمل كموائل حيوية لحضانات الأسماك وغيرها من الكائنات البحرية التي تُجنى لأغراض توفير الغذاء. ويستفيد ملايين الناس من السلع والخدمات الإيكولوجية الأساسية التي توفرها مستنقعات المياه المالحة والتي تقدر قيمتها بـ 10 000 دولار للهكتار الواحد في السنة (Barbier and others, 2011؛ و Hopkinson and others, 2012؛ و Möller and others, 2014).

وعلى عكس مجتمعات المانغروف التي تهيمن عليها الأشجار، عادة ما تكون نباتات المستنقعات المالحة عبارة عن أعشاب أو شجيرات. وقد تطورت وتكيّفت، على غرار أشجار المانغروف، مع البيئات العالية الملوحة، والفيضانات وحالات الجفاف، وظروف انعدام الأكسجين.

3-1 - المعالجة التصنيفية

على الصعيد العالمي، تتسم أنواع النباتات التي توجد في المستنقعات بثراء شديد بشكل مدهش، فهناك أكثر من 500 نوع من أنواع نباتات المستنقعات المعروفة. غير أن معظمها يوجد في بحيرات المياه العذبة والأنهار، ويمتد إلى بيئات مائية تميل إلى الملوحة، ويحتل رقعةً تقدر بـ 000 45 كيلومتر مربع في جميع أنحاء العالم (Greenberg and others, 2006). وتنتمي الأنواع ذات القدرة على تحمل الملوحة التي تسكن المستنقعات المالحة إلى ثلاث فصائل رئيسية، هي: فصيلة Chenopodiaceae، التي تضم نوعين من أنواع السَرمق (Salicornia veneta و Salicornia rubra)؛ وفصيلة Poaceae، التي تضم ثلاثة أنواع من العشب الحبلي من جنس (S. Spartina alterniflora، و S. gracilis، و S. maritima) والعديد من أنواع الغاب (Phragmites)؛ وفصيلة Juncaceae (العديد من الأنواع). لكن المعروف أن نوعين فقط يوجدان في المنطقة الساحلية حصراً، وهما: السرمَق من نوع Salicornia veneta والعشب المنتمي إلى نوع Spartina alterniflora. أما بقية الأنواع، فتوجد في بحيرات المياه العذبة والأنهار والمستنقعات التي تكسوها الغابات، وتمتد إلى موائل "اصطناعية" مائلة إلى الملوحة وبحرية مثل أحواض وقنوات تربية الأحياء المائية. ويوجد سرمَق Salicornia وعشب Spartina في جميع أنحاء أمريكا الشمالية ذات الحرارة المعتدلة، ويمتدد سرمَق Salicornia إلى المكسيك. ويوجد سرمق Salicornia أيضا في بعض أنحاء أوروبا وفي الأجزاء الشمالية من آسيا.

3-2 - الحالة والاتجاهات الراهنة

فُقد، على الصعيد العالمي، ما يصل إلى نصف الأراضي الرطبة الساحلية بسبب أنشطة الزراعة وتربية الأحياء المائية وتغيرات أخرى في استخدام الأراضي من صنع الإنسان (Pendleton and others, 2012). ولا يزال تغير المناخ وتدهور نوعية المياه والتغير في معدلات إيصال الرواسب المرتبط بالنشاط البشري عوامل تؤثر على الأراضي الرطبة المتبقية في العالم، مثل المستنقعات المالحة (Kirwan and Megonigal, 2013).

ونوع Salicornia veneta هو النوع المهدد الوحيد المدرج في القائمة الحمراء الصادرة عن الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة (Foggi and others, 2011)، وهو مصنف بوصفه معرَّضا للانقراض. وهو يوجد على طول ساحل إيطاليا المطل على البحر الأدرياتيكي، ويحتل رقعة تقل مساحتهاعن 500 كم مربع. وعلى الرغم من شيوع هذا النوع في منطقة توزعه، فإن أعداده تتناقص حسب التقارير بسبب أنشطة تطوير السواحل والمستوطنات والسياحة الساحلية. وهو مشمول بالحماية بموجب التشريعات الوطنية، وأحد مواقعه عبارة عن منطقة محمية. أما نوع Spartina alterniflora، فهو مصنف باعتباره أقل إثارة للقلق (Maiz-Tome, 2016).

4 - الأعشاب البحرية

الأعشاب البحرية هي نباتات بحرية مزهِرة تسكن البيئات البحرية المدّية ودون المدّية. وهي تحتاج إلى مستويات عالية من الضوء، وعادة ما تتواجد بوفرة في المياه الضحلة حيث تكون عناصر منتجة في البيئات القريبة من الشاطئ باعتبارها توفر الغذاء والمأوى لكثير من الأنواع الهامة اقتصاديا (Heck and Orth, 1980).

والأعشاب البحرية من أقدم النباتات على وجه الأرض، إذ توجد في رواسب أحفورية يُعتقد أنها تعود إلى العصر البليوسيني (Tuya and others, 2017). وقد مرت بمراحل تطور لكي تتكيف مع ظروف مكمنها البيئي بما يضمن بقاءها (Papenbrock, 2012). ومن أشكال هذا التكيُّف الأوراق التي تكون في الغالب رفيعة أو مسطّحة أو طويلة أو أشبه بالأشرطة والتي تسمح للأعشاب بالتمايل بمرونة في المياه ذات الموجات والتيارات القوية وبتوزيع الغازات (لأنها لا تحتوي على مسام)؛ ونظام الجذور والجذامير الواسع النطاق الذي يثبتها في الركائز الموحلة والرملية (في مثال على ذلك، لدى الأنواع من جنس Phyllospadix التي توجد في المناطق المعتدلة زوائد خطافية تسمح لها بالتشبث بالصخور)؛ وقابلية التكيّف لتحمل ظروف الملوحة العالية والمختلفة في كثير من الأحيان؛ ووجود اللقاح في أنابيب جيلاتينية أو في أكياس عائمة لتسهيل التلقيح تحت الماء أو على سطح الماء؛ وفي بعض الأنواع، التكاثر الوَلود أو الخفي الذي يمكنها من التنافس مع الأنواع الأخرى (Green and Short, 2003).

ويعتمد توزّع الأعشاب البحرية جزئيا على انتشار الفاكهة والبذور والبادِرات ووحدات الإكثار النباتي بواسطة التيارات البحرية. وباستخدام مزيج من إجراءات تعيين الأصل الجيني للمجموعات وتنبؤاتِ الانتشار انطلاقاً من نموذج هيدروديناميي، جرى التنبؤ بأن 60 في المائة من ثمار نوع Posidonia australis تتناثر في نطاق 20 كم (Sinclair and others, 2018). وقد وفرت تلك الدراسة رؤية ثاقبة لدور النقل المادي فيما يتعلق بانتشار الثمار لمسافات طويلة وأثر ذلك على الهيكلة الوراثية المكانية لمروج الأعشاب البحرية.

4-1 - المعالجة التصنيفية

الأعشاب البحرية هي نباتات مزهِرة تنتمي إلى طائفة Liliopsida. وحتى عام 2011، كان هناك 72 نوعا موزعاً على 6 فصائل و 15 جنسا (Short and others, 2011). وتوجد الأعشاب البحرية في جميع أنحاء العالم، باستثناء أنتاركتيكا. وقد تم حتى الآن وصف نوعين على الأقل باستخدام الخصائص الجزيئية، وهما: النوع الجديد المسمى Thalassodendron johnsonii (Duarte and others, 2012)) ونوع آخر (Halophila major) فُصل عن مجمَّع Halophila ovalis (Nguyen and others, 2014). وتحددت أيضا تجمعات فرعية باستخدام تقنيات التشفير الشريطي (Nguyen and others, 2015).

4-2 - الحالة والاتجاهات الراهنة

أفيد في الفصل 47 من التقييم العالمي الأول بأنه، في عام 2011، كانت أعدادُ 31 في المائة (22 نوعاً من أصل 72) من مجموع الأنواع في العالم آخذةً في التناقص وأعداد 5 في المائة من الأنواع تشهد اتجاهات تزايدية، في حين كانت حالة 22 في المائة غير معروفة. وأتى في التقرير نفسه أن الأعشاب البحرية تختفي بمعدل 110 كم مربع في السنة منذ عام 1980 وأن نسبة 29 في المائة من رقعتها المعروفة منذ بدَأ تسجيلُ مناطق الأعشاب البحرية في عام 1879 قد زالت، وصاحب ذلك تسارع في معدلات التراجع من متوسط قدره 0,9 في المائة في السنة قبل عام 1940 إلى 7 في المائة في السنة منذ عام 1990.

وعلى الصعيد العالمي، لم تُجرَ منذ عام 2011 أي تقييمات أخرى لمخاطر انقراض الأنواع. ومن مجموع الأنواع البالغ 72 نوعا، بقيت ثلاثة أنواع، جميعها من فصيلة Zosteraceae، في فئة الأنواع المهددة بالانقراض

حسب تصنيف الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة، وشهدت كلها تناقصاً في الأعداد (Short and Waycott, 2010a, b, c). وهذه الأنواع هي Phyllospadix japonicus، و Zostera chilensis، و Z. geojeensis. ويوجد نوعا P. japonicus و Z. geojeensis في شمال غرب المحيط الهادئ، في حين يوجد نوع Z. chilensis في جنوب شرق المحيط الهادئ (انظر الشكل الثاني).

وتُصنف خمسة أنواع كأنواع شبه معرضة للانقراض، وجميعها تتناقص أعدادُه (Short and Waycott, 2010d, e, f). ويوجد نوع Posidonia australis (Short and others, 2010a) في كل من شرق المحيط الهندي وجنوب غرب المحيط الهادئ، في حين يوجد نوع Zostera asiatica (Short and Waycott, 2010d) في شمال غرب المحيط الهادئ وشرق المنطقة الوسطى منه. والأنواع الأخرى يوجد كلٌّ منها في منطقة بحرية واحدة: نوع Halophila engelmanni (Short and others, 2010b) في غرب المنطقة الوسطى من المحيط الأطلسي، ونوعا H. nipponica (Short and others, 2010c) و Zostera caulescens (Short and Waycott, 2010e) في شمال غرب المحيط الهادئ (الشكل الثاني).

وهناك سبعة أنواع مصنفة باعتبارها معرضة للانقراض مع تناقص أعدادها. وتنتمي هذه الأنواع إلى ثلاث فصائل، هي: فصيلة Posidoniaceae (نوع Posidonia sinuosa (Short and others, 2010d))؛ وفصيلة Hydrocharitaceae (أنواع Halophila baillonii (Short and others, 2010e))، و H. beccarii (Short and others, 2010f)، و H. hawaiiana (Short and others, 2010g))؛ وفصيلة Zosteraceae (أنواع Phyllospadix iwatensis، و Zostera caespitosa (Short and Waycott, 2010f, g))، و Z. capensis (Short and others, 2010h))). وباستثناء نوعي H. beccarii و Z. capensis اللذين يوجد كلاهما في منطقتين بحريتين، هما المحيط الهندي والمحيط الهادئ بالنسبة للنوع الأول والمحيط الهندي والمحيط الأطلسي بالنسبة للثاني، ينحصر توزّع سائر الأنواع في مناطق محدودة على نحو ما يلي: Posidonia sinuosa في شرق المحيط الهندي، و Zostera caespitosa في شمال شرق المحيط الهادئ، و Halophila hawaiiana في وسط المحيط الهادئ، و Phyllospadix iwatensis في شمال شرق المحيط الهادئ، و Halophila baillonii في جنوب غرب المحيط الأطلسي وغرب منطقته الوسطى.

والأخطار الرئيسية التي تهدد الأعشاب البحرية هي،كما ورد في القائمة الحمراء، التطوير للأغراض السكنية والتجارية، وتعديل النظم الطبيعية الذي يؤدي إلى فقدان الموائل، والزراعة وتربية الأحياء المائية، والتلوث، وإنتاج الطاقة، وممرات النقل والخدمات، والأنواع المُغيرة والأمراض الغازية، وتغير المناخ، والأحوال الجوية القاسية التي تؤدي إلى تغير الموائل وانزياحها. ونوع Posidonia oceanica، وهو متوطن في البحر الأبيض المتوسط، مثال لنوع تأثر سلباً بتلك التهديدات. ولوحظ أيضا انتشار الأنواع المدارية باتجاه القطب في جنوب المحيط الأطلسي، كما كان الحال بالنسبة لنوعي Halophila decipiens (Gorman and others, 2016) و Halodule wrightii (Ferreira and others, 2015).

وحتى الآن، لم تتناول أيُّ دراسات تسعةَ أنواع مصنفة في القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة باعتبارها ناقصة البيانات (Short and Waycott, 2010n, o, p, q, r, s, t, u, v)، وهي تحديدا: نوعان من فصيلة Zannichelliaceae (Lepilaena australis، و L. Marina (Short, 2010a, b))، يوجد الأول في شرق المحيط الهندي وجنوب غرب المحيط الهادئ وغرب منطقته الوسطى، والثاني في شرق المحيط الهندي فقط)؛ وأربعة أنواع من فصيلة Cymodoceaceae (هي Halodule beaudettei (Short and others, 2010i) و H. emarginata (Short and others, 2010j) في شرق المحيط الهادئ، و H. bermudensis (Coates and others, 2010) في جنوب غرب المحيط الأطلسي وغرب منطقته الوسطى وشرق المحيط الهندي، و H. ciliata (Short, 2010c) في شرق المنطقة الوسطى من المحيط الهادئ)؛ ونوعان من فصيلة

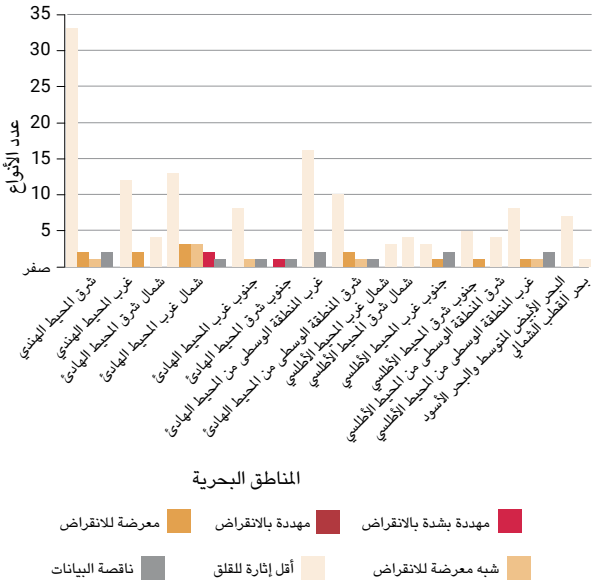
Halophila euphlebia (هما Hydrocharitaceae وعلى الصعيد الإقليمي، يُحتمل أن تكون بعض الأنواع مهددة بسبب عوامل عدة. فنوع Enhalus acoroides، على سبيل المثال، له توزّع محدود جدا في النظام الإيكولوجي البحري الكبير للبحر الأحمر (El Shaffai, 2016)، وقد يكون عرضة لتغذي الأحياء البحرية عليها، خاصة وأن المنطقة تمثل موطنا هاما لحيوان الأطوم (Shawky, 2019؛ و Nasr and others, 2019). ويتغذى حيوان الأطوم بشكل انتقائي، مما يغير حالة مروج الأعشاب البحرية لا من حيث مجتمعاتها وهيكل مجموعاتها فحسب، بل ومن حيث تركيبة الأنواع فيها أيضا. وفي سواحل كندا المطلة على المحيط الأطلسي، يؤثر سرطان البحر الأخضر الأوروبي (Carcinus maenas)، وهو من الأنواع المُغيرة غير المحلية في المنطقة، تأثيرا سلبيا على عشبة الأنقليس (Matheson and others, 2016).

وقد أفيد بحدوث انحسار أو تزايد عامَيْن في رقعة مروج الأعشاب البحرية في بعض الأجزاء التي تتوزع فيها، فأبلغ مثلا بحدوث انحسارٍ في الأعشاب من نوع Zostera marina في نوفا سكوشيا وخليج سانت لورانس وتزايدٍ في نيوفاوندلاند (كندا) (Bernier and others, 2018). وأفيد بأن نوع Halophila stipulacea غير المحلي يتوسع إل الغرب من شرق البحر الأبيض المتوسط (Sghaier and others, 2011) في حين سُجل حديثاً ظهور نوع H. decipiens في إحدى مناطق بحر إيجة (Gerakaris and others, 2020).

H. sulawesii و (Short and others, 2010k)) (Short, 2010d))) يوجدان في شمال غرب المحيط الهادئ وفي غرب منطقته الوسطى على التوالي؛ ونوع واحد من فصيلة Ruppiaceae (هو Ruppia filifolia) يوجد في جنوب شرق المحيط الهادئ وجنوب غرب المحيط الأطلسي (الشكل الثاني).

الشكل الثاني

توزّع أنواع الأعشاب البحرية حسب فئات الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة والمناطق البحرية



5 - الطحالب الكبيرة

يشير مصطلح "الطحالب الكبيرة" أو "الطحالب البحرية" إلى الكائنات الحية غير المزهِرة الشبيهة بالنباتات والتي تنمو راسية في المناطق القريبة من الشواطئ، باستثناء بعض أنواع طحالب السرغس التي تنمو عائمة ويوجد أغلبها في بحر سارغاسو (انظر الفصل 7 فاء). وقد تكيّفت هذه الكائنات البحرية مرات عديدة بمر الوقت لكي تستوطن موائل مختلفة، من المناطق القطبية إلى المناطق الاستوائية، ومن المناطق الضحلة إلى المناطق الشديدة العمق حتى حدود المنطقة المضاءة. وتشمل أشكال التكيف هذه تكوّن أصباغ مختلفة لالتقاط الضوء، وتنوع أنماط دورة الحياة والخصائص المورفولوجية لزيادة فرص البقاء، وإنتاج المركبات المضادة لآكلات الأعشاب من أجل تلافي التحول إلى غذاء للأحياء البحرية. وتُستخدَم أشكال التكيف هذه لتوصيف المجموعات والأنواع وتحديدها.

وتشكّل الطحالب البحرية الموائل الساحلية النباتية الأكثر امتدادا وإنتاجية، إذ إن طحالب الكِيلب وغيرها

من القيعان الطحلبية التي توجد في البيئات الساحلية العالمية مثل الشواطئ الصخرية والشعاب البحرية الحيوية تقدر رقعتها بحوالي 3,4 ملايين كم مربع، وتدعم إنتاجا أوليا صافيا يناهز على الصعيد العالمي نحو 173 تيراغرام من الكربون كل سنة (Krause-Jensen and Duarte, 2016)، ويتم حصادها وزراعتها من أجل الأغذية وغيرها من الاستخدامات (انظر الفصل 17 لمزيد من التفاصيل). وكثيرا ما تستخدم الطحالب كمؤشرات لنوعية المياه وسلامة الشعاب البحرية. فعلى سبيل المثال، تُستخدَم أنواع من الطحالب الخضراء Ulva كمؤشرات للتلوث بالمعادن الثقيلة وفرط المغذيات (Alp and others, 2012).

ويمكن لمجموعات الطحالب الحمراء التي تحتوي على كربونات الكالسيوم في جدران خلاياها (تسمى الطُحلبيات المرجانية لأنها تشبه المرجان الصلب) أن تغطي من الركائز الصخرية دون الشاطئية أنواعاً أكبر مما يمكن أن تغطيه أي مجموعة أخرى من الكائنات الحية التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة والتي تعيش في المنطقة المضاءة، وذلك من الموائل المدِّية وحتى عمق 270 مترا، وهي تتميز بين الطحالب الكبيرة الأخرى بأنها النوع الذي سُجّل وجوده في أبعد أعماق. ويغلِف معظمُ هذه الطحالب الحمراء الشديدة التكلس الركائزَ الصخرية أو غير الصخرية، ولكن بعض الأنواع تنمو منفصلة وتشكّل موائل معقدة هامة تتراكم على مدى آلاف السنين وتُعرف باسم "مروج المارل" أو "مروج الرودوليث" (Riosmena-Rodríguez, 2017). وتغطي هذه الطحالب المرجانية غير الثابتة مساحات شاسعة من قاع البحر الساحلي ويكثر وجودها في رواسب الكربونات البحرية الأحفورية. وأكبر توزّع مستمر عبر خطوط العرض لمروج الرودوليث يوجد قبالة البرازيل، وهو يساهم في تكوين شعاب بحرية في المناطق المتوسطة الإضاءة على مساحات شاسعة من الجرف القاري وقمم الجبال البحرية وحول الجزر المحيطية والجزر المرجانية (Amado-Filho and others, 2017). وتنمو الطحالب المرجانية غير الثابتة من النوع التالوسي بوتيرة بطيئة (بضعة مليمترات في السنة) ويمكن أن تكون معمِّرة (لأكثر من 100 سنة). وهي توفر موئلاً كلسيا ثلاثي الأبعاد يجتذب صغار الكائنات القابلة للاستغلال إلى القاع ويوفر ملاذاً لصغار الصدفيات ذات الأهمية التجارية.

5-1 - المعالجة التصنيفية

تُصنَف الطحالب الكبيرة حالياً على أنها طلائعيات (مملكة Protista). غير أن دراسات تتعلق بالنشوء والتطور أجريت حديثاً باستخدام البلاستيدات تشير إلى أن الطحالب الحمراء والخضراء تشترك في سلف مشترك من مملكة النباتات (Plantae)، في حين تشترك الطحالب البنية في سلف مشترك من مملكة الطلائعيات الصبغية (Chromista) (Delwiche, 2007). وهي مجموعة متنوعة تتكون من ثلاث شُعب رئيسية موزعة على أساس تصبّغها المهيمن: الطحالب الحمراء (Rhodophyta)؛ والطحالب البنية التي كانت مصنفة تحت شُعبة Phaeophyta ولكنها أُدرجت مؤخرا في فئتها الخاصة تحت شعبة Ochrophyta؛ والطحالب الخضراء (Chlorophyta). وتحتوي هذه الطحالب على مادة الكلوروفيل وتحدث فيها عملية التمثيل الضوئي. وكثير منها "شبيه بالنباتات" في المظهر ولكن له أجسام بسيطة تعرف باسم التالوس، ويفتقر إلى نظام تصريف المياه الملاحظ في النباتات الأرضية. وهي، على عكس الأعشاب البحرية، لا تزهِر.

وحتى عام 2012، كان غويري (Guiry (2012)) قد صنّف 12 471نوعا من الطحالب تنتمي إلى الشعب الثلاث، منها 6 131 نوعاً من الطحالب الحمراء و 1 792 نوعاً من الطحالب البنية و 4 548 من الطحالب الخضراء، ولكنه يقدر أن هناك نحو 27 000 نوع لم يجر وصفه بعد، تشمل طحالب كبيرة وطحالب دقيقة تعيش في موائل غير بحرية. ويحصي نظام معلومات التنوع البيولوجي للمحيطات (OBIS, 2020؛ انظر أيضا الجدول أدناه)، الذي لا يورد إلا الأنواع البحرية، ما عدده 3 065 نوعا من الطحالب الحمراء (Rhodophyta) و 879 نوعا من الطحالب البنية (Phaeophyceae) و 844 نوعا من الطحالب الخضراء (Chlorophyta). وفيما يتعلق بالأصنوفات الأدنى مرتبة (أي النُوَيعات أو الأصنوفات غير معروفة التصنيف)، تفوق الأرقام ما سبق، إذ تبلغ 3 406 و 1 070 و 1 164 على التوالي (انظر الجدول أدناه). وعدد أنواع الطحالب الخضراء وسجلاتها أقل من مثيلتها في الطحالب الحمراء والبنية لأن غالبية الطحالب الخضراء موجودة في بيئات المياه العذبة.

سجلات انتشار الطحالب الحمراء (Rhodophyta) والبنية (Phaeophyceae) والخضراء (Chlorophyta) الواردة في نظام معلومات التنوع البيولوجي للمحيطات

البيان	Rhodophyta	Phaeophyceae	Chlorophyta
سجلات الانتشار	614 096	568 806	392 594
سجلات مستوى الأنواع	449 392	477 331	209 396
الأنواع	3 065	879	844
الأصنوفات الأدنى	3 406	1 070	1 164
مجموعات البيانات	266	234	371
النطاق الزمني	2019–1865	2019–1869	2019–1778

المصدر: OBIS, 2020.

5-2 - الحالة والاتجاهات الراهنة

5-2-1 الطحالب الحمراء (Rhodophyta)

تضم الطحالب الحمراء (Rhodophyta) عدداً أكبر من الأنواع مقارنة بالطحالب البنية والخضراء (انظر الجدول أعلاه). وهي موزعة أساساً في مناطق تتفاوت من المياه البحرية المدارية إلى المياه البحرية المعتدلة (الشكل الثالث - ألف)، غير أن عددا قليلا جدا من الأنواع يوجد في النظم الإيكولوجية للمياه العذبة. وتوجد الطحالب الحمراء في مناطق تتراوح فيها درجة حرارة سطح البحر بين 5 إلى 30 درجة مئوية وتبلغ نسبة الملوحة 5-35 وحدة ملوحة عملية، ويعيش معظمها على عمق يتراوح بين صفر و 20 مترا (الشكل الثالث - باء)، وإن كان بعض أنواع الرودوليث سُجّل وجوده في أعماق أبعد بكثير.

5-2-2 الطحالب البنية (Phaeophyceae)

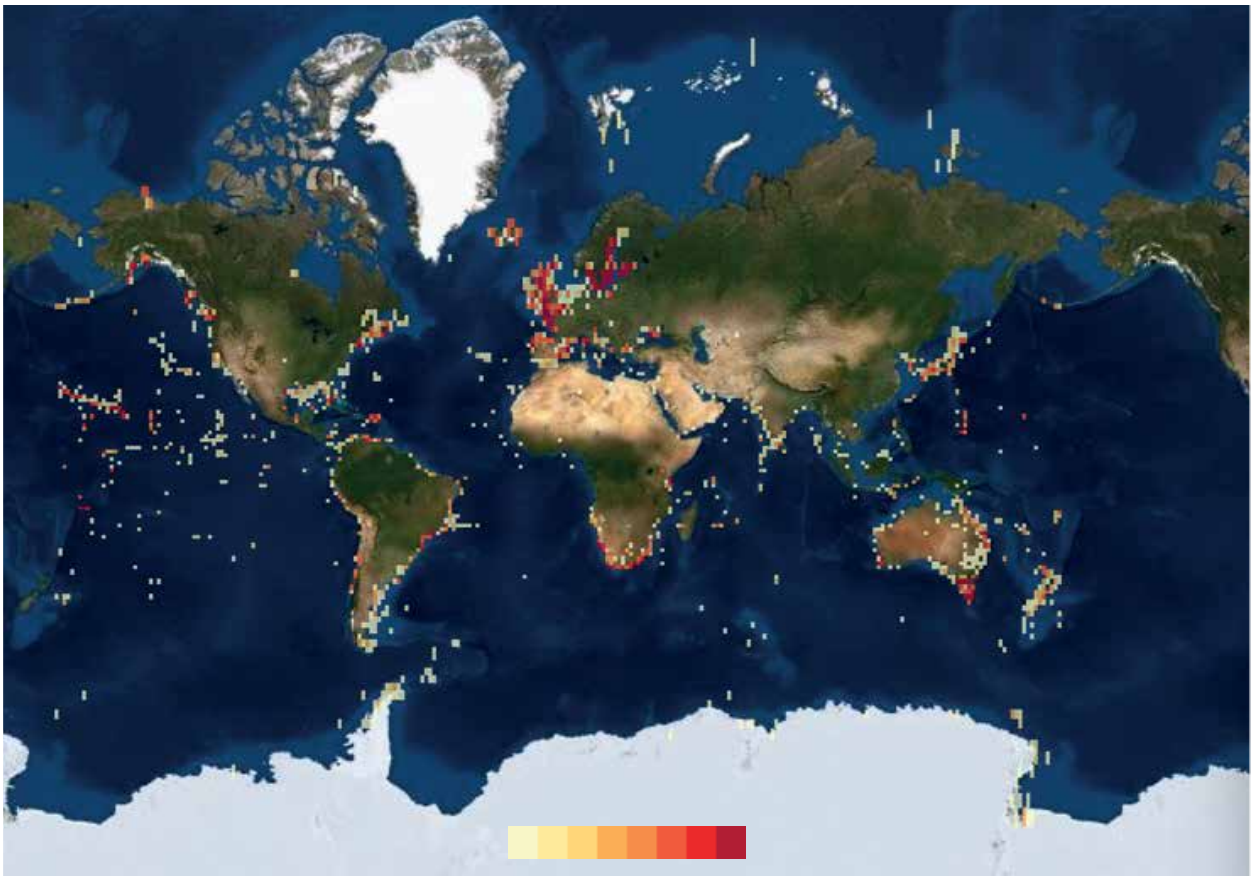
تضم الطحالب البنية أقل عدد من الأنواع (انظر الجدول أعلاه)، وهي لا توجد إلا في المناطق البحرية ولها توزيع واسع النطاق، لا سيما في المياه الباردة والمعتدلة للمحيط الهادئ والمحيط الأطلسي والمحيط الهندي وفي المحيط الجنوبي (الشكل الرابع - ألف). وهي تنمو عموماً في المناطق التي تتراوح فيها درجة حرارة سطح البحر بين 5 إلى 30 درجة مئوية - وإن كانت قادرة على تحمّل درجات الحرارة المنخفضة (من -5 إلى 5 درجات مئوية) والتي تبلغ فيها درجة الملوحة 5-35 وحدة ملوحة عملية، ويوجد معظمها على عمق يتراوح بين صفر و 20 مترا (الشكل الرابع - باء).

5-2-3 الطحالب الخضراء (Chlorophyta)

يتوسط عددُ أنواع الطحالب الخضراء عددَ الأنواع في الطحالب الحمراء والبنية (انظر الجدول أعلاه). وهي موزعة على نطاق واسع، ولكنها توجد أساساً في النصف الشمالي من الكرة الأرضية (الشكل الخامس - ألف). وهي تنمو في بيئات مختلفة، فتوجد على اليابسة وفي المحيطات وفي بحار تتراوح درجة حرارة سطحها بين 5 إلى 30 درجة مئوية - وإن كانت قادرة على تحمّل درجات الحرارة المنخفضة (من -5 إلى 5 درجات مئوية) وتبلغ نسبة الملوحة فيها صفر-35 وحدة ملوحة عملية، ويوجد معظمها على عمق يتراوح بين صفر و 30 مترا (الشكل الخامس - باء).

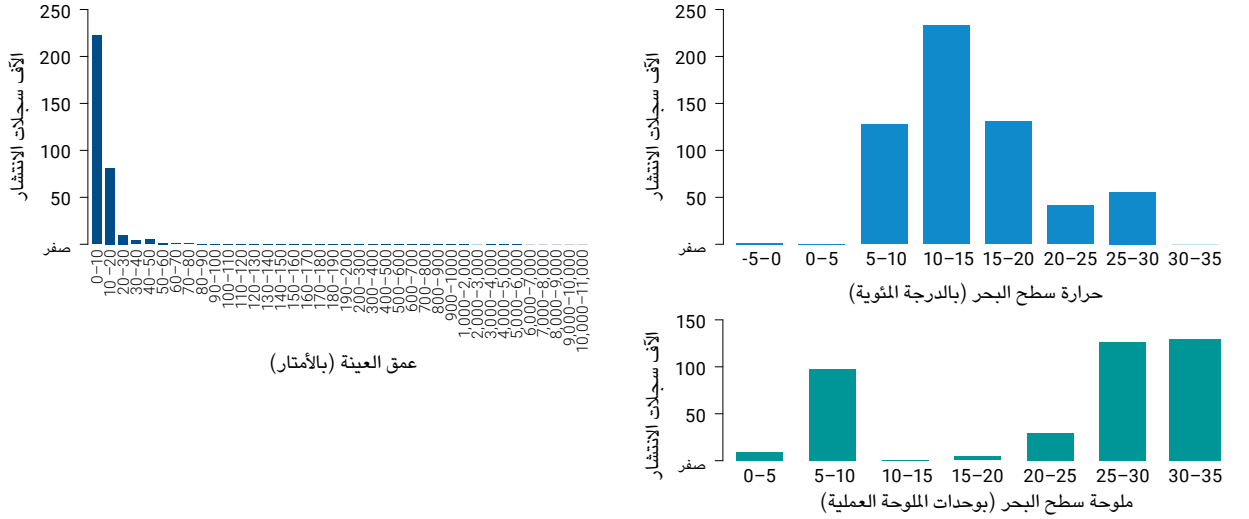
الشكل الثالث – ألف

توزّع الطحالب الحمراء (Rhodophyta) على الصعيد العالمي



الشكل الثالث – باء

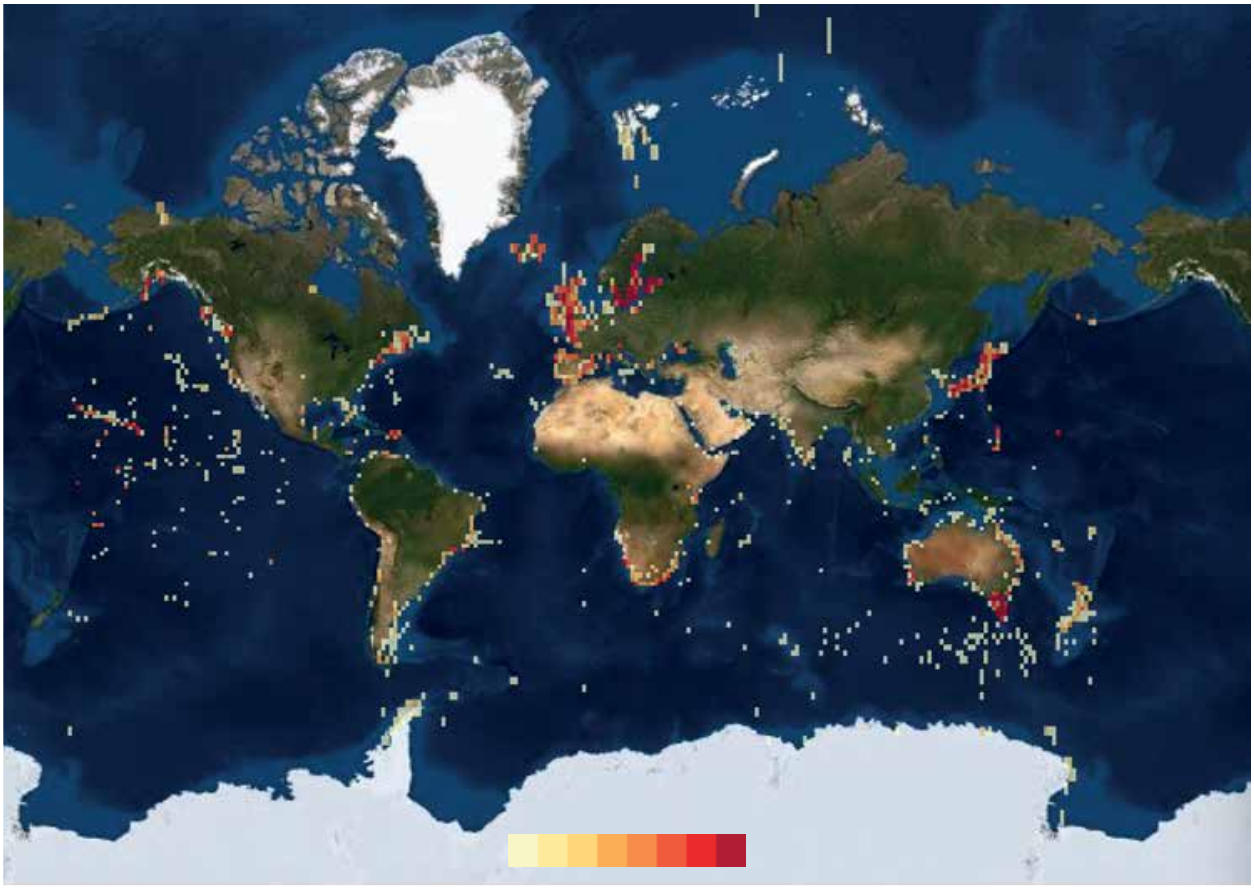
الظروف البيئية (درجة الحرارة، وملوحة سطح البحر، والعمق) التي توجد فيها الطحالب الحمراء (Rhodophyta) في جميع أنحاء العالم



المصدر: OBIS (2020), https://mapper.obis.org/?taxonid=852.

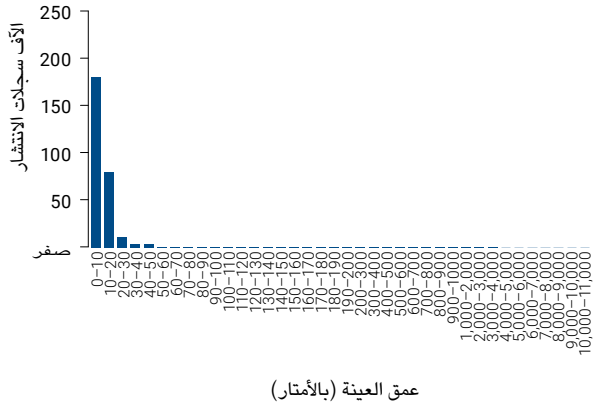
الشكل الرابع - ألف

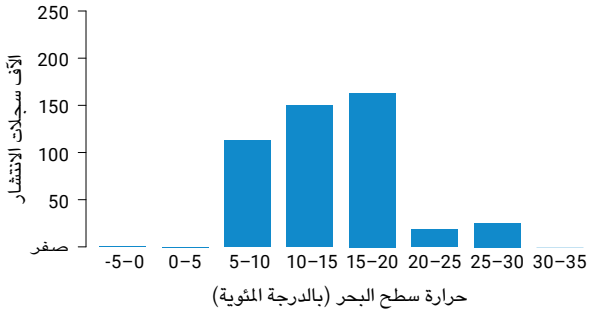
توزّع الطحالب البنية (Phaeophyceae) على الصعيد العالمي

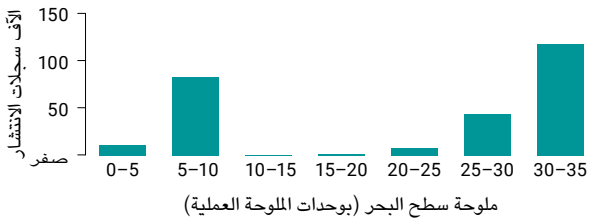


الشكل الرابع - باء

الظروف البيئية (درجة الحرارة، وملوحة سطح البحر، والعمق) التي توجد فيها الطحالب البنية (Phaeophyceae) في جميع أنحاء العالم



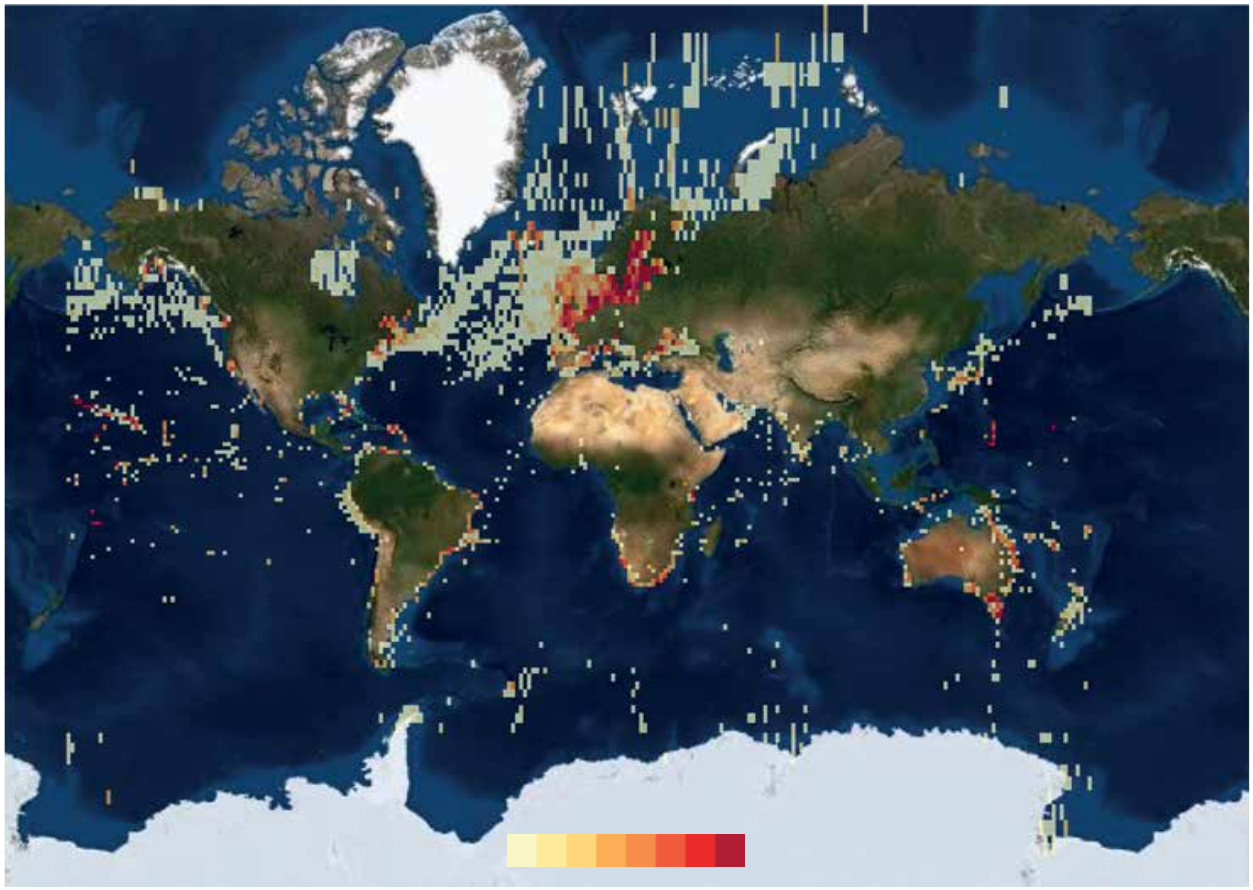




المصدر: OBIS (2020), https://mapper.obis.org/?taxonid=830.

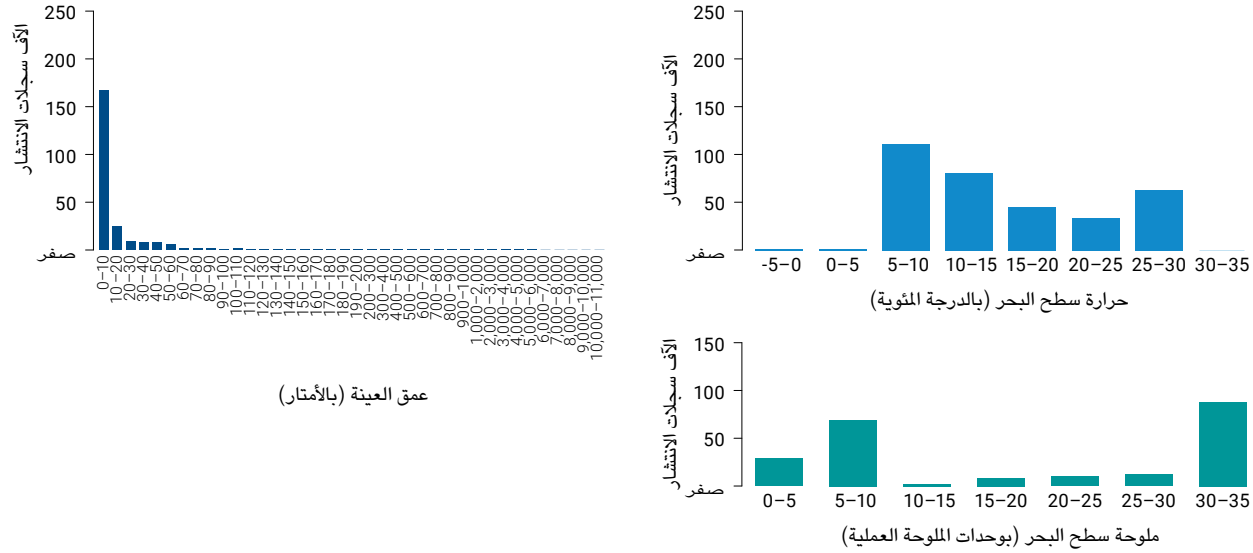
الشكل الخامس – ألف

توزّع الطحالب الخضراء (Chlorophyta) على الصعيد العالمي



الشكل الخامس – باء

الظروف البيئية (درجة الحرارة، وملوحة سطح البحر، والعمق) التي توجد فيها الطحالب الخضراء (Chlorophyta) في جميع أنحاء العالم



المصدر: OBIS (2020), https://mapper.obis.org/?taxonid=801.

وقد أجري تقييم لمخاطر انقراض الطحالب في عام 2007 (Guiry and Guiry, 2020) ولم يشمل سوى عدد قليل من الأنواع (125 نوعا). وهذا الرقم لا يغطي حتى نسبة 1 في المائة من مجموع الأنواع التي تم تصنيفها حتى الآن.

وهناك نوع من الطحالب الحمراء مصنف باعتباره منقرضاً و 15 نوعاً من الطحالب الحمراء والبنية مدرجة في قائمة الأنواع المهددة ، وكلها يوجد في جنوب شرق المحيط الهادئ ومتوطن في جزر غالاباغوس (IUCN, 2019).

وصُنفت طحالب *Vanvoorstia bennettiana*[2]، وهي من فصيلة (Rhodophyta) Delesseriaceae، باعتبارها منقرضة (Millar, 2003). وكان ويليام هارفي أول من اكتشفها في بورت جاكسون بميناء سيدني، أستراليا، في عام 1855. وقد جُمعت مرة أخرى في عام 1886 على بعد حوالي ثمانية كيلومترات إلى الشرق من منطقة اكتشافها الأولى (Millar, 2001). وعلى الرغم من البحث المكثف، لم تُشاهد أو تجمَع أي عينات طوال أكثر من قرن من الزمان، ويُعتقد أن فقدان الموئل بسبب الأنشطة البشرية هو الذي أدى إلى انقراض هذا النوع (Guiry and Guiry, 2020).

وصُنفت عشرة أنواع باعتبارها مهددة بشدة بالانقراض (Miller and others 2007a–o)، وهي كما يلي: ستة أنواع من شعبة Rhodophyta (*Galaxaura barbata* و *Gracilaria skottsbergii* و *Laurencia oppositocladia* و *Myriogramme kylinii* و *Phycodrina elegans* و *Schizymenia ecuadoreana*)؛ وأربعة أنواع من طائفة Phaeophyceae (*Bifurcaria galapagensis* و *Desmarestia tropica* و *Dictyota galapagensis* و *Spatoglossum schmittii*). وتنتمي أنواع الطحالب الحمراء المهددة بشدة بالانقراض إلى فصائل Galaxauraceae و Gracilariaceae و Delesseriaceae و Schizymeniaceae، في حين تنتمي أنواع الطحالب البنية إلى فصائل Sargassaceae و Desmarestiaceae و Dictyotaceae. ومنذ عام 1970، وقعت تغيرات كبيرة في مجموعات الطحالب الكبيرة في غالاباغوس تعود إلى ظاهرة النينيو التي حدثت في الفترة 1982–1983 والفترة 1997–1998، مما أثر على الطحالب من نوع *Bifurcaria galapagensis*، وهي طحالب بنية كبيرة متوطنة في غالاباغوس تعيش في الموائل الضحلة المدِّية ودون المدِّية (Garske 2002).

وصُنف نوعٌ واحد من أنواع الطحالب البنية، هو *Sargassum setifolium* من فصيلة Sargassaceae، باعتباره مهدداً بالانقراض (IUCN, 2019).

وصُنفت أربعة أنواع باعتبارها معرضة للانقراض، منها ثلاثة أنواع من الطحالب الحمراء (*Austrofolium equatorianum*، و *Acrosorium papenfussii*، و *Pseudolaingia hancockii*)، ونوع واحد من الطحالب البنية (*Eisenia galapagensis*) (IUCN, 2019).

وصُنفت أربعة أنواع، جميعها من الطحالب الحمراء، باعتبارها أقل إثارة للقلق، و 54 نوعا باعتبارها ناقصة البيانات (IUCN, 2019). ولم يُدرج أي نوع من الطحالب الخضراء التي تم تقييمها في قائمة الأنواع المهددة، ويرد فقط نوع *Rhizoclonium robustum* باعتباره ناقص البيانات.

وتتمثل التهديدات الرئيسية التي أتت في تقارير الاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة في "تغير المناخ والظروف الجوية القاسية"، تليهما "الأنواع المُغيرة وغيرها من الأنواع الإشكالية". وكانت التهديدات المتمثلة في "التطوير للأغراض السكنية والتجارية" و "ممرات النقل والخدمات" و "استخدام الموارد البيولوجية" و "التلوث" هي الأقل ذكرا.

وعلى الصعيد الإقليمي، أجريت تقييمات مختلفة النوع والمستوى للتنوع البيولوجي للطحالب البحرية.

[2] يمكن الاطلاع على صور لطحالب Vanvoorstia bennettiana ومعلومات تصنيفية عنها في الرابط التالي: http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=23738.

ففي منطقة البحر الأبيض المتوسط، أجري تقييم لمخاطر الانقراض في إطار خطة عمل البحر الأبيض المتوسط المنبثقة عن اتفاقية حماية البيئة البحرية والمنطقة الساحلية للبحر الأبيض المتوسط[3] (التي أدرج فيها 47 نوعاً باعتبارها أنواعا مهددة). ومن بين الأنواع المهددة، هناك أمثلة نموذجية منها أنواع *Cystoseira* "التي تشكّل الموائل"، باستثناء نوع *C. compressa*، التي تتناقص بل وتتعرض للانقراض محليا (Mancuso and others, 2018؛ و Thibaut and others, 2015). ومع ذلك، يوصي فيرلاك وآخرون (Verlaque and others 2019)) بأنْ تراجَع هذه القائمة بالنظر في كل حالة على حدة، لأنها تشمل أنواعا أبعد ما تكون عن التعرض للتهديد بل هي تعتبر أنواعا مُغيرة (مثل *Caulerpa prolifera*)، ويُقترح إجراء تقييم جديد لها. ومعظم الطحالب البحرية في البحر الأبيض المتوسط، ولا سيما الأنواع المعمِّرة البطيئة النمو، مهددة بفعل التطوير للأغراض التجارية والصناعية (United Nations Environment Programme, 2015؛ و Mansour and others, 2007؛ و Husain and Khalil, 2013)، والتصريف الساحلي (Mohorjy and Khan, 2006؛ و Peña-García and others, 2014؛ و Fabbrizzi and others, 2020)، وتغير المناخ (Piñeiro-Corbeira and others, 2018)، ودخول الأنواع غير المحلية والمُغيرة عبر قناة السويس (Galil and others, 2019). وأفادت إسرائيل وآخرون (2020) بأن 16 في المائة من النباتات البحرية في إسرائيل تعتبر مُغيرة أو غير محلية.

وقام ميلوسلافيتش وآخرون (Miloslavich and others (2011) بتحليل التنوع البيولوجي البحري في أمريكا الجنوبية، ووجدوا أن ثراء الأنواع أشد في المنطقة المدارية الواقعة في شرق المحيط الهادئ مما هو عليه في المنطقة المدارية في غرب المحيط الأطلسي، وأن نظام تيار همبولت أكثر ثراء من الجرف الباتاغوني. وأظهرت تحليلات التوطّن أن 22 في المائة من الأنواع في أمريكا الجنوبية هي أنواع متوطنة وأن 75 في المائة من الأنواع يُبلَّغ عنها في منطقة دون إقليمية واحدة فقط في أمريكا الجنوبية. وفي جنوب المحيط الأطلسي، تتسبب عوامل الإجهاد المحلية وعملية التوسّع الحضري الساحلي في فقدان جزء كبير من التنوع البيولوجي للطحالب البحرية. ويقل ثراء الطحالب البحرية في المناطق الحضرية بنسبة 26 في المائة عما هو عليه في المناطق ذات الغطاء النباتي الأعلى (Scherner and others, 2013). ومن بين عوامل الإجهاد العالمية، يجدر توجيه أكبر قدر من الاهتمام للموجات الحارة، حيث إنها تشكل تهديدا كبيرا للأنواع الحساسة للحرارة مثل الطحالب الحمراء من نوع *Laurencia catarinensis* التي تتسم بأهميتها في مجالي الإيكولوجيا والتكنولوجيا الحيوية. وقد فقد هذا النوع حوالي 50 في المائة من إجمالي كتلته الأحيائية خلال موجة حارة استمرت من 8 تشرين الأول/أكتوبر إلى 13 تشرين الثاني/نوفمبر 2014 وزادت خلالها درجات الحرارة عن العتبة المحسوبة لتلك الأيام التقويمية بمقدار 2,66 درجة (Gouvêa and others, 2017).

وفي البحر الأحمر، يناهز مستوى توطن الطحالب الكبيرة نسبة 9 في المائة (Persga, 2003) ومن المرجح أن يزداد مع استمرار إجراء البحوث في المستقبل، حيث إن الطحالب الكبيرة التي توجد في البحر الأحمر هي حالياً أقل الأنواع خضوعاً للدراسة على الرغم من التاريخ الطويل من الاستكشاف العلمي الذي يعود إلى القرن السابع عشر (Sheppard and others, 1992). وتبين السجلات السابقة (Walker, 1987) أن البحر الأحمر كان يحتوي على حوالي 485 نوعاً من أنواع الطحالب الكبيرة تتوزع حول المناطق المدارية وفي المناطق دون المدارية وتوجد في أجزاء كبيرة من منطقة المحيط الهندي- المحيط الهادئ ومنطقتي البحر الأبيض المتوسط والبحر الكاريبي. ويبدو أن تكوين الطحالب الكبيرة في البحر الأحمر وتوزّعها وتنوعها يتبع تدرج خطوط العرض الطبيعي من حيث الملوحة ودرجة

[3] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1102, No. 16908.

الحرارة والثراء بالمغذيات (Kurten and others, 2014)، ويكون التنوع أشد في الأجزاء الشمالية والجنوبية مقارنة بالجزء الأوسط (Walker, 1987؛ و Sheppard, 1992).

وتتميز الطحالب الكبيرة في أنتاركتيكا بثراء منخفض للأنواع مقارنةً بمناطق أخرى من العالم، حيث بلغ معدل التوطن حسب التقديرات الأولية نسبة 33 في المائة تقريبا (Wiencke and Clayton, 2002؛ و Wiencke and others, 2014) ولكنه انخفض بعد ذلك إلى 27 في المائة (Oliveira and others, 2020). وتوجد أعلى نسبة للتوطن في الطحالب البنية (35,3 في المائة)، تليها الطحالب الحمراء (29,4 في المائة) والطحالب الخضراء (12,5 في المائة) (Oliveira and others, 2020).

ويلاحَظ وجود علاقة عكسية بين تنوع الأنواع وخط العرض في الطحالب البحرية الكبيرة في أنتاركتيكا (Wiencke and Clayton, 2002). فقد تم تحديد ما مجموعه 104 أصنوفات في جزر شتلاند الجنوبية (Pellizzari and others, 2017)، وهو رقم أعلى مما هو عليه في جزيرة أديلايد التي وُجدت بها 41 أصنوفة (Cormaci and others, 1992) وخليج تيرا نوفا (بحر روس، فوق 70 درجة جنوباً) الذي وُجدت به 17 أصنوفة (Mystikou and others, 2014).

وجرى تقييم أثر الاحترار المحيطي على توزع الطحالب البحرية في أنتاركتيكا من قِبل مولر وآخرين (Müller and others (2009))، وخلص التقييم إلى أن ارتفاع درجة الحرارة قد لا يؤثر تأثيرا مباشرا على توزع بعض الطحالب البحرية في أنتاركتيكا عبر خطوط العرض. ومع ذلك، أشار بيليزاري وآخرون (Pellizzari and others (2020)) إلى أن تنوع الطحالب الكبيرة في أنتاركتيكا، ولا سيما في المناطق المحيطة بشبه الجزيرة القطبية الجنوبية، يحتاج إلى رصد لأن المنطقة عرضة لدخول أنواع غريبة عنها وللتغيرات في الأحوال الجوية والأوقيانوغرافية (Hughes and Ashton, 2017).

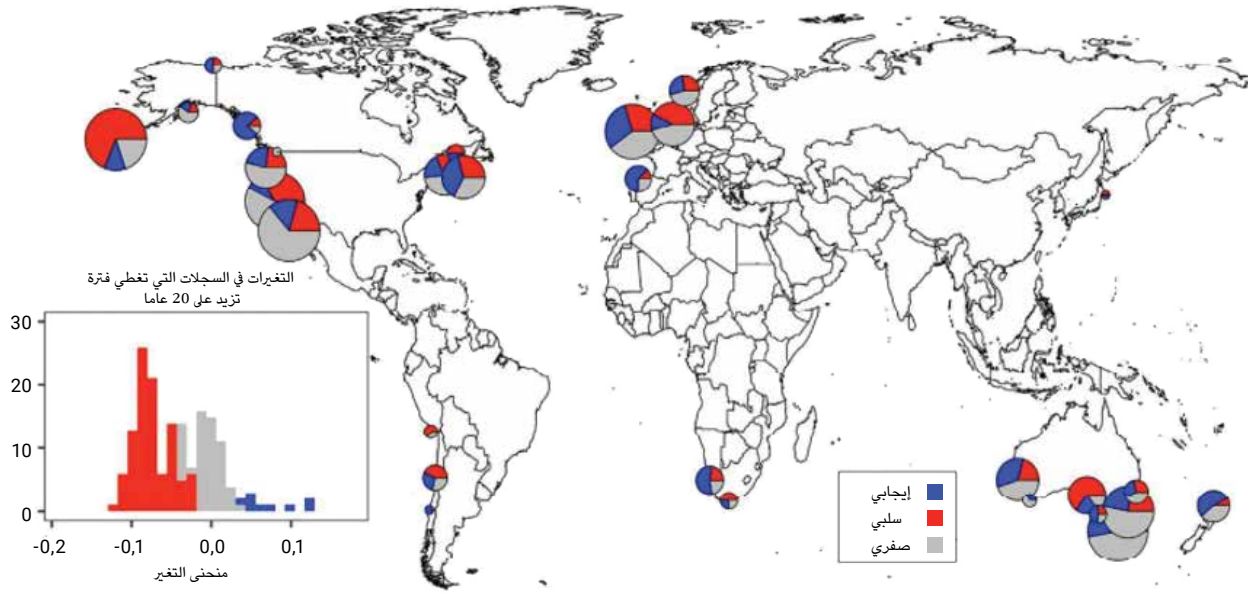
6 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

فقدان الأنواع التي تتكون منها النظُم الإيكولوجية الساحلية والمحيطية الكبرى، مثل أشجار المانغروف ونباتات المستنقعات المالحة والأعشاب البحرية والطحالب البحرية، أو تلك التي تُجنى لاستخدامها أو لتطبيقات أخرى أمرٌ له تداعيات صحية واقتصادية كبيرة على المجتمع.

ويتضح الأثر المباشر لفقدان الأنواع على الاقتصادات والرفاه من خلال فقدان أنواع طحالب الكِيلب، وهي طحالب بنية تكوِّن غابات ضخمة في المناطق المحيطية المعتدلة. وتُجنى هذه الأنواع لأغراض توفير الغذاء ولأغراض التطبيقات الصناعية وصناعة مستحضرات التجميل والأغراض الطبية وغيرها. وتتأثر طحالب الكِيلب بشدة بارتفاع درجات حرارة المحيطات لأنها تحتاج إلى المياه الباردة للتكاثر والنمو. ويتجلى هذا التأثر في أوضح أشكاله على الحدود الشمالية والجنوبية القصوى لتوزع هذه الطحالب (Reed and others, 2016). فمع ارتفاع درجات حرارة المحيطات، أزيح توزّع بعض مجموعات طحالب الكيلب نحو الجنوب في خطوط العرض الجنوبية ونحو الشمال في خطوط العرض الشمالية، وانتقلت معها في العقود الأخيرة كذلك مجموعات الكائنات البحرية المرتبطة بها والتي تتغذى عليها مثل قنافذ البحر (Wahl and others, 2015). وبيّن فيرنبرغ وآخرون (Wernberg and others (2019)) وغيرهم مساراتِ التغير في وفرة طحالب الكِيلب استنادا إلى السجلات الطويلة الأجل للكتلة الأحيائية (الشكل السادس).

الشكل السادس

مسار التغير في سجلات وفرة طحالب الكِيلب



المصدر: Wernberg, and others, 2019، الشكل أعلاه مستنسخ بموافقة المؤلف.

والخسارة التي تلحق بمصائد الأسماك نتيجة لآثار تغير المناخ على الطحالب المرجانية البانِية للشعاب وطحالب الرودوليث التي تشكل مروج المارل كبيرة. وبعض المنشورات (Barberá and others, 2003؛ و Riosmena-Rodríguez and others, 2010) التي تتناول حالة حفظ موائل المارل والرودوليث في مياه المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط وخليج كاليفورنيا تبين أن سلامة هذه الموائل آخذة في التراجع في أجزاء كثيرة من العالم. ويمكن أن تنال أنشطة كالتجريف (من أجل الحصول على مخصبات التربة مثلا أو تنظيف مسالك الشحن البحري) والصيد المدمِّر (باستخدام الجرافات مثلا أو شباك الجرّ) وتربية الأسماك من الهياكل المعقدة لهذه الموائل وأن تقلل من التنوع البيولوجي فيها، وهو الأثر الذي يمكن أن يحدثه أيضا انتشار الأنواع المغيرة مثل نوع Crepidula fornicata الذي ينتمي إلى طائفة بطْنِيات القدَم (Peña and others, 2014). وإلى جانب هذه الآثار المباشرة، أفيد بأن مروج المارل تتعرض لضغوط ناجمة عن احترار المحيطات وتحمضها، نظراً لأن الطحالب المرجانية البطيئة النمو تتأثر بشدة بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ (Martin and Hall-Spencer, 2017؛ و Cornwall and others, 2019). وتتمتع مروج المارل الأوروبية بالحماية لأنها توفر مجموعة كبيرة ومتنوعة من المكامن الإيكولوجية للنباتات والحيوانات المرتبطة بها.

وتُستخدَم الآن الأنواع الرائدة مثل Halophila ovalis و Halodule uninervis و Cymodocea rotundata كمؤشرات لمرونة مروج الأعشاب البحرية في التقييمات المجراة لتبيّن القابلية للتضرر. وتستخدم عدة أنواع من الأعشاب البحرية كمؤشرات بيولوجية للتلوث بالمعادن الثقيلة كنوعي Halophila ovalis و H. minor (Ahmad and others, 2015))، في حين تعتبر أنواع Thalassia hemprichii و Enhalusa coroides وCymodocea rotundata مؤشراتٍ بيولوجية محتملة لمحتوى الكادميوم في الرواسب ومحتوى الزنك في مياه البحر (Li and Xiaoping, 2012).

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات

على الرغم من استحداث تقنيات جديدة مثل الأساليب المتعلقة بعلم الجينوميات لتحديد الأنواع وإيضاح علاقات النشوء والتطور بينها، لا تزال القدرات البشرية وقدرات البنية التحتية غير متوافرة في العديد من المناطق. ولا يتخصص في علم النظاميات الحيوية سوى عدد قليل من الأشخاص، ويدرس عددٌ أقل علم الطحالب البحرية (علم التصنيف الأحيائي للطحالب). والدراسات التصنيفية وتلك المتعلقة بالنظاميات الحيوية أدوات مهمة لرصد التنوع البيولوجي البحري، الذي هو أساس التنمية، لا سيما في الدول الجزرية الصغيرة والبلدان الأرخبيلية. وهي أدوات تلبي هدف التنمية المستدامة 14، وتحديداً الغاية 14-أ منه[4]. ومع استحداث تقنيات جديدة لتحديد الأنواع، من المتوقع أن يرتفع عدد الأنواع، ولا سيما أنواع الطحالب الكبيرة. غير أن بعض المناطق ستظل لا تحظى بالقدر نفسه من اهتمام الباحثين مقارنةً بغيرها، وذلك حسب القدرات المتاحة فيها. ويضاف إلى ذلك أن قابلية التأثر بتغير المناخ والظروف السائدة في المحيطات لم تُقيّم بعد في غالبية أنواع النباتات، بما فيها الطحالب الكبيرة[5].

8 - آفاق المستقبل

من المسلم به الآن أن تغيّر المناخ يشكّل ضغطا شديدا على المجموعات الأحيائية. فمن الممكن أن يتيح الفرصة لبعض الأنواع لتوسيع نطاق توزعها، كما هو الحال في بعض أنواع أشجار المانغروف أو نباتات المستنقعات، أو أن يسبب انحساراً في أنواع أخرى بل ويؤدي إلى انقراضها كما كان الحال بالنسبة لبعض أنواع طحالب الكِيلب. ويُذكر، على سبيل المثال، أن بيرجنت وآخرون (Pergent and others (2014)) توقعوا أن نوع عشب البحر المتوطن في البحر الأبيض المتوسط المعروف باسم Posidonia oceanica، والذي تنخفض قدرته على تحمّل التغيرات في الملوحة ودرجة الحرارة، ستتدهور مجموعاته على الأرجح، خصوصا في بحر الشام، حيث من المتوقع أن ترتفع درجة حرارة سطح البحر وملوحته. ويمكن أن يتأثر نوع Zostera marina، الذي ينمو في درجات حرارة أكثر برودة، فيصبح أولا أكثر انحسارا وانعزالا في في أقصى شمال البحر الأبيض المتوسط، ومن ثم ينقرض. ويمكن أيضا أن تتفوق على هذين النوعين أنواع مثل نوعي Cymodocea nodosa و Halphila stipulacea اللذين ينموان بشكل جيد في المناخ الأكثر دفئاً، وهو ما من شأنه أن ينال من الهيكل المعقّد للموائل.

وقد وُضعت بعض التقديرات المتعلقة باحتمالات فقدان أنواع الطحالب البحرية بحلول عام 2100، وذلك بالاستعانة بأسلوب نمذجة الموائل واستناداً إلى مسارات التركيز التمثيلية لانبعاثات غازات الدفيئة. وتشير هذه التقديرات إلى أن التوزع الحالي لعدد 15 نوعا رئيسياً من أنواع طحالب الكِيلب وأنواع المناطق المعتدلة من الطحالب البحرية المشكِّلة للظُلَل التي توجد في أستراليا ستنخفض بنسبة 62 في المائة (مع انخفاض في النطاق يتراوح بين 27 في المائة و 100 في المائة) وفق سيناريو معدل الانبعاثات RCP 2.6 الأكثر تحفظا، في حين يُتوقع أن تفقد ثمانية أنواع من طحالب الكِيلب في شمال المحيط الأطلسي 50 في المائة من نطاقها. ومن ناحية أخرى، من المتوقع أن توسّع بعض الأنواع حدود توزّعها، ومثال ذلك توسّع ثلاثة من الأنواع الثمانية الموجودة في شمال المحيط الأطلسي إلى القطب الشمالي، أو أن تحل محل أنواع أخرى أو أن تشكّل غابات جديدة. ومن المتوقع أيضا أن يؤثر التغير في أعداد آكلات الأعشاب الناتج عن تغير المناخ على مجموعات الطحالب الكبيرة (انظر: Wernberg and others, 2019).

[4] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
[5] انظر: www.fisheries.noaa.gov/national/climate/climate-vulnerability-assessments.

المراجع

Ahmad F., and others (2015). Tropical seagrass as a bioindicator for metal accumulation. *Sains Malaysiana*. vol. 44, No. 2, pp. 203–210. 10.17576/JSm^{-2}015-4402-06.

Alp Mehmet Tahir, and others . Determination of heavy metal levels in sediment and macroalgae (*Ulva* sp. and *Enteromorpha* sp.) on the Mersin Coast (2012). *Ekoloji*, vol. 21, No. 82, pp. 47–55.

Amado-Filho, Gilberto M., and others (2017). South Atlantic rhodolith beds: latitudinal distribution, species composition, structure and ecosystem functions, threats and conservation status. In *Rhodolith/Maërl Beds: A Global Perspective*, Rafael Riosmena-Rodríguez, Wendy Nelson, and Julio Aguirre, eds. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, pp. 299–317. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29315-8_12.

Barberá, C., and others (2003). Conservation and management of northeast Atlantic and Mediterranean maerl beds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 13, No. S1, pp. S65–S76. https://doi.org/10.1002/aqc.569.

Barbier, Edward B., and others (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, vol. 81, No. 2, pp. 169–93. https://doi.org/10.1890/10-1510.1.

Bernier, R.Y., and others, eds. (2018). *State of the Atlantic Ocean Synthesis Report*. Canadian Technical Report. of Fisheries and Aquatic Sciences, No. 3167. Ottawa: Department of Fisheries and Oceans Canada.

Chua, L.S.L. (1998). *Avicennia lanata*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T31819A9662485.en. Coates, K., and others, 2010. *Halodule bermudensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173374A7002336. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173374A7002336.en.

Cormaci, M., and others (1992). Observations taxonomiques et biogéographiques sur quelques espèces du genre *Cystoseira* C. Agardh. *Bulletin de l'Institut océanographique (Monaco)*, pp. 21–35.

Cornwall, Christopher E., and others (2019). Impacts of ocean warming on coralline algal calcification: meta-analysis, knowledge gaps, and key recommendations for future research. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 186. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00186.

Dahdouh-Guebas, F., ed. (2020). World Mangroves database and Herbarium. Mangroves: the forgotten habitat in the middle of everywhere. Available at www.vliz.be/vmdcdata/mangroves.

Delwiche, Charles F. (2007). Algae in the warp and weave of life: bound by plastids. In *Unravelling the Algae. The Past, Present, and Future of Algal Systematics*. Juliet Brodie and Jane Lewis, eds. The Systematics Association Special Volume Series, No. 75. Boca Raton, Florida: CRC Press, pp. 7–20.

Donato, Daniel C., and others (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, vol. 4, No. 5, pp. 293–297. https://doi.org/10.1038/ngeo1123.

Duarte, M.C., and others (2012). Systematics and ecology of a new species of seagrass (*Thalassodendron*, Cymodoceaceae) from Southeast African Coasts. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature,* vol. 22, No. 1, pp. 16–24.

Duke, N. (2010a). *Avicennia integra*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178844A7624677. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178844A7624677.en.

_____(2010b). *Avicennia bicolor*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178847A7625682. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178847A7625682.en.

Duke, N., and others (2010a). *Sonneratia griffithii*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178799A7609832. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178799A7609832.en.

_____(2010b). *Bruguiera hainesii*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178834A7621565. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178834A7621565.en.

_____(2010c). *Camptostemon philippinense*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178808A7612909. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178808A7612909.en.

_____(2010d). *Ceriops decandra*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178853A7627935. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178853A7627935.en.

Ellison, J., and others (2010a). *Aegialitis rotundifolia*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010,* e.T178839A7623021. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178839A7623021.en.

_____(2010b). *Aegiceras floridum*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010,* e.T178856A7628795. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178856A7628795.en.

_____(2010c). *Pelliciera rhizophorae*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010,* e.T178833A7621318. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178833A7621318.en.

_____(2010d). *Excoecaria indica*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010,* e.T178836A7622053. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178836A7622053.en.

Ellison, J., and J. Duke (2010). *Rhizophora samoensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178831A7620672. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178831A7620672.en.

El Shaffai, A. (2016). *Field Guide to Seagrasses of the Red Sea*. 2nd ed. Anthony Rouphael and Ameer Abdulla, eds. Gland, Switzerland: IUCN.

Fabbrizzi, E., and others (2020). Modeling macroalgal forest distribution at Mediterranean scale: present status, drivers of changes and insights for conservation and management. *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, art. 20. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00020.

Ferreira, Chirle, and others (2015). Anatomical and ultrastructural adaptations of seagrass leaves: an evaluation of the southern Atlantic groups. *Protoplasma*, vol. 252, No. 1, pp. 3–20. https://doi.org/10.1007/s00709-014-0661-9.

Foggi, B., and others (2011). *Salicornia veneta*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T164320A5824288. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-1.RLTS.T164320A5824288.en.

Galil, B.S., and others (2019). Invasive biota in the deep-sea Mediterranean: an emerging issue in marine conservation and management. *Biological Invasions*, vol. 21, pp. 281–88.

Garske L.E. (2002). Macroalgas marinas. In *Reserva Marina de Galápagos: Línea Base de la Biodiversidad*. Eva Danulat and Graham J. Edgar, eds. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: Fundación Charles Darwin/ Servicio Parque Nacional Galápagos, Pp. 419–439.

Gerakaris, V., and others (2020). First record of the tropical seagrass species *Halophila decipiens* Ostenfeld in the Mediterranean Sea. *Aquatic Botany*, vol. 160, 103151. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2019.103151.

Gouvêa, L.P., and others (2017). Interactive effects of marine and eutrophication on the ecophysiology of a widespread and ecologically important macroalga. *Limnology and Oceanography*, vol. 62, No. 5, pp. 2056–2075. https://doi.org/10.1002/lno.10551.

Gorman, Daniel, and others (2016). Population expansion of a tropical seagrass (*Halophila decipiens*) in the southwest Atlantic (Brazil). *Aquatic Botany*, vol. 132, pp. 30–36. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2016.04.002.

Green, E.P., and F.T. Short (2003). *World Atlas of Seagrasses*. Berkeley, California: University of California Press, p. 324.

Greenberg, Russell, and others (2006). Tidal marshes: a global perspective on the evolution and conservation of their terrestrial vertebrates. *BioScience*, vol. 56, No. 8, pp. 675–85. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[675:TMAGPO]2.0.CO;2.

Guiry, M. D. (2012). How many species of algae are there? *Journal of Phycology*, vol. 48, No. 5, pp. 1057–1063. https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2012.01222.x.

Guiry, M.D., and Guiry, G.M. (2020). AlgaeBase. World-wide electronic publication. Galway: Ireland: National University of Ireland. www.algaebase.org.

Heck, Kenneth L., and Robert J. Orth (1980). Seagrass habitats: the roles of habitat complexity, competition and predation in structuring associated fish and motile macroinvertebrate assemblages. In *Estuarine Perspectives.* V. S. Kennedy, ed. New York: Academic Press, pp. 449–464.

Hopkinson, Charles S., and others (2012). Carbon sequestration in wetland dominated coastal systems — a global sink of rapidly diminishing magnitude. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 4, No. 2, pp. 186–194. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.03.005.

Hughes, Kevin A., and Gail V. Ashton (2017). Breaking the ice: the introduction of biofouling organisms to Antarctica on vessel hulls. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 27, No. 1, pp. 158–164.

Husain, Tahir, and Ahmed Abdulwahab Khalil (2013). Environment and sustainable development in the Kingdom of Saudi Arabia: current status and future strategy. *Journal of Sustainable Development*, vol. 6, No. 12, pp. 14–30.

International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species*. www.iucnredlist.org.

Israel, Alvaro, and others (2020). The seaweed resources of Israel in the Eastern Mediterranean Sea. *Botanica Marina*, vol. 63, No. 1, pp. 85–95. https://doi.org/10.1515/bot-2019-0048.

Kathiresan, K., and others (2010). *Heritiera fomes. The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178815A7615342. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178815A7615342.en.

Kirwan, Matthew L., and J. Patrick Megonigal (2013). Tidal wetland stability in the face of human impacts and sea-level rise. *Nature*, vol. 504, pp. 53–60. https://doi.org/10.1038/nature12856.

Krause-Jensen, Dorte, and Carlos M. Duarte (2016). Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *Nature Geoscience*, vol. 9, No. 10, pp. 737–42. https://doi.org/10.1038/ngeo2790.

Kürten, Benjamin, and others (2014). Ecohydrographic constraints on biodiversity and distribution of phytoplankton and zooplankton in coral reefs of the Red Sea, Saudi Arabia. *Marine Ecology*, vol. 36, No. 4, pp. 1195–1214. https://doi.org/10.1111/maec.12224.

Li, Lei, and Xiaoping Huang (2012). Three tropical seagrasses as potential bio-indicators to trace metals in Xincun Bay, Hainan Island, South China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, vol. 30, No. 2, pp. 212–224. https://doi.org/10.1007/s00343-012-1092-0.

Little, Stefan A., and others (2004). Duabanga-like leaves from the Middle Eocene Princeton chert and comparative leaf histology of Lythraceae sensu lato. *American Journal of Botany*, vol. 91, No. 7, pp. 1126–1139.

Maiz-Tome, L., ed. (2016). *Spartina alterniflora. The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T13491 788A13491792. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T13491788A13491792.en.

Mancuso, F.P., and others (2018). Status of vulnerable *Cystoseira* populations along the Italian infralittoral fringe, and relationships with environmental and anthropogenic variables. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 129, No. 2, pp. 762–771. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.068.

Mansour, Abbas M., and others (2007). Sedimentological and environmental impacts of development projects along the coast of Hurghada, Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, vol. 33, No. 1, pp. 59–84.

Martin, Sophie, and Jason M. Hall-Spencer (2017). Effects of Ocean Warming and Acidification on Rhodolith/Maërl Beds. In *Rhodolith/Maërl Beds: A Global Perspective,* Rafael Riosmena-Rodríguez, Wendy Nelson, and Julio Aguirre, eds. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, pp. 55–85. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29315-8_3.

Matheson, K., and others (2016). Linking eelgrass decline and impacts on associated fish communities to European green crab *Carcinus maenas* invasion. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 548, pp. 31–45.

Millar, A.J.K. (2003). The world's first recorded extinction of a seaweed. In *Proceedings of the XVIIth International Seaweed Symposium.* Anthony Chapman and others. New York: Oxford University Press, pp. 313–318.

Miller, K.A., and others (2007a). *Acrosorium papenfussii. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63609A12696272. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63609A12696272.en.

_____(2007b). *Austrofolium equatorianum. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63610A12696491. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63610A12696491.en.

_____(2007c). *Bifurcaria galapagensis. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63593A12686056. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63593A12686056.en.

_____(2007d). *Desmarestia tropica. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63585A12684515. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63585A12684515.en.

_____(2007e). *Dictyota galapagensis. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63587A12684867. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63587A12684867.en.

_____(2007f). *Eisenia galapagensis. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63598A12686906. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63598A12686906.en.

_____(2007g). *Galaxaura barbata. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63651A12703033. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63651A12703033.en.

_____(2007h). *Gracilaria skottsbergii. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63646A12702413. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63646A12702413.en.

_____(2007i). *Laurencia oppositocladia. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63622A12699120. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63622A12699120.en.

_____(2007j). *Myriogramme kylinii. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63612A12696918. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63612A12696918.en.

_____(2007k). *Phycodrina elegans. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63614A12697346. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63614A12697346.en.

_____(2007l). *Pseudolaingia hancockii. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63615A12697574. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63615A12697574.en.

_____(2007m). *Sargassum setifolium. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63596A12686555. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63596A12686555.en.

_____(2007n). *Schizymenia ecuadoreana. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63653A12703293. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63653A12703293.en.

_____(2007o). *Spatoglossum schmittii. The IUCN Red List of Threatened Species 2007*, e.T63591A12685707. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63591A12685707.en.

Miloslavich, Patricia, and others (2011). Marine biodiversity in the Atlantic and Pacific coasts of South America: knowledge and gaps. *PLOS ONE*, vol. 6, No. 1, pp. 1–43. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014631.

Möller, Iris, and others (2014). Wave attenuation over coastal salt marshes under storm surge conditions. *Nature Geoscience*, vol. 7, No. 10, pp. 727–731. https://doi.org/10.1038/ngeo2251.

Mohorjy, Abdullah M., and Ahmed M. Khan (2006). Preliminary assessment of water quality along the Red Sea coast near Jeddah, Saudi Arabia. *Water International*, vol. 31, No. 1, pp. 109–115. https://doi.org/10.1080/02508060608691920.

Müller, Ruth, and others (2009). Impact of oceanic warming on the distribution of seaweeds in polar and cold-temperate waters. *Botanica Marina*, vol. 52, No. 6, pp. 617–638.

Mystikou, Alexandra, and others (2014). Seaweed biodiversity in the south-western Antarctic Peninsula: surveying macroalgal community composition in the Adelaide Island/Marguerite Bay region over a 35-year time span. *Polar Biology*, vol. 37, No. 11, pp. 1607–1619.

Nasr, Dirar, and others. (2019). Status of Red Sea dugongs. In *Oceanographic and Biological Aspects of the Red Sea*. Najeeb M. A. Rasul and Ian C. F. Stewart, eds. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, pp. 327–354. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99417-8_18.

Nawata, H. (2013). Relationship between humans and camels in arid tropical mangrove ecosystems on the Red Sea coast. *Global Environmental Research*, vol. 17, pp. 233–246.

Nguyen, V.X., and others (2014). Genetic species identification and population structure of *Halophila* (Hydrocharitaceae) from the Western Pacific to the Eastern Indian Ocean. *BMC Evolutionary Biology*, vol. 14, No. 1, pp. 92. https://doi.org/10.1186/1471-2148-14-92.

_____ (2015). New insights into DNA barcoding of seagrasses. *Systematics and Biodiversity*, vol. 13, No. 5, pp. 496–508.

Ocean Biodiversity Information System (OBIS) (2020). Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Available at https://obis.org (accessed on 10 April 2020).

Oliveira, M.C., and others (2020). Diversity of Antarctic seaweeds. In *Antarctic Seaweeds: Diversity, Adaptation and Ecosystem Services*. Iván Gómez and Pirjo Huovinen, eds. Springer, pp. 23–42. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39448-6_2.

Ono, Junya, and others (2016). *Bruguiera hainesii*, a critically endangered mangrove species, is a hybrid between *B. cylindrica* and *B. gymnorhiza* (Rhizophoraceae). *Conservation Genetics*, vol. 17, No. 5, pp. 1137–1144. https://doi.org/10.1007/s10592-016-0849-y.

Papenbrock, Jutta (2012). Highlights in seagrasses' phylogeny, physiology, and metabolism: what makes them special? *ISRN Botany*, vol. 2012, art. 103892. https://doi.org/10.5402/2012/103892.

Peña, V., and others (2014). The diversity of seaweeds on maerl in the NE Atlantic. *Marine Biodiversity*, vol. 44, No. 4, pp. 533–551. https://doi.org/10.1007/s12526-014-0214-7.

Peña-García, David, and others (2014). Input and dispersion of nutrients from the Jeddah Metropolitan Area, Red Sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 80, Nos. 1 and 2, pp. 41–51.

Pellizzari, F., and others (2017). Diversity and spatial distribution of seaweeds in the South Shetland Islands, Antarctica: an updated database for environmental monitoring under climate change scenarios. *Polar Biology*, vol. 40, No. 8, pp. 1671–1685.

Pellizzari F., and others (2020). Biogeography of Antarctic seaweeds facing climate changes. In *Antarctic Seaweeds: Diversity, Adaptation and Ecosystem Services*. Iván Gómez and Pirjo Huovinen, eds. Springer, pp. 83–102. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39448-6_5.

Pendleton, Linwood, and others (2012). Estimating global "blue carbon" emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLOS ONE*, vol. 7, No. 9, e43542. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542.

Pergent, G., and others (2014). Climate change and Mediterranean seagrass meadows: a synopsis for environmental managers, *Mediterranean Marine Science*, vol. 15, No. 2. http://dx.doi.org/10.12681/mms.621.

Piñeiro-Corbeira, Cristina, and others (2018). Seaweed assemblages under a climate change scenario: functional responses to temperature of eight intertidal seaweeds match recent abundance shifts. *Scientific Reports*, vol. 8,art. 12978. https://doi.org/10.1038/s41598-018-31357-x.

Ragavan, P., and others (2017). Natural hybridization in mangroves – an overview. *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol. 185, No. 2, pp. 208–224. https://doi.org/10.1093/botlinnean/box053.

Reed, Daniel, and others (2016). Extreme warming challenges sentinel status of kelp forests as indicators of climate change. *Nature Communications*, vol. 7, art. 13757. https://doi.org/10.1038/ncomms13757.

Riosmena-Rodríguez, Rafael (2017). Natural history of rhodolith/maërl beds: their role in near-shore biodiversity and management. In *Rhodolith/Maërl Beds: A Global Perspective*, Rafael Riosmena-Rodríguez, Wendy Nelson, and Julio Aguirre, eds. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, pp. 3–26.

Riosmena-Rodríguez, Rafael, and others, "Reefs that rock and roll: biology and conservation of rhodolith beds in the Gulf of California", in *The Gulf of California: biodiversity and conservation*, R. C. Bursca, ed. (Tucson, University of Arizona and Arizona-Sonora Desert Museum Press, 2010).

Salmo III, S.G., and others (2010). *Sonneratia ovata*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178814A7615033. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178814A7615033.en.

Scherner, F., and others (2013). Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 76, Nos .1 and 2, pp. 106–115.

Sghaier, Y.R., and others (2011). Occurrence of the seagrass *Halophila stipulacea* (Hydrocharitaceae) in the southern Mediterranean Sea. *Botanica Marina*, vol. 54, No. 6, pp. 575–582. https://doi.org/10.1515/BOT.2011.061.

Shawky, A.M. (2019). Evidence of the occurrence of a large dugong in the Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research,* vol. 45, No. 3, pp. 247–250.

Sheppard, Charles, and others (1992). *Marine Ecology of the Arabian Region: Pattern and Processes in Extreme Tropical Environments*. London: Academic Press. Sherman, Kenneth, and Gotthilf Hempel, eds. (2008). The UNEP large marine ecosystem report: a perspective on changing conditions in LMEs of the world's regional seas. UNEP Regional Seas Report and Studies, No. 182. Nairobi, United Nations Environment Programme.

Sinclair, Elizabeth A., and others (2018). Seeds in motion: genetic assignment and hydrodynamic models demonstrate concordant patterns of seagrass dispersal. *Molecular Ecology*, vol. 27, No. 24, pp. 5019–5034.

Short, F.T. (2010a). *Lepilaena australis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173353A6997857. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173353A6997857.en.

_____(2010b). *Lepilaena marina*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173359A6998923. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173359A6998923.en.

_____(2010c). *Halodule ciliata*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173334A6993582. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173334A6993582.en.

_____(2010d). *Halophila sulawesii*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173326A6991316. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173326A6991316.en.

Short, F.T., and M. Waycott (2010a). *Phyllospadix japonicus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T173341A6994909. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173341A6994909.en.

_____(2010b). *Zostera chilensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T173322A6990689. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173322A6990689.en.

_____(2010c). *Zostera geojeensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173345A6995781. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173345A6995781.en.

_____(2010d). *Zostera asiatica*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173339A6994461. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173339A6994461.en.

Short, F.T., and M. Waycott (2010e). *Zostera caulescens*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173335A6993689. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173335A6993689.en.

_____(2010f). *Phyllospadix iwatensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173344A6995596. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173344A6995596.en.

_____(2010g). *Zostera caespitosa*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173357A6998463. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173357A6998463.en.

Short, F.T., and others (2010a). *Posidonia australis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173333A6993340. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173333A6993340.en.

Short, F.T., and others (2010b). *Halophila engelmanni*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173337A6994043. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173337A6994043.en.

Short, F.T., and others (2010c). *Halophila nipponica*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173381A7004341. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173381A7004341.en.

Short, F.T., and others (2010d). *Posidonia sinuosa*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173349A6996688. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173349A6996688.en.

Short, F.T., and others (2010e). *Halophila baillonii. The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173382A7004500. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173382A7004500.en.

Short, F.T., and others (2010f). *Halophila beccarii. The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173342A6995080. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173342A6995080.en.

Short, F.T., and others (2010g). *Halophila hawaiiana. The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173338A6994270. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173338A6994270.en.

Short, F.T., and others (2010h). *Zostera capensis. The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173370A7001305. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173370A7001305.en.

Short, F.T., and others (2010i). *Halodule beaudettei. The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173329A6992218. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173329A6992218.en.

Short, F.T., and others (2010j). *Halodule emarginata. The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173347A6996342. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173347A6996342.en.

Short, F.T., and others (2010k). *Halophila euphlebia. The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173325A6991162. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173325A6991162.en.

Short, F.T., and others (2010l). *Ruppia filifolia. The IUCN Red List of Threatened Species 2010*. e.T173362A6999534. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T173362A6999534.en.

Short, F.T., and others (2011). Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation*, vol. 144, No. 7, pp. 1961–1971.

Sukardjo, S. (2010). *Heritiera globosa. The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T178807A7612712. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T178807A7612712.en.

Thibaut T., and others (2015). Decline and local extinction of Fucales in the French Riviera: the harbinger of future extinctions? *Mediterranean Marine Science*, vol. 16, No. 1, pp. 206–224.

Tuya, Fernando, and others (2017). Seagrass paleo-biogeography: fossil records reveal the presence of *Halodule* cf. in the Canary Islands (eastern Atlantic). *Aquatic Botany*, vol. 143, pp. 1–7. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2017.08.002.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

United Nations Environment Programme (2015). Regional Coordination Mechanism (RCM): issues brief for the Arab Sustainable Development Report. Marine Resources in the Arab Region.

Verlaque, Marc, and others (2019). Mediterranean seaweeds listed as threatened under the Barcelona Convention: a critical analysis. In *Scientific Reports of Port-Cros National Park*, , vol. 33, pp. 179–214.

Wahl, Martin, and others (2015). The responses of brown macroalgae to environmental change from local to global scales: direct versus ecologically mediated effects. *Perspectives in Phycology*, vol. 2, No. 1, pp. 11–29.

Walker, Diana I. (1987). Chapter 8: benthic algae. In *Red Sea*, Alasdair J. Edwards and Stephen M. Head, eds. Key Environment Series. Amsterdam: Pergamon. pp. 152–168. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-028873-4.50013-X.

Ward, R.D., and others (2016). Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosystem Health and Sustainability*, vol. 2, No. 4. e01211. https://doi.org/10.1002/ehs2.1211.

Wernberg, T., and others (2019). Chapter 3: status and trends for the world's kelp forests. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, 2nd ed., pp. 57–78. London: Academic Press. Wiencke, Christian, and others (2014). Macroalgae. In *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean.* Claude de Broyer and others, eds. Cambridge, United Kingdom: Scientific Committee on Antarctic Research, pp. 66–73.

Wiencke C., and Clayton M.N. (2002). Antarctic Seaweeds. In *Synopses of the Antarctic Benthos*, vol. 9. Johann-Wolfgang Wägele, ed. Rugell, Liechtenstein.

World Conservation Monitoring Centre, World Conservation Monitoring Centre (1998). *Sonneratia hainanensis. The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T32472A9709212. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32472A9709212.en.

Yuan F., and others (2019) Reproductive physiology of halophytes: current standing. *Frontiers in Plant Science*, vol. 9, art. 1954. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01954.

الفصل 7
الاتجاهات السائدة في حالة التنوع البيولوجي في الموائل البحرية

عضوة رئيسية عن الفصل: هيلكونيدا كالومبونغ.

مقدمة

يتكون هذا الفصل من 17 فصلا فرعيا تفصّل حالة الموائل الساحلية والبحرية، من الساحل إلى أعمق السهول السحيقة. وترد فيه معلومات عن التغير الحاصل منذ صدور التقييم العالمي الأول للمحيطات في حالة كل من غابات المانغروف، ومستنقعات المياه المالحة، ومصاب الأنهار والدلتات، ومروج الأعشاب البحرية، ومرجان المياه الباردة، والشعاب المرجانية المدارية وشبه المدارية، وبحر سارغاسو، وجليد خطوط العرض العليا، والمنافث الحرارية المائية وفتحات النز البارد، والموائل البحرية مثل الجبال البحرية والأخاديد المغمورة والخنادق. وقد جرى التوسّع في الفصل الفرعي المتعلق بالأخاديد المغمورة ليشمل المنحدرات القارية، كما يشمل الفصلُ الفرعي الخاص بالجبال البحرية القممَ الصخرية ويشمل الفصلُ الفرعي الذي يتناول الخنادق كلا من الأحياد والهضاب. وغابات طحالب الكيلب التي أُدمجت مع الأعشاب البحرية في التقييم العالمي الأول أصبحت الآن ترِد في فصل فرعي يتناول النباتات البحرية والطحالب الكبيرة. ويتضمن هذا الفصل أيضا تقييمات جديدة عن حالة الركائز الرملية والموحلة، والمناطق المدِيّة، والجزر المرجانية والبحيرات الشاطئية الجزرية، والسهول السحيقة، والمحيط المفتوح.

وحيثما توافر خط أساس لحالة الموئل في التقييم العالمي الأول، استُخدم هذا كأساس للنظر في التغير الحاصل على مدى العقد الماضي. وتم تحديد التهديدات الرئيسية للموائل، ونوقشت تأثيراتها على التغيرات التي لوحظت. وسُلط الضوء على تغيرات إقليمية بعينها، متى لوحظ حدوثها، وقدم عرضٌ للتوقعات المتصلة بالموائل على المدى القريب إلى المتوسط.

الفصل 7 ألف

المنطقة المدِيّة

المساهمون: جوليا سيغوارت (منظِّمة الاجتماعات)، وهيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، ورونالدو أدريانو كريستوفوليتي، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، وجوديث غوبين، وباتريشيا ميلوسلافيتش.

النقاط الرئيسية

- تضم المنطقة المدِيّة العديد من الموائل المختلفة على سواحل العالم.
- تعيش نسبة كبيرة من البشر على مقربة من المنطقة المدِيّة.
- تؤثر الأنشطة البشرية على المنطقة المدِيّة مباشرةً من خلال التعديلات التي تصيب السواحل، وبصورة غير مباشرة من خلال تغير المناخ.
- على الرغم من علاقاتنا الوثيقة مع الموائل في المنطقة المدِيّة، لا تزال هناك ثغرات معرفية رئيسية وثمة حاجة في البلدان النامية إلى وضع بنى تحتية في مجال التصنيف الأحيائي للاتفاق على بيانات خط الأساس.

1 - مقدمة

تقع المنطقة المدِيّة في طليعة التأثير البشري على المحيطات - حيث تلتقي البحار باليابسة. وتشمل المنطقة المدِيّة في جميع أنحاء العالم الموائل المتنوعة التي توجد على الشاطئ، وتشترك تلك البيئات في صفات خاصة من حيث أنها ليست مغمورة بالمياه على الدوام، إذ يتراجع الماء عنها بانتظام بسبب انحسار المد. فالتداخل بين العوامل البرية والبحرية يخلق طيفاً من التأثيرات المتزايدة للمياه المالحة، تحتل فيه الأنواع والموائل نقاطا مختلفة على طول خط التدرج. ويمكن رؤية ذلك بوضوح في النطاقات أو المناطق المنضَّدة فوق بعضها على الشواطئ الصخرية في المنطقة المدِيّة (الشكل الأول)، أو في تعاقب المعالم الجغرافية من الكثبان الرملية إلى مستنقعات المياه المالحة إلى مسطحات المد والجزر (الشكل الثاني). وتشمل المنطقة المدِيّة أيضا الشواطئ الرملية وأشجار المانغروف والركام المرجاني والشعاب البحرية الضحلة (الشكلان الثالث والرابع)، وتوفر المناطق المدِية الموائل الرئيسية للمجموعة الحيوانية العيانية التي تعتبر ذات أهمية خاصة، مثل الزواحف البحرية (انظر الفصل 6 دال). وتتميز الأنواع التي تسكن المناطق المدية بتكيفات خاصة تمكّنها من تحمل عمليات الانتقال الدورية بين الهواء والماء. والمنطقة المدِيّة هي الجزء الأقرب إلى اليابسة، ومن ثم فهي ذات أهمية خاصة بالنسبة لكسب العيش ومصائد الأسماك الصغيرة النطاق وجمع المصيد. وبسبب تيسّر إمكانية الوصول إلى هذه الأماكن، فإن المنطقة المدية هي المجال البحري الأكثر ارتباطا بالأنشطة والتفاعلات البشرية.

الشكل الأول

منطقة مدِيّة مكشوفة على منكشف صخري تُظهر نطاقات أفقية مكونة من بلح البحر (النطاق الأسود، الأقرب إلى الرمل) والبرنقيل والأُشنة

المصدر: الصورة من ج. سيغوارت.
ملاحظة: يوكلوليت، مقاطعة كولومبيا البريطانية، كندا.

الشكل الثاني

منطقة مدِّية مكشوفة تتكون من سهول طينية تجاورها إنشاءات ريفية وحاجز صخري

المصدر: الصورة من ج. سيغوارت.
ملاحظة: نيوتوناردز، أيرلندا الشمالية، المملكة المتحدة.

الشكل الثالث

منطقة مدِّية تغطيها نباتات من أشجار المانغروف المتاخمة لركائز صخرية

المصدر: الصورة من ج. سيغوارت.
ملاحظة: فوكيت، تايلند.

الشكل الرابع

مرجان حي في المنطقة المدية، يظهر تحت سطح الماء، في منطقة ضحلة من الشعاب المرجانية والركام المرجاني التي قلّما ينحسر عنها الماء في حالات المد والجزر الطبيعية القصوى

المصدر: الصورة من ج. سيغوارت.
ملاحظة: بورت ديكسون، ماليزيا.

وخلال الفترة التي انقضت منذ صدور التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017)، كانت أهم التغيرات التي طرأت على الموائل في المنطقة المدِّية هي تلك الناجمة عن تغير المناخ والتبدلات التي طرأت على السواحل بفعل العامل البشري. وبحسب التقييم العالمي الثاني للمحيطات، فإن "المنطقة المدية" أو "المنطقة الساحلية" ليست موئلا واحدا، بل هي تشمل جوانب من العديد من الموائل الأخرى التي يغطيها الفصلان 6 و 7 (انظر الجدول أدناه)، بما في ذلك الشواطئ الرملية والصخور وجليد خطوط العرض العليا وأشجار المانغروف والركام المرجاني والشعاب البحرية الضحلة. وبالمثل، فمن المهم إيضاح أن الموائل والمجتمعات الأحيائية في المنطقة الساحلية مرتبطةٌ بالقاع بصورة أساسية،

ولكن القاعيات فئة من فئات قاع البحر ذات نطاق أوسع تمتد من المنطقة المدِيّة إلى أعماق البحار.

ويختلف عمل المد والجزر اختلافا كبيرا بين مناطق العالم، وتؤثر هذه الديناميات على النباتات والحيوانات، وعلى الأنشطة البشرية في المحيطات. وفي العديد من الكتل المائية المغلقة، مثل البحر الأبيض المتوسط، يكون دفق المد والجزر شبه معدوم. والمناطق التي يكون فيها دفق المد والجزر شديد الارتفاع هي مواقع مستهدفة لاستغلال طاقة المد والجزر، كما هو الحال في سترانغفورد لاك في أيرلندا الشمالية في المملكة المتحدة، وبحيرة سيهوا في جمهورية كوريا (Leary and Esteban, 2009). وكثيرا ما تكون المناطق التي تنخفض فيها تيارات المد والجزر، بما فيها مصاب الأنهار المحمية، مواقع لإنشاء الموانئ التي ترتبط بالمدن الرئيسية في العالم ومراكز النقل البحري العالمية. ويتزايد استخدام الركائز الاصطناعية والهياكل البحرية المبنية مع تطوير المناطق الساحلية في جميع أنحاء العالم. وتوجد الركائز الاصطناعية على جميع السواحل، وتشمل بصورة عامة الأراضي المستصلحة والجزر المبنية، والبنى التحتية البحرية، والموائل التي أنشأها الإنسان مثل الشعاب البحرية الاصطناعية.

جدول مصادر المعلومات عن الموائل التي توجد بها معالم ذات صلة بالمنطقة المدِيّة

نوع الموئل	المعالم ذات الصلة بالمنطقة المدية	التغيرات والأخطار الرئيسية	المصدر
الركائز الرملية والطينية (القاع الناعم)	الشواطئ الرملية والسهول الطينية	استخراج الرمل لبناء الجزر الاصطناعية؛ والتحات وإعادة توزيع الرواسب نتيجة زيادة حركة الأمواج	الفصل 7 باء
الركائز الصخرية والشعاب البحرية	الشواطئ الصخرية	زيادة النطاق الحراري وتأثيرات الأمواج بسبب العواصف، والأنواع المُغيرة، التي تقلل جميعها من التنوع البيولوجي المحلي	الفصل 7 باء
البحيرات الشاطئية المرجانية والبحيرات الشاطئية الجزرية	الشعاب الهدابية الضحلة، والركام المرجاني	ارتفاع مستويات سطح البحر، واحترار المحيطات، وازدياد ارتفاع الأمواج، والتحات الساحلي	الفصل 7 جيم
الشعاب المرجانية المدارية وشبه المدارية	الركام المرجاني والمرجان الصلب والرخو في المنطقة المدية	ابيضاض المرجان والاستجابات الفسيولوجية لاحترار المحيطات؛ والتحات الساحلي والجريان السطحي للمغذيات	الفصل 7 دال
مصاب الأنهار والدلتات	مصاب الأنهار الخاضعة لتأثير المد والجزر	ارتفاع مستويات سطح البحر، والملوثات الأرضية، والجريان السطحي	الفصل 7 واو
غابات طحالب الكِيلب والقيعان الطحلبية	الطحالب في المنطقة المدية	زيادة النطاق الحراري وتأثيرات الأمواج بسبب العواصف، والأنواع المغيرة، التي تقلل جميعها من التنوع البيولوجي المحلي	الفصل 6 زاي
مروج الأعشاب البحرية	الأعشاب البحرية في المنطقة المدية	الاضطراب المادي الناجم عن رسو السفن أو أنشطة التنمية؛ وارتفاع درجة حرارة البحر	الفصل 7 زاي
أشجار المانغروف	أشجار المانغروف الساحلية	قطع الأشجار وإزالتها	الفصل 7 حاء
مستنقعات المياه المالحة	المستنقعات المتأثرة بحركة المد والجزر	ارتفاع مستويات سطح البحر، والملوثات الأرضية، والجريان السطحي	الفصل 7 طاء
جليد خطوط العرض العليا	البيئات الساحلية القطبية	يزيد فقدان الغطاء الجليدي الشتوي المتصل بتغير المناخ من الاضطراب الناجم عن تقلبات درجات الحرارة، والأثر المادي لتكسر الجليد البحري وانجراف جبال الجليد؛ وفقدان الجليد يفتح أيضا مسارات للأنواع لغزو مناطق جديدة	الفصل 7 كاف
الركائز الاصطناعية والبيئة المبنية		الأنواع المغيرة والملوثات	هذا الفصل

2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020

البيئات البحرية الساحلية والمجاورة للساحل هي الموائل البحرية الأكثر تأثرا بتغير المناخ (Hoegh-Guldberg and Bruno, 2010). ويجري حصاد العديد من الأنواع التي تعيش في المنطقة المدِّية أو تربيتها في جميع أنحاء العالم، ويعتمد ذلك على إمكانية الوصول إلى الموائل الساحلية وحالة تلك الموائل في سياق توزع الأنواع، والاضطرابات المادية، وأنشطة التنمية، وحركة المرور، والتلوث. وأسوأ ما تكون آثار تدهور بيئات المناطق المدِّية في حالة البلدان الجزرية والساحلية، حيث تمثل المنطقة المدِية نسبة أكبر من مساحتها الإقليمية، ولكن جميع الدول تتأثر، بشكل مباشر أو غير مباشر (Curran and others, 2002). وأدت أعمال تطوير السواحل إلى إزالة المناطق المدية المكسوة بالنباتات، بما فيها مستنقعات المياه المالحة وأشجار المانغروف، أو تدهورها بشدة، حيث أزيل أكثر من 50 في المائة من الأراضي الرطبة وأشجار المانغروف خلال القرن الماضي (Burke and others, 2000). وتتأثر البيئات الساحلية أيضا بجريان التلوث من المصادر الأرضية. ويمكن أن تؤدي الآثار مجتمعة إلى إحداث تغيير في موارد المياه العذبة والموارد البحرية. وتستمر الأنشطة البشرية في تعديل الشكل المادي للسواحل بصورة مباشرة وغير مباشرة من خلال التشييد الذي يغيّر الشواطئ أو ينشئها وما يترتب على ذلك من تعديلات على الديناميات المائية ونقل الرواسب، وكلها عوامل تغير ظروف الموائل.

ويتمثل التأثير العام للتغيرات في البيئات الساحلية في الحد من الموائل المدِّية المتاحة وتخفيض نوعية الموائل المتبقية. وعادة ما تكون الكائنات الحية والنظم الإيكولوجية في المناطق المدية عند أقصى درجات التحمّل لأحد عوامل الإجهاد وقد يكون لها ردود فعل غير متوقعة إزاء الإجهاد الإضافي الناجم عن التغير البيئي، مما يعني أن الاستجابات المحلية لا يمكن التنبؤ بها في كثير من الأحيان (Hewitt and others, 2016). ويحد ذلك من توزع واستدامة الأنواع التي يتم صيدها. وتشمل آثار تغير المناخ تغير درجة الحرارة، ولكنها تتضمن أيضا ارتفاع مستوى سطح البحر وتغيرات ارتفاع الأمواج وتزايد ظواهر العواصف. ويحد ارتفاع مستوى سطح البحر من توافر الموائل المدية حيث تواجه البيئة الطبيعية جهود التخفيف من آثار تغير المناخ من قبيل إنشاء جدران بحرية ودفاعات ساحلية. ويؤدي هذا إلى نوع من "الضغط الساحلي" تنتقل فيه التأثيرات البحرية، عندما يرتفع مستوى سطح البحر، نحو الداخل إلى أماكن تشغلها بالفعل الأنشطة البشرية (Pontee, 2013).

ويشمل تغيير السواحل بفعل عوامل بشرية التوسّع الحضري وأنشطة التنمية، وإنشاء البنى التحتية الحضرية والبحرية، وإقامة الأنشطة الترفيهية. وتشمل البنى التحتية المادية الجسور والطرق والجدران البحرية والسدود وبوابات الفيضانات، والبنى التحتية المتصلة بالطاقة مثل محولات طاقة الرياح والمد والجزر. وتنشئ مثل هذه البنى ركائزَ، وهي قاع صلب محتمل التشكّل يشبه الشعاب البحرية، ويمكن أن تعيش فيه الأنواع المدِّية الصخرية. ولئن كان هذا الأمر يمكن أن يسبّب زيادة في تنوع الأنواع على النطاق المحلي، فإن الأثر الإجمالي مع ذلك هو فقدان الموائل. وفي السنوات الأخيرة، تسارعت وتيرة تغيير السواحل بفعل عوامل بشرية تسارعا كبيرا، ونُفّذت مشاريع كبرى لبناء جزر اصطناعية وهياكل شبه جزرية لزيادة المساكن الساحلية. وتؤثر تلك المشاريع على المجتمعات الأحيائية في المنطقة المدية بطرق غير معروفة حتى الآن، حيث إن المواد التي تُجلب من خارج المنطقة المحلية، وهي الصخور والرمل، ستُدخِل مواد بيولوجية غريبة إضافية. وبناء جزر جديدة يخنق الموئل الذي كان يشغل المكانَ ذاته في السابق، ويغير ظروفَ الديناميات المائية المحلية والترسبات التي ستخنق كذلك الموائل المجاورة. ثم إن البنى الجديدة تسكنها مجموعاتٌ بشرية عالية الكثافة تسبب آثارا بيئية إضافية.

3 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية

يؤثر المحيط، ولا سيما المناطق الساحلية، على جميع أهداف التنمية المستدامة. وتوفر الموائل المدية الأمثلة الأكثر شيوعا على المواد والخدمات التي تقدمها النظم الإيكولوجية البحرية، وللموائل الساحلية قيمةٌ بالنسبة للتنوع البيولوجي والخدمات التي تقدمها للبشرية. وهناك أيضا عنصر جنساني قوي في استغلال الموارد البحرية، ولكن بعض منظمات النساء العاملات في صيد الأسماك أنشئت في أوروبا ابتداء من تسعينيات القرن الماضي (Frangoudes and others, 2014).

وقد لا تكون الأنواع الملائمة لأحد السياقات المحلية أكثر الأمثلة كفاءةً على خدمة معينة، ولكن الأهم من ذلك كونها تسهم في التنوع البيولوجي الإقليمي. فعلى سبيل المثال، يوفر بلح البحر والمحار خدمة تنقية المياه كما يوفران الغذاء، ولكن هناك أكثر من 300 نوع في تلك الطوائف التصنيفية لذوات الصدفتين (World Register of Marine Species (WoRMS) Editorial Board, 2017)، يشغل العديد منها مكامن بيئية منفصلة أو يؤدي وظائف مختلفة في النظام الإيكولوجي. وتجري تربية العديد من هذه الأنواع واستهلاكها على نطاق واسع. وليس من المستدام على المدى الطويل اختيار نوع واحد لتربية الأحياء المائية على نطاق واسع على جميع السواحل العالمية. وتدعم الأنواع الإضافية في موائلها الأصلية المحلية التنوع البيولوجي وتنويع الموارد البشرية.

وينجم عن العواقب الحالية لتغييرات السواحل بفعل عوامل بشرية آثار إيجابية وسلبية على التنوع البيولوجي في المنطقة المدِّية. وتختلف الآثار النسبية لمختلف الضغوط البشرية المنشأ المذكورة في الفرع 2 بين الاقتصادات المتقدمة النمو والنامية. والحواجز الصخرية، أو الدِكك الحجرية، هي هياكل صلبة تبنى للسيطرة على تحات السواحل. وتشمل المواد هياكل مصممة لدعم حيز الموئل للكائنات الحية المدية يمكن أن يكون لها أثر مهم في التخفيف على النطاق المحلي من فقدان الموائل وتحسين إيصال فوائد إضافية للبشر (Chapman and Underwood, 2011). وتسمى الهياكل المصممة لزيادة مساحة الموائل أحيانا "الجدران البحرية الحية"، ويمكن أن تقلل من بعض آثار تصلُب السواحل. ويبدو كذلك أن الركائز الاصطناعية توفر ظروفا مؤاتية للأنواع البحرية غير المتوطنة والمغيرة التي تتفوق في المنافسة على الحيوانات المتوطنة في الركائز الصخرية (Tyrrell and Byers, 2007). ويمكن أن تحد نُهج الهندسة الإيكولوجية هذه من فقدان الموائل المعزو إلى التوسع الساحلي العشوائي، إن لم تنجح في التخفيف من آثاره. وثمة شكل آخر من أشكال التغيير الساحلي هو إعمار الأرض (الأرض "المستصلحة") الذي، وإن كان مفيدا للبشر في الأجل القصير، يقلل من قدرة النظم الطبيعية على تقديم فوائد أخرى، بما في ذلك الدفاعات الطبيعية ضد الأمواج والعواصف. والمجتمعات الأحيائية الساحلية معرضةٌ للخطر من جراء التغيرات في السلامة المادية والحصول على الغذاء، وما يترتب على ذلك من آثار على مسائل بالغة الأهمية تتصل بأهداف التنمية المستدامة مثل الفقر والتعليم وتوافر الغذاء.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

تتواجد أنواع محددة من الموائل بصورة أكبر في بعض المناطق، تبعا لمورفولوجيا السواحل المحلية. فعلى سبيل المثال، تتمتع الموائل المدية الصخرية بتنوع بيولوجي عالٍ جدا في خطوط العرض المعتدلة في شمال المحيط الأطلسي وشمال المحيط الهادئ، في حين يعتبر ساحل البرازيل في جنوب المحيط الأطلسي مركزا للطحالب الكبيرة (Miloslavich and others, 2016). وأشجار المانغروف وأنواع المرجان (التي تمتد إلى القاع في المنطقة

دون المدِّية) هي موائل تميز السواحل المدارية وشبه المدارية التي يكون ارتفاع مستوى سطح البحر فيها أكبر الأخطار.

ونحن نعرف عن الموائل المدِيّة أكثر مما نعرف عن الموائل دون المدِيّة في كل مكان في العالم تقريبا - باستثناء الحالات التي تكون فيها السواحل غير مؤاتية أو تنطوي على مخاطر كبيرة (مثل المناطق التي تهيمن عليها تماسيح المياه المالحة) وفي خطوط العرض العليا حيث الكثافة السكانية البشرية ضئيلة أو معدومة. وهناك مناطق في القطب الجنوبي والقطب الشمالي لا تزال غير مختبَرة على الإطلاق من حيث النباتات والحيوانات الساحلية. وتحتوي مناطق مدارية، ولا سيما في جنوب شرق آسيا، على أعداد غير متناسبة من الأنواع الجديدة التي لم توصف، ولكن يجري الاعتراف بها بشكل متزايد، لا سيما من خلال التحليل الجيني الجزيئي. والأنواعُ التي تتعرض للضغط في المناطق التي نالت حظاً أقل من الدراسة أكثرُ عرضة لخطر الانقراض المحتمل، إذ لا يمكن تقييم تدابير الحفظ الملائمة.

وتختلف الموائل الاصطناعية أيضا في توزعها وفقا للظروف المحلية. فالجزر المبنية هي معالم موجودة بشكل رئيسي في البحار الضحلة المحمية في الخليج العربي وجنوب شرق آسيا. وتوجد الحواجز الصخرية في جميع أنحاء العالم، ولكن إسهامها في مساحة الموائل حظي بأكبر قدر من الدراسة في أستراليا وأمريكا الشمالية وأوروبا. وتوجد محولات الطاقة مثل عنفات الرياح البحرية خاصة في أوروبا وبشكل متزايد في أمريكا الشمالية (انظر الفصل 21). وهناك طلب متزايد على تنمية السواحل، سواء من أجل الإسكان أو التنمية الحضرية، وكذلك حتى على الموارد الساحلية مثل تربية الأحياء المائية ومحولات الطاقة، مع ما يستتبعه ذلك من آثار ضارة متزايدة على الموائل ذات الغطاء النباتي. وفي المناطق التي شهدت توسعا حضريا ساحليا مكثفا، مثل أستراليا والشرق الأوسط وآسيا وأوروبا والولايات المتحدة، أُدخلت تعديلات على أكثر من نصف الشواطئ المتاحة في بعض المناطق من خلال أعمال الهندسة والهياكل الساحلية المبنية (Dafforn and others, 2015). ويزيد تغير المناخ من تحات السواحل، مما يدفع إلى بناء المزيد من الدفاعات الهندسية الصلبة مثل الجدران البحرية، ويسرع من وتيرة تعديل السواحل (Asif and Muneer, 2007).

5 - آفاق المستقبل

تبدو التوقعات المتعلقة بقاعدة المعارف المتصلة بالموائل المديّة جيدةً من جوانب عديدة، وتركز البحوث البحرية بشكل طبيعي على المناطق المدية والمناطق الساحلية نظرا لتيسّر الوصول إليها في معظم المناطق وأهميتها للأنشطة البشرية. وقد أُدرجت المناطق المدِيّة ضمن بعض المناطق البحرية المحمية.

ويمكن أن تكون العواقب الاجتماعية والاقتصادية الناجمة عن استمرار التغير في الموائل المدية وخيمة. وفي البلدان التي تكون فيها مسطّحات المد والجزر الكبيرة كاملةَ التشكل ويعتمد السكان المحليون اعتمادا كبيرا على خدمات النظم الإيكولوجية البحرية، كما هو الحال في العديد من المناطق الساحلية الآسيوية، سيكون لانحسار الحيز المدّي من خلال الضغط الساحلي آثار شديدة تحدّ من المساحة ومن الإمداد بالموارد. وسيعصِف تدهور السواحل المادي بفعل تغير المناخ بالاقتصادات المحلية. وللتدهور الأحيائي الناجم عن تغيّر الديناميات المائية ودخول الأنواع المغيرة والاستغلال المفرط آثارٌ كبيرة ومعقدة. فإزالة أشجار المانغروف والشعاب البحرية الحيوية تلغي الدفاعات الساحلية الطبيعية التي تحمي المستوطنات البشرية. وتقلل الأنواع المغيرة من التنوع البيولوجي المحلي. والإفراط في صيد الأسماك أو الاعتماد المفرط على تربية أنواع وحيدة من الأحياء المائية، تُربى بصورة رئيسية في المناطق المدية، يخفض

من نوعية التغذية ويعرض الرخاء البشري للخطر. وتوجد في المناطق الساحلية وحدات رئيسية من البنى التحتية العامة مثل مرافق الطاقة ومعالجة مياه الصرف ومرافق النقل (كالمطارات) التي تتعرض أيضا لخطر ارتفاع مستوى سطح البحر. وتكتسي حماية المناطق الساحلية المحلية الطبيعية والتنوع البيولوجي في المناطق المدِيّة أهمية بالغة من أجل الاستدامة البشرية.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

تتطلب عدة مواضيع اهتماما بالغا لضمان استدامة الموائل المدية. ولا يتم في كثير من الأحيان التعرف على التحولات البنيوية البطيئة والتراكمية إلا بعد أن يصبح التغيير كارثيا. وتحدد تقييماتُ البيئات المتضررة أهدافَ الحفظ، مما يعني أن البيئة لن تعود أبدا إلى حالة قوية ومستدامة حقا (Plumeridge and Roberts, 2017). وحتى في البحار الأوروبية، التي شهدت ربما أطول فترة متواصلة من عمليات المراقبة المسجلة، فإن بيانات "خط الأساس" المسجلة قبل الحقبة الصناعية تأثرت بالفعل بالآثار البشرية، والمشكلة أسوأ بكثير في النظم التي لم تُدرس بالقدر الكافي وفي العديد من البلدان النامية.

وثمة حاجة إلى إجراء دراسات إضافية بشأن البارامترات الفيزيائية والتغيرات الساحلية المرتبطة بالآثار البشرية المنشأ وارتفاع مستوى سطح البحر حتى يتسنى وضع نماذج تنبؤية للآثار المتعلقة بالديناميات المائية ونماذج صغيرة على نطاق محلي باستخدام نظم مماثلة، يمكن من خلالها الاعتماد على النمط السلوكي لنظام مادي مدروس جيدا من أجل التنبؤ بالآثار في مكان آخر. وقد سلط التقييم العالمي الأول للمحيطات الضوء على الحاجة إلى مزيد من المعلومات عن تعاقب أنواع الموائل ونطاقات الأنواع مع حدوث تغيرات في السواحل، ولكن ذلك المجال لا يزال يشكل ثغرةً معرفية رئيسية. وأخيرا، تنشأ كلُّ هذه المسائل من الحاجةِ الملحة إلى إجراء دراسات أكثر تفصيلا للتنوع البيولوجي في المناطق التي لم تُدرس بالقدر الكافي، ولا سيما في المناطق التي يلاحظ فيها وجود ثغرات معرفية كبيرة وتكون البنى التحتية العلمية فيها أقل تطورا، ولكن يوجد بها تنوع شديد في الأنواع (Lira-Noriega and Soberón, 2015). وثمة أنواع كثيرة لم يقدم لها العلم حتى الآن تسميةً ولم يصفها، حتى في المناطق المدية المدروسة جيدا. وبدون تحديد الأنواع، لا يمكن قياس التنوع البيولوجي للموائل أو رصده بدقة.

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

يحد "الضغط الساحلي" من البيئات المدِّية، مع ارتفاع مستوى سطح البحر على جانب وأنشطة التوسع الحضري البشرية على الجانب الآخر. وينبغي أن تشمل أنشطةُ التطوير التي يقوم بها الإنسان التخطيطَ المستقبلي لتوفير حيز للموائل الساحلية والمدّية للاحتماء بها من ظواهر العواصف واضطرابات المناخ التي يزداد تواترها، بغية الحفاظ على هذه الحواجز الواقية الهامة.

والبلدان التي تتسم بأقصى درجات التنوع من حيث المجالات الهامة للتنوع البيولوجي وثراء الأنواع هي في معظمها اقتصادات نامية (Lira-Noriega and Soberón, 2015). وهناك حاجة ملحة إلى دعم الدراسات وعمليات الرصد المتصلة بخط الأساس لكي ننشئ في البلدان النامية النوع نفسه من مجموعات البيانات الطويلة الأجل المتاحة في البلدان المتقدمة النمو ولا سيما في أوروبا وأمريكا الشمالية، ونحقق استدامته. وفي البلدان المتقدمة النمو، يمكن أن تكون النُهج القائمة

على العلم التشاركي أدوات فعالة لتوسيع نطاق الرصد؛ ومع مواصلة تنمية القدرات في مجال التصنيف الأحيائي، يمكن تطبيق ذلك النهج على نطاق أوسع.

وهناك حاجة ملحة أيضا إلى وضع بنى تحتية في مجال التصنيف الأحيائي تدعم التكنولوجيات الناشئة من قبيل الحمض النووي البيئي (eDNA)، من خلال جمع العينات وفهارس الشفرة الشريطية، وإلى تطوير القدرات البشرية من خلال التدريب ونقل التكنولوجيا وإتاحة الوصول إلى أحدث الموارد العلمية والبيانات والمؤلفات العلمية في بلد المنشأ. فلا يمكن استخدام التكنولوجيات الناشئة، مثل الوسم بالشفرة الشريطية استناداً إلى الحمض النووي البيئي، حيثما لا توجد بنى تحتية في مجال التصنيف الأحيائي. ولا يمكن للشفرة الشريطية التعرف إلا على ما هو موجود بالفعل في قاعدة البيانات. ويجب كذلك أن تشمل البنى التحتية في مجال التصنيف المهارات المتخصصة والأدبيات إضافة إلى الموارد اللازمة لدعم العلوم الأساسية. فهذه الأمور ضرورية للتمكين من إجراء عمليات فعالة لتقييم الأثر البيئي، لا سيما في البلدان النامية. وعلاوة على ذلك، فإن هذه الأنواع من العلوم الأساسية تدعم القدرة على مواصلة تنمية القدرات على إجراء تقييمات لقابلية التضرر بتغير المناخ فيما يتعلق بالأنواع والموائل البحرية الرئيسية.

وعلى الرغم من أن المنطقة المدّية تشمل الموائل الأقرب إلى اليابسة (والأكثر قابلية للتضرر)، فإن نسبةً عالية من الأنواع اللافقارية والطحالب غير الموصوفة تعيش في النظم الإيكولوجية البحرية المدارية الضحلة. والافتقار إلى القدرة التصنيفية لتحديد الأنواع المحلية يطمس احتمال فقدانها وزحفَ الأنواع ذات النطاقات المتغيرة ومؤشراتِ الاضطراب، ويجعل من الصعب التعرف بشكل صحيح على الأنواع المغيرة واتخاذ التدابير المناسبة لحماية الموارد المحلية (Sigwart, 2018). وتدعم البنى التحتية العلمية النمو الاقتصادي في المراحل النهائية وحماية الموارد البيئية.

المراجع

Asif, M., and T. Muneer (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 11, No. 7, pp. 1388–1413. https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.12.004.

Burke, Lauretta, and others (2000). *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems*. Washington, D.C.: World Resources Institute. www.wri.org/publication/pilot-analysis-global-ecosystems-coastal-ecosystems.

Chapman, M.G., and A.J. Underwood (2011). Evaluation of ecological engineering of "armoured" shorelines to improve their value as habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 400, Nos. 1–2, pp. 302–313. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.02.025.

Curran, Sara, and others (2002). Interactions between Coastal and Marine Ecosystems and Human Population Systems: Perspectives on How Consumption Mediates this Interaction. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 31, No. 4, pp. 264–268. https://doi.org/10.1579/0044-7447-31.4.264.

Dafforn, Katherine A., and others (2015). Marine urbanization: an ecological framework for designing multifunctional artificial structures. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 13, No. 2, pp. 82–90. https://doi.org/10.1890/140050.

Frangoudes, Katia, and others (2014). Women's organisations in fisheries and aquaculture in Europe: History and future prospects. *MARE Publication Series*, vol. 9, pp. 215–231. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7911-2_12

Hewitt, Judi E., and others (2016). Multiple stressors, nonlinear effects and the implications of climate change impacts on marine coastal ecosystems. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 8, pp. 2665–75. https://doi.org/10.1111/gcb.13176.

Hoegh-Guldberg, Ove, and John F. Bruno (2010). The Impact of Climate Change on the World's Marine Ecosystems. *Science*, vol. 328, No. 5985, pp. 1523–1528. https://doi.org/10.1126/science.1189930.

Leary, David, and Miguel Esteban (2009). Renewable energy from the ocean and tides: a viable renewable energy resource in search of a suitable regulatory framework. *Carbon & Climate Law Review*, No. 4, pp. 417–25.

Lira-Noriega, Andrés, and Jorge Soberón (2015). The relationship among biodiversity, governance, wealth, and scientific capacity at a country level: Disaggregation and prioritization. *Ambio*, vol. 44, No. 5, pp. 391–400.

Miloslavich, Patricia, and others (2016). Chapter 3: Benthic Assemblages in South American Intertidal Rocky Shores: Biodiversity, Services, and Threats. In *Marine Benthos: Biology, Ecosystem Functions and Environmental Impact*, ed. Rafael Riosmena-Rodríguez. Nova Science Publisher.

Plumeridge, Annabel A., and Callum M. Roberts (2017). Conservation targets in marine protected area management suffer from shifting baseline syndrome: A case study on the Dogger Bank. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 116, Nos. 1–2, pp. 395–404.

Pontee, Nigel (2013). Defining coastal squeeze: A discussion. *Ocean & Coastal Management*, vol. 84, pp. 204–7. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.07.010.

Sigwart, Julia D. (2018). *What Species Mean: A User's Guide to the Units of Biodiversity*. CRC Press.

Tyrrell, Megan C., and James E. Byers (2007). Do artificial substrates favor nonindigenous fouling species over native species? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 342, No. 1, pp. 54–60.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

World Register of Marine Species (WoRMS) Editorial Board (2017). *World Register of Marine Species*. VLIZ. www.marinespecies.org.

الفصل 7 باء
الشعاب البحرية الحيوية، وركائز الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية

المساهمون: رونالدو كريستوفوليتي وجوديث غوبين (منظِّما الاجتماعات)؛ وفريديريك غيشار، وسيرغي ميدينِتس، وإيفانجيلينا شوينت، وجوليا سيغوارت.

النقاط الرئيسية

- تدعم الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية مستوى عالٍ من التنوع البيولوجي ومجموعةً واسعة من خدمات النظم الإيكولوجية التي تفيد التجمعات البشرية.
- تتعرض هذه الشعاب والشواطئ للضغط بفعل عوامل إجهاد عديدة ناتجة عن تغير المناخ والتوسع الحضري واستخدام الموارد؛ وقد برزت العواصف وعمليات استصلاح الأراضي والشوائبُ والملوّثات بوصفها العوامل المحركة الرئيسية.
- هناك نقص في البحوث المتعددة التخصصات والحوكمة التشاركية التي ترمي إلى تعزيز القدرة على الصمود وتوفير الظروف المواتية للتنمية المستدامة لهذه الموائل.
- نظراً لما لهذه الموائل من مغزى ثقافي وأهمية بالنسبة للسياحة في جميع أنحاء العالم، فإنها في وضع فريد يمكن أن يجعلها موائل رائدة في مجال تعزيز دور المحيطات في تنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030، بما في ذلك الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة[1].

1 - مقدمة

البيئات الساحلية هي موطن لمجموعة متنوعة من الموارد الطبيعية القيّمة التي تشمل الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية والشعاب البحرية. وتمثل جميع هذه الموائل تنوعاً بيولوجياً شديداً (انظر الفصل 6 من هذا التقييم)، وثمة عدد متزايد من الدراسات التي تتناول الأنماط والعمليات والآثار المرتبطة بها. وقد تم مؤخراً استعراض التنوع البيولوجي والتأثير البشري في الشواطئ الصخرية على النطاقات الإقليمية (Hawkins and others, 2019). ومع ذلك، لا تزال هناك ثغرات في فهم الشواطئ الصخرية والموحلة على النطاق العالمي. وبالنسبة للشواطئ الرملية، تُظهِر الاتجاهات الحديثة أن ثراء الأنواع في جميع أنحاء العالم يرتبط بالمناطق الإيكولوجية، حيث يُعتبر كل من درجة الحرارة وخط العرض مؤشراً ينبئ بزيادة في ثراء الأنواع من الشواطئ المعتدلة إلى الشواطئ الاستوائية (Barboza and Defeo, 2015) (الشكل الأول). وتشكّل الشعاب البحرية موائل حيوية واسعة الانتشار في الأنظمة الساحلية في جميع أنحاء العالم ولكنها تختلف في المدى وتكوين الأنواع عبر المناطق الجغرافية الحيوية (Firth and others, 2016). وفي حين أنها تتشكل عادة في المناطق المدارية من كربونات الكالسيوم التي تفرزها المرجانيات البانِية للشعاب والطحالب الحمراء الجيرية في بيئات المياه الضحلة (Huang and Roy, 2015)، فإنها تتشكل في المناطق المعتدلة بواسطة اللافقاريات، بما في ذلك المحاريات وبلح البحر والديدان الحلقية (Barbier and others, 2008؛ و Dubois and others, 2009؛ و Firth and others, 2016) (الشكل الثاني).

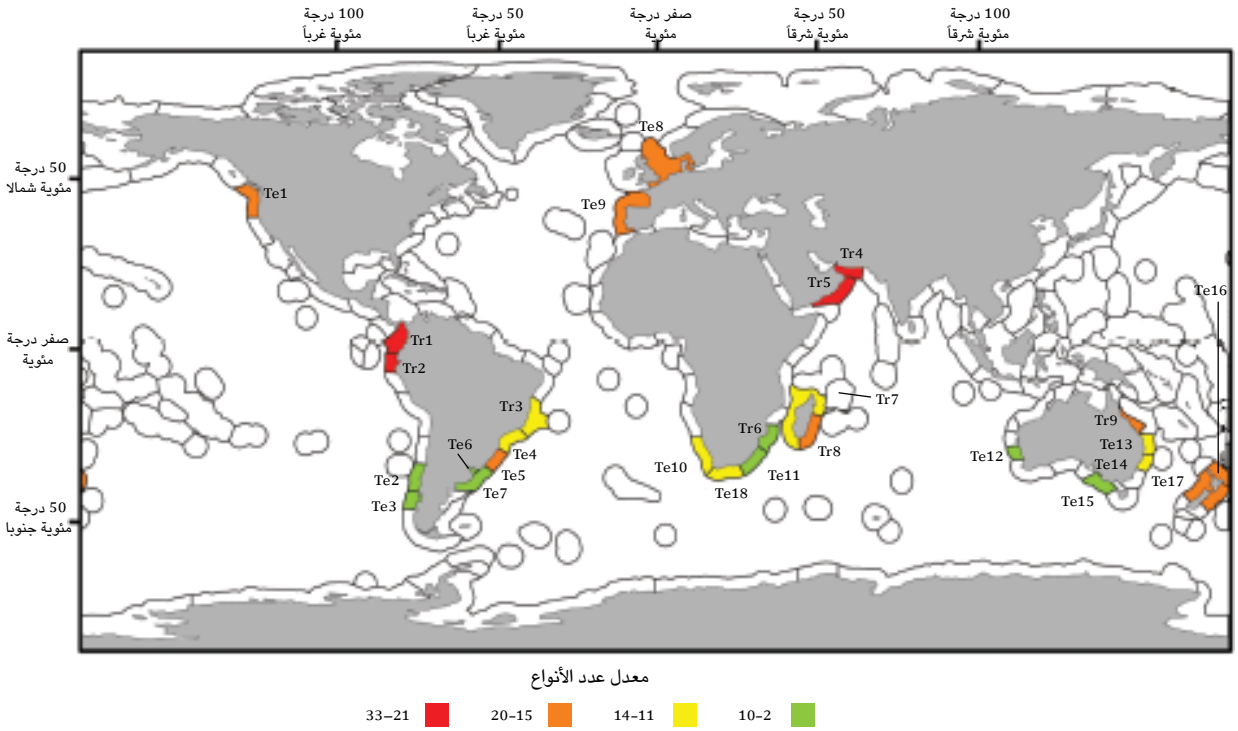
ويقدم هذا الفصل نظرة عامة متكاملة للشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية، في المناطق المدِّية ودون المدِّية على السواء، التي يرتبط بعضها ببعض بحكم موقعها على الواجهة البحرية والبرية. وتغطي هذه الموائل كافة السواحل في جميع أنحاء العالم (Firth and others, 2016؛ و Luijendijk and others, 2018؛ والفصل 7 ألف من هذا التقييم)، وترتبط بنظم إيكولوجية مختلفة، بما في ذلك البحيرات الشاطئية المرجانية والبحيرات الشاطئية الجزرية (الفصل 7 جيم) والشعاب المرجانية (الفصلان 7 دال و 7 هاء) ومصاب الأنهار والدلتات

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

(الفصل 7 واو) وغابات طحالب الكيلب والقيعان الطحلبية (الفصل 6 زاي) ومروج الأعشاب البحرية (الفصل 7 زاي) وأشجار المانغروف (الفصل 7 حاء) ومستنقعات المياه المالحة (الفصل 7 طاء). وهي تتأثر بالعديد من العوامل المحركة والديناميات الأوقيانوغرافية التي تنبثق على النطاقات من المحلية إلى العالمية (الفصول 4 و 5 و 22). ولتقليل التداخل وتسليط الضوء على التفاعلات، سوف يركز هذا الفصل الفرعي على الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية. وينبغي، بموازاة ذلك، ملاحظة الصلة بينه وبين الفصول الأخرى التي يتم فيها تناول الموائل القريبة (الفصلان 7 ألف و 7 زاي مثلا)، ولا سيما الشعاب المرجانية التي تُدرس في الفصل 7 دال (المنطقة المدارية وشبه المدارية) ومرجان المياه الباردة الذي يغطيه الفصل 7 هاء.

الشكل الأول

ثراء الشواطئ الرملية بالأنواع في المناطق الإيكولوجية المعتدلة والمدارية



المصدر: الشكل أعلاه مستنسخ من Barboza and Defeo, 2015; Spalding, M.D. and others, "Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas", Bioscience, vol. 57 (2007), pp. 573–583.

ملاحظة: جرى تنزيل الخريطة التي تحتوي على المناطق الإيكولوجية من الرابط http://maps.tnc.org/gis_data.html. وأُعدت الخريطة النهائية باستخدام gvSIG 1.12 (http://www.gvsig.org).

الاختصارات: Te= منطقة معتدلة؛ Tr= منطقة مدارية؛ Te1= الساحل والرصيف القاري في أوريغون وواشنطن وفانكوفر؛ Te2= أروكانيان؛ Te3= تشيلونسي؛ Te4= جنوب شرق البرازيل؛ Te5= ريو غراندي؛ Te6= ريو دو لا بلاتا؛ Te7= الرصيف القاري أوروغواي - بوينس آيرس؛ Te8= بحر الشمال؛ Te9= الرصيف القاري الأطلسي لجنوب أوروبا؛ Te10= ناماكوا؛ Te11= ناتال؛ Te12= هوتمان؛ Te13= توبد - مورتون؛ Te14= مانينغ هوكسبري؛ Te15= ويسترن باسيان؛ Te16= شمال شرق نيوزيلندا؛ Te17= وسط نيوزيلندا؛ Te18= رأس أغولاس؛ Tr1= خليج بنما؛ Tr2= غواياكيل؛ Tr3= شرق البرازيل؛ Tr4= خليج عمان؛ Tr5= بحر العرب الغربي؛ Tr6= ديلاغوا؛ Tr7= غرب وشمال مدغشقر؛ Tr8= جنوب شرق مدغشقر؛ Tr9= وسط وجنوب الحاجز المرجاني العظيم.

وتتميز الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية الموحلة والصخرية بتنوع بيولوجي شديد (الفصل 6) وبتوفيرها خدمات النظم الإيكولوجية (الفصلان 8 و 21)، بما في ذلك ترشيح المياه وتدوير المغذيات (الفصلان 10 و 11). وهناك صلة قوية بين خدمات النظم الإيكولوجية التي تقدمها والتوسّع الحضري (الفصل 8)، حيث يعيش نحو 60 في المائة من سكان العالم في مناطق ساحلية ويستمدون سبل العيش منها

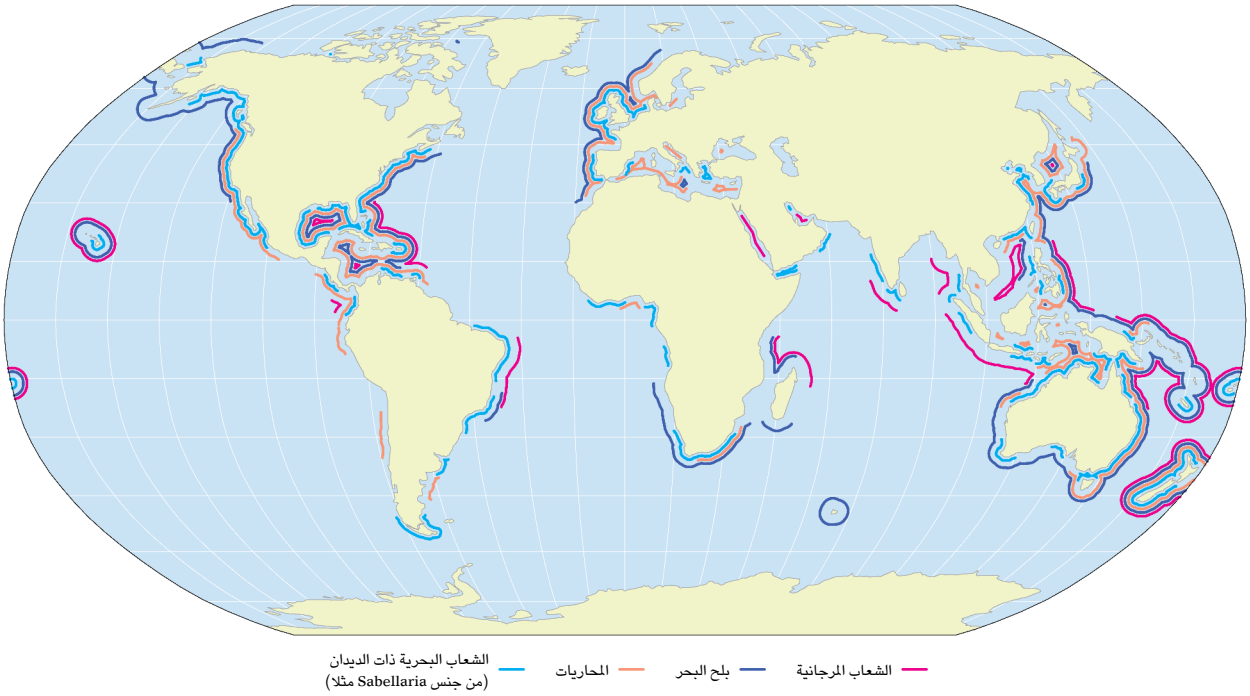
(Nicholls and others, 2007). وهذه البيئات الساحلية، التي تشهد أنشطة رئيسية منها الإبحار والصيد وركوب الأمواج والسباحة ومشاهدة الطيور (Everard and others, 2010؛ و Rodríguez-Revelo and others, 2018)، لها أهميتها الاقتصادية بالنسبة لصناعة السياحة، وأنشطة الصيد الترفيهي والحرفي والتجاري، وكذلك القيَم الجمالية والترفيهية (الفصلان 8 و 15). وترتبط هذه البيئات أيضاً بصلات متشابكة بالعديد من جوانب التنمية، بما في ذلك التوسع الحضري وتربية الأحياء المائية والبنى التحتية (الفصول 8 و 14 و 16).

ونتيجة لتنوع خدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها هذه الموائل وارتباطها بالتوسع الحضري الساحلي وحماية السواحل، فإنها عرضة للآثار الناجمة عن العديد من عوامل الإجهاد (الفصل 25). ولا تزال تتأثر سلباً بالشوائب والملوثات، مثل فرط المغذيات الناتج عن استخدام الأسمدة، والمواد الكيميائية السامة والمعادن الثقيلة، ومياه المجارير، والنفايات، والبلاستيك (الفصول 10 و 11 و 12)، وكذلك بأنشطة التعدين والتنقيب عن النفط والغاز واستغلالهما (الفصول 11 و 18 و 19)، والتهديدات الموثقة حديثاً التي تمثلها الأنواع المُغيرة (الفصل 22). وفي الوقت نفسه، فإن الترسيب والتغير في تحات السواحل (الفصل 13)، وهما عمليتان طويلتا الأجل، يتزايدان تحت ضغط آثار تغير المناخ (الفصل 9) التي تسهم في إحداث تغيرات في تكوين السواحل وقد تشكِّل أيضا تهديدا للأرواح والممتلكات (Rangel-Buitrago and Anfuso, 2009؛ و Le Duff and others, 2017).

والمنطقة الساحلية هي المنطقة ذات التوسّع الحضري الأكثف في العالم، إذ تقع فيها 15 مدينة من المدن العشرين الكبرى (وهي مدن يزيد عدد سكانها عن 10 ملايين نسمة)، التي تستفيد بطائفة متنوعة من خدمات النظُم الإيكولوجية التي توفرها الموائل ويوجد بها تضارب مع الاتجاه المتزايد نحو الحضرنة، كما ذُكر في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017). وسيغطي هذا الفصل التغيرات التي اعتُرف بها منذ صدور التقييم العالمي الأول، بما في ذلك التقدم المحرز في مجال اكتساب المعارف أو على مستوى السياسة العامة. وسيسلط الضوء أيضا على التحليل العالمي للشواطئ الرملية وعلى الافتقار إلى المعلومات على الصعيد العالمي فيما يتعلق بالشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الموحلة والصخرية، وهي المعلومات التي يتعين توافرها لدعم إدارة السواحل وتخطيط الحيز البحري (الفصلان 26 و 27). وعلى الرغم من المنافع والفوائد الاقتصادية التي توفرها السواحل ومن التقدم المحرز في الدراسات ذات النطاق العالمي التي تتناول الشواطئ الرملية، لا يوجد تقييم موثوق يتناول على نطاق عالمي الاتجاهات التاريخية في التغيرات الساحلية للركائز الصخرية والموحلة ولا تزال هناك مناطق لا تتوافر عن نظمها الإيكولوجية سوى معلومات وبيانات قليلة جدا.

الشكل الثاني

التوزع العالمي للشعاب البحرية الحيوية الساحلية (المرجان، بلح البحر، المحاريات، الديدان)



المصدر: الشكل أعلاه مستنسخ من Firth and others, 2016. والبيانات مستمدة من المرفق العالمي لمعلومات التنوع البيولوجي، المتاح على الرابط www.gbif.org/، ومن مرصد بيانات المحيطات بالمركز العالمي لرصد حفظ البيئة التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، والمتاح على الرابط https://data.unep-wcmc.org/.
ملاحظة: صمَّم الخرائط شون لوين، من جامعة بليموث.

2 - التغيرات الموثقة في حالة الشعاب البحرية الحيوية وركائز الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية

يمكن أن تنشأ التهديدات التي تتعرض لها الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية عن عوامل بيئية متعددة (بعضها شديد، مثل المدّ العاصفي والأعاصير والزلازل والأمواج السنامية وموجات الحر والفيضانات) وعن عوامل محركة بشرية المنشأ، كما جاء في المقدمة. وتنشأ هذه العوامل عن نطاقات محلية إلى إقليمية وعالمية، في حين تهيمن العوامل البشرية على التغير على مستويات متعددة (Mentaschi and others, 2018).

وتتأثر التغيرات في الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية بمكونات مختلفة للمعالم البحرية، حيث تستجيب أشجار المانغروف وطحالب الرودوليث والقيعان الطحلبية والمناطق العميقة والشعاب المرجانية ومروج الأعشاب البحرية لعوامل الإجهاد بصورة مختلفة. وهناك أيضاً ترسب جوي في المناطق الساحلية (Medinets and Medinets, 2010, 2012؛ و Medinets, 2014) وتصريف للرواسب والمغذيات في النظم البحرية الساحلية عن طريق مصاب الأنهار والمياه العذبة (Teixeira and others, 2018؛ و Oelsner and Stets, 2019). وهذه الصلات الطبيعية (الفصول 7 ألف إلى 7 طاء) تسلّط الضوء بوضوح على تشابك الأنظمة الساحلية وتعقّدها (Elliott

and others, 2019؛ و Kermagoret and others, 2019)، فالتغيرات في أحد الموائل تؤثر على دينامية الموائل الأخرى، بما في ذلك خدمات النظم الإيكولوجية المرتبطة بها (Narayan and others, 2016؛ و Osorio-Cano and others, 2019).

وقد تأثرت الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية بشكل متزايد بتغيّر المناخ في العقد الماضي، مما كان له وقعه على الأنماط البيئية والتنوع البيولوجي وأداء النظم الإيكولوجية. ومن المتوقع أن تستمر ضخامة الظواهر البالغة الشدة وتواترها (طاقة الأمواج، وموجات الحر، ودرجات الحرارة، والأمطار) في التصاعد (Herring and others, 2018؛ و Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2018). ويمكن أن تؤدي التغيراتُ في عدد الأيام التي تتجاوز فيها درجاتُ الحرارة العتباتِ الخاصة بكل نوع من الأنواع أو التغيراتُ في أنظمة الأمطار والجفاف إلى إجهادٍ شبه قاتل بسبب التغيرات الفسيولوجية والسلوكية في الكائنات الحية، ولا سيما تلك الموجودة في المناطق المدِّية والضحلة (Pinsky and others, 2019؛ و Rilov and others, 2019). ويمكن أن تفضي التغيرات في تواتر وشدة الظواهر إلى مستويات فسيولوجية قاتلة، مما يزيد من معدلات موت الكائنات الحية ويحدِث تبدلا في التنوع البيولوجي ونطاق توزع الكائنات الحية وخدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها هذه الموائل (Poloczanska and others, 2013).

وفي السياق البيئي، تتأثر الركائز الصخرية المدِّية الموجودة على خطوط العرض العليا بالحتّ الجليدي (Scrosati and Ellrich, 2018؛ والفصلان 7 ألف و 7 كاف). وتتعرض الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية في جميع أنحاء العالم لاضطرابات متزايدة ناجمة عن حركة الأمواج و غزارة الأمطار (Mentaschi and others, 2018)، تؤثر على ديناميات الرواسب، والتحات، وحركات الصخور، والانهيالات الأرضية التي يمكن أن تغير المجتمعات البيولوجية في الشواطئ الرملية والصخرية في المناطق المعرضة للأمواج (Petrovic and Guichard, 2008؛ و Castelle and others, 2018). وتسفر التغيرات في ديناميات الأمواج والتواتر المتزايد للظواهر الجوية البالغة الشدة عن تغيرات أيضاً في تكوين الرواسب (Masselink and others, 2016) ونقل اليرقات إلى الشاطئ (Mazzuco and others, 2015). وبالإضافة إلى ذلك، تؤثر زيادة ظواهر تساقط الأمطار الشديدة في المناطق المدارية وشبه المدارية على الملوحة القريبة من الساحل ونقل الرواسب، فضلاً عن مدخلات المغذيات والملوثات والشوائب من البيئات الأرضية وبيئات المياه العذبة (Lana and others, 2018). ويمكن رؤية الأثر والمفعول التراكميين لعوامل الإجهاد هذه بدءا من الكائنات الحية وانتهاء بالمجتمعات الأحيائية، مما يؤدي إلى فقدان التنوع البيولوجي وحدوث تغيرات في أداء النظم الإيكولوجية في المناطق الساحلية (O'Gorman and others, 2012؛ و Ellis and others, 2017)، مع تأثر خدمات النظم الإيكولوجية والقيَم التجارية والترفيهية والجمالية.

وبالإضافة إلى التغيرات في الديناميات الأوقيانوغرافية الساحلية وزيادة وتيرة الظواهر المناخية البالغة الشدة بسبب آثار تغير المناخ (الفصل 9)، تؤثر عوامل محركة أخرى مثل استكشاف قاع البحار (الفصل 18)، والتوسع الحضري (الفصلان 8 و 14) والبنى التحتية الساحلية الاصطناعية (الفصلان 7 ألف و 14) على الشعاب البحرية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية بفعل الشوائب (الفصول 10 و 11 و 12) والتغيرات في عمليتي التحات والترسيب (الفصل 13). وتوجَد الشواطئ الرملية في السواحل في جميع أنحاء العالم، وتتفاوت نسبتها من 22 في المائة في أوروبا إلى 66 في المائة في أفريقيا، مع تزايد نسبي فيها في المناطق شبه المدارية وخطوط العرض الوسطى الدنيا (20-40 درجة مئوية) وتناقصها مع ذلك (أقل من 20 في المائة) في المناطق المدارية الرطبة حيث تكثر كميات الطين وأشجار المانغروف نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وتساقط الأمطار (الشكل الثالث) (Luijendijk and others, 2018). وقد تزايد تحات الشواطئ الرملية بمرور الوقت ومع كثافة انبعاثات غازات الدفيئة (Vousdoukasand others, 2020). وتشابكت

الاتجاهات التحاتية والتضايفية بين المناطق وعلى طول القطاعات الساحلية القريبة (Vousdoukasand others, 2020)، مع تأثر أكثر من 50 في المائة من الشواطئ الرملية في العالم بمعدلات تغير مزمنة وحادة خلال الفترة 1984–2016، وتآكل 24 في المائة من الشواطئ بمعدل يتجاوز 0,5 مترا كل سنة، في حين تشهد 27 في المائة منها تضايُفاً (Luijendijk and others, 2018؛ الشكل الرابع). ومن منظور قاري، تشهد أوقيانوسيا وأفريقيا تحاتاً صافياً، في حين تظهر جميع القارات الأخرى تضايُفاً صافياً، مع حدوث أعلى معدل تضايُف (1,27 م/سنة) في آسيا (Luijendijk and others, 2018)، ومن المرجح أن يكون ذلك بسبب استصلاح الأراضي والهياكل الاصطناعية (Luijendijk and others, 2018؛ والفصل 14). وعلى الصعيد العالمي، يطال التحاتُ معدلا عاليا نسبياً من الشواطئ الرملية المسجلة في قاعدة البيانات العالمية عن المناطق المحمية، علماً بأن 32 في المائة من جميع الشواطئ البحرية المحمية رملية و 37 في المائة من تلك الشواطئ الرملية المحمية تتآكل بمعدل يزيد على 0,5 مترا في السنة، في حين أن نسبة 32 في المائة منها آخذة في التضايُف (Luijendijk and others, 2018).

ويمكن أن تؤثر التغيرات في التحات والترسب ووجود الهياكل الاصطناعية تأثيراً مباشراً على التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية على نطاقات مختلفة. وتتطلب الزيادة في البنية التحتية الساحلية الرامية إلى تجنب التحات تعزيزَ النهُج الهندسية الزرقاء إزاء التنمية المستدامة (Firth and others 2016؛ و Strain and others, 2018). وعلى الرغم من اقتراح خرسانة مرجانية لتطوير البنية التحتية البحرية واستصلاح الأراضي (Wang and others, 2018؛ و Liu and others, 2018)، من الضروري لأغراض تحقيق التنمية المستدامة أن يُفهم مصدر المواد المرجانية اللازمة وكمياتها وتأثير استخراجها من البيئة، لما للشعاب المرجانية من أهمية بيولوجية وكيميائية ومادية في ديناميات المناطق الساحلية وفي سيناريو تغير المناخ (الفصلان 7 دال و 7 هاء).

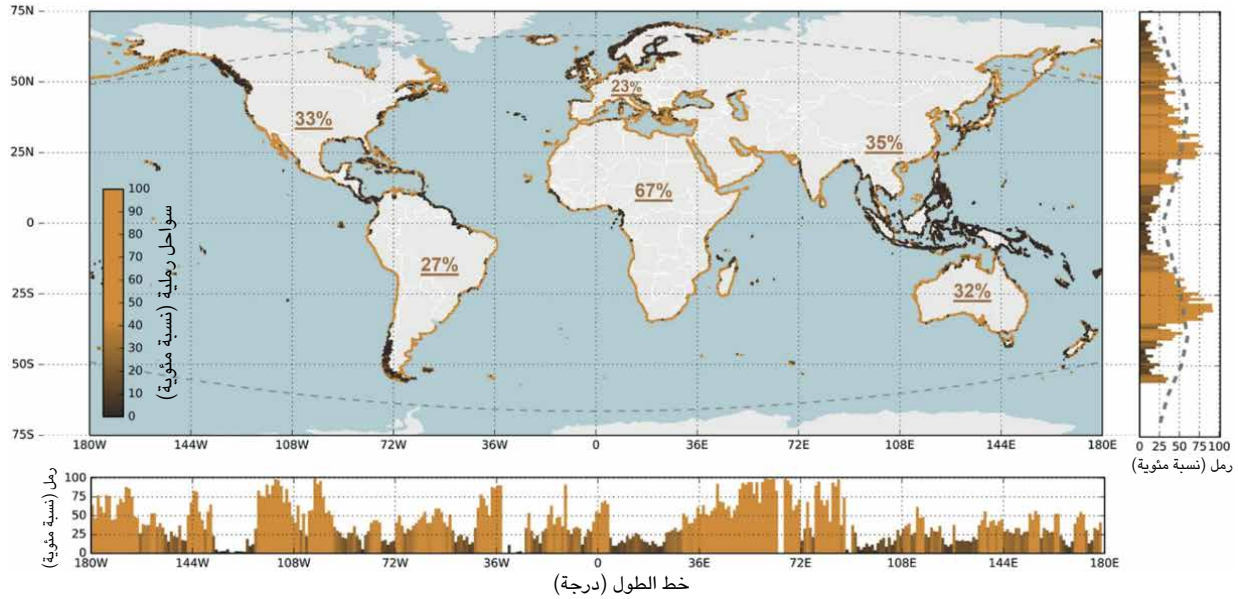
وتستدعي آثار التوسع الحضري على المناطق الساحلية النظر في العديد من عوامل الإجهاد الرئيسية، بما في ذلك العوامل المحركة البشرية المنشأ، الموجودة في المنطقة الساحلية. وقد ازدادت الأنواع المُغيرة (الفصل 22) في جميع أنحاء العالم (Seebens and others, 2017)، مما يؤثر على جميع أنواع الركائز. ومن المتوقع أن تزداد الإغارة البيولوجية نتيجة لأنشطة النقل البحري وكذلك الزيادة في البنية التحتية الساحلية في المناطق الساحلية باعتبارها ركيزة جديدة لأنواع الصخور والشعاب البحرية (Ivkić and others, 2019؛ و Sardain and others, 2019). وعلاوة على ذلك، تظهر مجموعات البيانات الحديثة في جميع أنحاء العالم تلوثاً بري المنشأ (التلوث بالمغذيات، والمواد الكيميائية الزراعية، وتصريف مياه المجارير، والتلوث الكيميائي بالملوثات العضوية الثابتة في شكل المستحضرات الصيدلانية ومبيدات الآفات والمعادن الثقيلة) وتوسّعاً حضريا ساحليا واستصلاحاً للأراضي وانسكاباتٍ نفطية تغير الموائل وتزيد من التلوث وتسبب عمليات شبه قاتلة إلى قاتلة تؤثر على التنوع البيولوجي في الشواطئ الموحلة والرملية والصخرية وسلامة النظام الإيكولوجي (Kovalova and others, 2010؛ و Snigirov and others, 2012؛ و Environmental Monitoring of the Black Sea (EMBLAS), 2019؛ و Martinez and others, 2019؛ و Zhai and others, 2020). والعديد من الآثار التي تطال الشواطئ منشؤه في عرض البحر مثل الانسكابات النفطية (Escobar, 2019؛ Soares and others, 2020)، أو في البر مثل مخلفات المناجم، مع حدوث تصريف عرضي في المنطقة الساحلية، من خلال المدخلات النهرية، يطال التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية للشواطئ الرملية والموحلة والصخرية ويؤثر فيها على نطاقات مكانية وزمنية كبيرة في السواحل (Queiroz and others, 2018)، ويؤثر على المجتمعات المحلية ومجتمعات الشعوب الأصلية التي تعتمد على خدمات النظم الإيكولوجية هذه لتأمين بقائها (Dadalto and others, 2019).

وأخيراً، هناك نتيجة أخرى للتوسع الحضري الساحلي تتعلق بالآثار السلبية للسياحة والاستغلال البشري على

الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية على المستويات المحلية (Mendez and others, 2017). فقد تبين أن الضوء الاصطناعي في الليل يغيّر هيكل مجتمعات اللافقاريات الكبيرة على الشواطئ الرملية (Garratt and others, 2019) ويؤثر على التفاعلات الغذائية على الشواطئ الصخرية (Underwood and others, 2017 و Maggi and Benedetti-Cecchi, 2018). وبالمثل، يمكن للتظليل بواسطة البنى التحتية الاصطناعية أن يؤثر على التنوع البيولوجي وأداء النظام الإيكولوجي على الشواطئ الصخرية (Pardal-Souza and others, 2017). وتبيّن أن الدَعس بالأقدام يؤثر سلباً على التنوع البيولوجي على الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية (Leite and others, 2012؛ و Schlacher and Thompson, 2012؛ و Kim and others, 2018) بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل بعثرة القمامة والضوضاء والاستخراج (EMBLAS, 2019). وقد أصبح التلوث بالمواد البلاستيكية والكيميائية يشكّل تهديدا عالميا للبيئة البحرية، وخاصة على الشواطئ الرملية، حيث زادت المدخلات البلاستيكية نتيجة للنقل أثناء الظواهر الأوقيانوغرافية وتلك المتعلقة بالطقس (Krelling and Turra, 2019) والتلوّث المباشر من قبل السكان المحليين والسياح (EMBLAS, 2019).

الشكل الثالث

التوزع العالمي للشواطئ الرملية

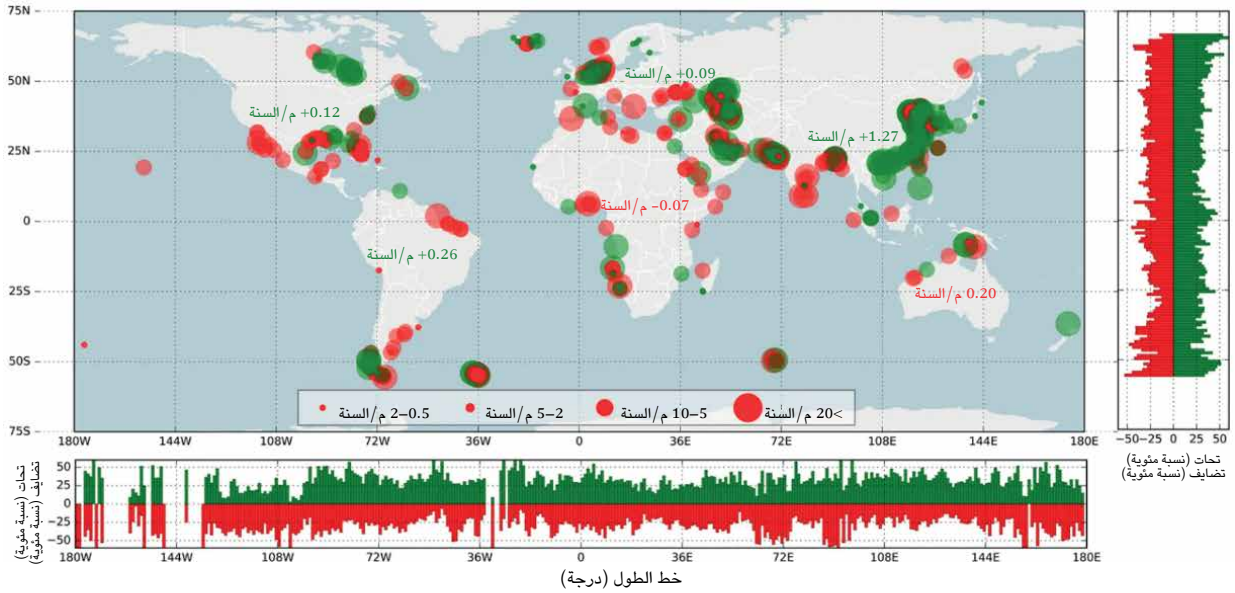


المصدر: الشكل أعلاه مستنسخ من Luijendijk and others, 2018.

ملاحظات: تمثل النقاط الملونة على طول خط الشاطئ في العالم النسبةَ المئوية المحلية من الشواطئ الرملية (يرمز الأصفر للرمل، والبني الداكن لغير الرمل). ويعرض الرسم البياني الفرعي إلى اليمين التوزع النسبي للشواطئ الرملية في كل درجة من خطوط العرض، حيث يُظهر الخط المتقطع توزّع الشواطئ الرملية حسب خطوط العرض وفق ما أورده هايز (Hayes, M.O.,"Relationship between coastal climate and bottom sediment type on the inner continental shelf", Marine Geology, vol. 5, No. 2 (1967), pp. 111–132). ويعرض الرسم البياني الفرعي السفلي التوزع النسبي للشواطئ الرملية في كل درجة من خطوط الطول. وتمثل الخطوط الرمادية المتقطعة المنحنية في الرسم الرئيسي حدود الشواطئ الخالية من الجليد التي جرت دراستها في التحليل. وتشير النسب المئوية التي وُضع تحتها خط إلى النسب المئوية لمتوسط الشواطئ الرملية في كل قارة. أعدت الخريطة من خلال Python 2.7.12، المتاح على الرابط www.python.org، باستخدام تطبيق Cartopy, v.0.15.1. الخاص بمكتب الأرصاد الجوية في المملكة المتحدة، المتاح على الرابط https://pypi.python.org/pypi/Cartopy/0.15.1، ونظام Matplotlib (Hunter, J.D.,"Matplotlib: a 2D graphics environment". Computing in Science & Engineering vol. 9, No. 3 (2007)).

الشكل الرابع

بؤر تحات الشواطئ وتضايُفها على الصعيد العالمي



المصدر: الشكل أعلاه مستنسخ من Luijendijk and others, 2018.

ملاحظات: تشير الدوائر الحمراء (الخضراء) إلى التحات (التضايُف) وفق التصنيفات الديناميكية الأربعة ذات الصلة للشواطئ (انظر مفتاح الرسم). والرسمان البيانيان المكونان من أعمدة اللذان يردان إلى يمين الشكل البياني الرئيسي وأسفله يعرضان التوزع النسبي للشواطئ الرملية المتحاتّة (المتضايِفة) في كل درجة من خطوط العرض وخطوط الطول، على التوالي. وتمثل الأرقام الواردة في الرسم البياني الرئيسي متوسط معدل التغير بالنسبة لجميع الشواطئ الرملية في كل قارة. أُعدت الخريطة من خلال Python 2.7.12، المتاح على الرابط www.python.org، باستخدام تطبيق Cartopy, v.0.15.1. لمكتب الأرصاد الجوية في المملكة المتحدة، المتاح على الرابط https://pypi.python.org/pypi/Cartopy/0.15.1، ونظام Matplotlib (Hunter, J.D.,"Matplotlib: a 2D graphics environment", Computing in Science & Engineering, vol. 9, No. 3 (2007)).

3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

الموائل الساحلية هي نقطة الاتصال الأولى بين المجتمع البشري والمحيط. وهي توفر العديد من الخدمات المباشرة وغير المباشرة، بما في ذلك توفير حيز للترفيه وممارسة الرياضة، والعمليات الكيميائية - الفيزيائية البيئية، والموارد البيولوجية والموارد المتصلة بالأرصدة السمكية، وحماية السواحل. وتستكشف التجمعات السكانية الشعاب البحرية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية، من المناطق المدّية إلى المناطق دون المدّية، بطرق عديدة مما يقيم علاقةً تأثرت بالتغيرات على مر القرون، ولكن بوتيرة متسارعة في العقود الأخيرة (Biedenweg and others, 2016؛ و Zhai and others, 2020).

وتوفر الشواطئ الرملية والصخرية مساحات وموارد طبيعية لأغراض الترفيه وممارسة الرياضة وإجراء الدراسات التعليمية والعلمية ولأغراض الممارسات التقليدية والدينية والثقافية للشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية التقليدية، وتُعتبر مقصداً للمقيمين في المناطق الحضرية والسياح (Everard and others, 2010). وهناك العديد من الفوائد الصحية البدنية والذهنية والروحية التي ترتبط بالوقت الذي يمضيه الناس في البيئات الساحلية وبصحة تلك البيئة (Gascon and others, 2017؛ و Marselle and others, 2019). ويتطور الرابط بين الإنسان والبيئة نفسياً من خلال الشعور بالمكان والهوية، والصلة بالطبيعة

والانتماء، مع إحساس بالفخر ببيئة المرء، وكذلك عن طريق المناظر الطبيعية الجمالية وخصائصها المجدِّدة للحيوية، في حين أن البيئة تؤثر في الناس من الناحية المادية أيضا من خلال تقديم خدمات ملموسة من قبيل الغذاء (Biedenweg and others, 2016). وأخيراً، تفيد الشواطئ الموحلة والرملية والصخرية المجتمعَ أيضاً نتيجة للجوانب الاقتصادية المتصلة بالروابط التجارية والصناعية في المناطق الساحلية الحضرية، من خلال توفير فرص العمل وتعزيز المشاركة في الحوكمة، وبالتالي إمكانية الوصول إلى الاتصالات ومشاركة المجتمع المحلي والثقة في الإدارة (Biedenweg and others, 2016).

وتتشابه أهمية الشعاب البحرية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية بالنسبة للمجتمعات البشرية في جميع أنحاء العالم. وهي ذات صلة غير مباشرة برفاه المجتمعات البشرية من خلال العديد من خدمات النظم الإيكولوجية، من قبيل ترشيح المياه، والتنوع البيولوجي، والتكنولوجيا الحيوية، ودورة المغذيات، وبالوعات الكربون، وحماية السواحل، والآثار المترتبة على الإنتاج الأولي البحري (Hoerterer and others, 2020). وقد جرت في الآونة الأخيرة دراسة العديد من الأنواع ذات الأهمية على صعيد التكنولوجيا الحيوية، مما يدل على إمكانية التنمية العلمية والاقتصادية (Park and others, 2019؛ و Girão and others, 2019). وتعتبر الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية أنواعا ذات أهمية اقتصادية، خاصة الرخويات والقشريات والأسماك، التي تتسم بأهمية خاصة للمجتمعات التقليدية كمصادر للبروتينات والدخل، استنادا إلى أنشطة الصيد التقليدية (مثلا Gelcich and others, 2019).

وتشكّل أهمية الخدمات التي توفرها الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية لرفاه الإنسان والاقتصاد تفسيراً لارتفاع معدلات التوسع الحضري والسياحة في المناطق الساحلية التي تتسم مساهمتها الاقتصادية بالأهمية (Nitivattananon and Srinonil, 2019). ومع ذلك، كلما ارتفع عدد السكان على الساحل، كانت الآثار الساحلية أكبر. ويغير التناقض بين المناطق الأكثر نقاءً والمناطق الأكثر تلوثا قيم السياحة والصيد الترفيهي والحرفي (Qiang and others, 2019). وتُعتبَر الشواطئ الرملية والصخرية الطبيعية ذات التأثر المنخفض نقطة جذب سياحي مهمة، سواء للترفيه أو الغطس (Drius and others, 2019). وتجذب الشواطئ النظيفة والصحية العديد من السياح، مما يؤدي إلى تطوير القطاع السياحي في المنطقة المعنية. وفي الوقت نفسه، تصبح الشواطئ الرملية والصخرية ضعيفةً للغاية تحت ضغط الأنشطة الترفيهية والسياحية، نتيجة للتلوث وتبدُّل الموائل الطبيعية للعديد من الكائنات الحية بسبب استحداث البنى التحتية الاصطناعية (Strain and others, 2018؛ و Drius and others, 2019). وتؤدي التناقضات بين الشواطئ الأكثر نقاءً والشواطئ الأكثر تلوثاً إلى نشوء معالم بحرية ووجهات سياحية متغيرة على طول الساحل. ويمكن أن تؤدي التغيرات المتزايدة في السواحل، المعزوة إلى تغير المناخ وغيره من الآثار البشرية المنشأ والتحات، إلى تغير ديناميات السياحة عن طريق خفض السياحة في المناطق المتأثرة وزيادتها في المناطق ذات التأثر المنخفض. وستؤثر هذه التغييرات اجتماعيا وثقافيا ونفسيا، وكذلك اقتصاديا، على المجتمعات الساحلية والسكان المحليين العاملين في قطاعي السياحة والدعم (Jarrat and Davies, 2019؛ و You and others, 2018).

ويجلب الاستثمار في خطط التنمية المستدامة للمناطق الساحلية فوائد اقتصادية واجتماعية وبيئية متعددة. ويتزايد ضغط التوسع الحضري مع تطلع الناس إلى تحسين رفاههم والاستفادة من فوائد البيئات الساحلية. وفي العادة، لا تُستغل الشواطئ الصخرية استغلالا كبيرا بصورة مباشرة ولكن المجتمعات المحلية تنمو حولها باعتبارها واحدة من المناطق الطبيعية الأبرز التي تتمتع بقبول كبير، حيث تُبنى المساكن في كثير من الأحيان على بعد 100 متر من الشاطئ. أما الشواطئ الموحلة، فهي مناطق تطرح تحديات ولكنها مربحة بالنسبة لمطوري العقارات والمستثمرين والمشتغلين بالبناء من القطاع

الخاص. ولهذا السبب، كثيرا ما يكون هناك إفراط في أنشطة البناء في هذه المناطق، ويتم تجاهل العديد من قوانين ومعايير البناء القائمة. ومن ثم تتضرر الشواطئ الطبيعية، بما في ذلك نتيجة للانهيالات الأرضية الضخمة التي تؤثر سلباً على النظام الإيكولوجي البحري. وتتأثر الشواطئ الرملية بالتوسع الحضري سلباً بسبب إزالة الغطاء النباتي الساحلي وتنظيف الأراضي والتحات وزيادة عدم الاستقرار خلال الظواهر البالغة الشدة، مما يؤدي إلى ضعف حماية السواحل (Defeo and others, 2009). وكان الدافع وراء بناء الجزر الاصطناعية هو الطلب على المساكن الساحلية. ومع ذلك، تسارعت وتيرة تطوير هذه المواقع في العديد من المناطق دون أي دراسة تفصيلية للآثار الإيكولوجية، سواء على مناطق المصدر التي يتم فيها استخراج الرمال على نطاق واسع كمادة للبناء، أو على النظم الإيكولوجية المحلية التي يطالها الاضطراب أو تزاح بعيدا عن موائلها بسبب أنشطة البناء (Rahman, 2017a, 2017b).

وتؤدي التغيرات في السواحل وارتفاع مستوى سطح البحر والظواهر البالغة الشدة والأنشطة السياحية إلى تغير في نظرة البشر للبيئة وإلى زيادة النزاعات الاجتماعية في المنطقة الساحلية (Robinson and others, 2019؛ و Whitney and Ban, 2019). ويمكن القول إن ارتفاع الموج مفيدٌ للكهرباء المولدة من طاقة الأمواج لأنها توفر طاقة متزايدة، ولكن الزيادة المستمرة في متوسط ارتفاع الموج تشكل تهديدا للبنية التحتية المادية للمولدات التي تثِقل بالفعل حدود التحمّل المقبولة هندسياً (Penalba and others, 2018).

وتبرز أهميةُ التنمية المستدامة في ضوء تعقّد خدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية والعوامل المحركة التي تؤثر على تلك البيئات والتنازع بين الاستخدام والحفظ، مع ما يصاحب ذلك من فوائد وتداعيات تتأثر بها التجمعات البشرية. وتتبين من النظام المعقّد الذي يدمج الموائل والإمكانات والتحديات التي تطرحها حوكمة هذا النظام أهميةُ تخطيط الحيز البحري لدعم وتنظيم استخدام تلك البيئات، وأهمية تنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030 وأهدافها، بما في ذلك الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة، ودمج الأهداف من أجل تقليل الآثار على الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية (Kidd and others, 2020؛ و Borja and others, 2020).

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

لا تتوافر سوى معلومات محدودة عن المناطق القطبية والجنوبية من المحيطات، ولكن هناك مناطق أخرى سُجلت فيها تغيرات. فعلى طول شواطئ شمال غرب المحيط الأطلسي وشمال شرق المحيط الهادئ وبحر الشمال والبحر الأسود، تمثل العوامل المحركة الأوقيانوغرافية مسألة مهمة بسبب الاضطرابات الناجمة عن الأمواج (Voorhies and others, 2018)، والحتّ الجليدي (Scrosati and Ellrich, 2018)، والتواتر المتزايد للظواهر الجوية البالغة الشدة (Smale and Wernberg, 2013) التي تطال الشواطئ الصخرية في المناطق المدِّية فتغير أنماط نقل الرواسب، مما يؤثر على الشواطئ الموحلة والرملية (Masselink and others, 2016)، وبسبب تزايد التحات وحركات الصخور الذي يمكن أن يحدث تغيراً في المجتمعات الأحيائية في المناطق المعرضة للأمواج (Petrovic and Guichard, 2008؛ و Castelle and others, 2018). وتؤثر التغيرات في ديناميكيات الأمواج في تلك المناطق أيضاً على الترابط المحيطي - القاعي وأداء النظام الإيكولوجي (Griffiths and others, 2017) من خلال التأثير على توافر اليرقات (Mazzuco and others, 2018)، والمواد العضوية (Massé Jodoin and Guichard, 2019)، والظواهر المتعلقة بدرجات الحرارة ونقص الأكسجين (Vaquer-Sunyer and Duarte, 2011).

وفي الجزء الشمالي الغربي من البحر الأسود، أصبحت الشواطئ الرملية أضيق في السنوات الأخيرة في معظم أجزاء الساحل (Allenbach and others, 2015)، حيث توسّع الغطاء النباتي (Allenbach and others, 2015). وفي الوقت نفسه، انخفض عمق المياه فوق الجرف القاري بالقرب من مصب نهري الدانوب ودنيستر بسبب مدخلات الرواسب النهرية (Anton and others, 2017)، مما أدى أيضا إلى تشكيل كثبان شاطئية في بعض المناطق. ومع ذلك، يرتبط تحات السواحل في الجزء الشرقي من البحر الأسود بنقص الرواسب في تصريفات المياه النهرية نتيجة للسدود والأعمال الهندسية (Kosyan and Velikova, 2016). وقد حدث تحات كبير في الشواطئ الموحلة والصخرية نتيجة للانهيالات الأرضية الناجمة عن العوامل المناخية والبشرية المنشأ على مدى العقود الماضية (Freiberg and others, 2010, 2011؛ و Goryachkin, 2013؛ و Tătui and others, 2019). وسُجلت معدلات تحات متزايدة في المناطق الساحلية المتاخمة للمناطق الريفية، حيث لا توجد حواجز أمواج، وكذلك حول جزيرة الثعبان (Cherkez and others, 2006, 2020؛ و Goryachkin, 2013). وقد كان لتأثيرات كل هذه العوامل، مقترنةً بالعوامل المحركة الاجتماعية والاقتصادية المتصلة بالإفراط في استغلال الشواطئ في البناء والأنشطة الترفيهية والسياحية من أجل زيادة الإيرادات، أثرها على الساحل من نواح كثيرة (Goryachkin, 2013؛ و Stanchev and others, 2013, 2018؛ و Kucuksezgin and others, 2019).

وتسبب العوامل المحركة الأوقيانوغرافية أيضا تحات السواحل وانخفاض مساحة الشواطئ الرملية على سواحل الأرجنتين والبرازيل في جنوب غرب المحيط الأطلسي، مما يؤثر أيضاً على طاقة الأمواج وتوافر اليرقات نتيجة لازدياد وتيرة الظواهر البالغة الشدة والجبهات الباردة (Mazzuco and others, 2015, 2018). وتؤثر التغيرات في آثار التحات والسواحل على اقتصاد المجتمعات المحلية وتغير الطريقة التي تنظر بها إلى النظم الإيكولوجية الساحلية الطبيعية على ساحل المحيط الأطلسي لأمريكا الجنوبية ككل (Bunicontro and others, 2015). وبالإضافة إلى العوامل المحركة الدائمة مثل التغيرات التي تحدث في الديناميات الأوقيانوغرافية وتأثيرها على الموائل الساحلية، كانت الكوارث البيئية مشكلة رئيسية في جنوب غرب المحيط الأطلسي (Gil and others 2019؛ و Marcovecchio and others, 2019). ففي السنوات الخمس الماضية، وقعت كارثتان تتعلقان بمخلفات المناجم الموجودة على البرّ أدتا إلى تصريفٍ وصَل إلى المنطقة الساحلية، مما أثر على موائل مختلفة منها الشعاب البحرية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية والمجتمعات الأحيائية في البرازيل، ووقع انسكاب نفطي أثّر على أكثر من 3 000 كيلومتر من السواحل (Escobar, 2019؛ و Soares and others, 2020). ولهذه الكوارث أثر زماني ومكاني كبير على البيئة وخدمات النظم الإيكولوجية والمجتمعات البشرية، لا سيما بالنظر إلى الآثار التراكمية الناجمة عن العوامل المناخية – المحيطية التي قد تعيد تعليق المواد الكيميائية في الرواسب من الشواطئ الرملية والموحلة (Queiroz and others, 2018؛ و Dadalto and others, 2019).

وفي منطقة المحيط الهندي، أدى بناء الجزر الاصطناعية إلى نشوء مخاطر ملاحية جديدة على الصعيد المحلي تتصل بالمنشآت غير المثبتة المراد منها منع التحات وتتصل كذلك بإلقاء النفايات بشكل غير قانوني (Rahman, 2017a)، مع إنشاء هياكل جديدة غيرت المسالك المؤدية إلى مناطق الصيد (Rahman, 2017b). وأدت نتائج التقييم الأولي التفصيلي للأثر البيئي لمشروع يُنفذ في ماليزيا إلى إعادة النظر في التخطيط المقرر للجزر الجديدة بغية منع اختناق مرجٍ للأعشاب البحرية يتسم بالتنوع ومن ثم تلافي تدميره (Williams, 2016؛ والفصل 7 زاي). غير أن تبيُّن الآثار البيئية الأخرى والطويلة الأجل يتطلب استعراضاً مستمراً.

وأظهر مسح عالمي أن سواحل غرب المحيط الهادئ وشرق المحيط الأطلسي هي بؤر تركيز لعدة ملوثات وأنها تتأثر باحترار المناخ (Lu and others, 2018). وعلى الرغم من أن العديد من العوامل المحركة الناشئة

عن مناطق أخرى تؤثر أيضاً على ساحل المحيط الهادئ، فإن تغير المناخ والظواهر المحيطية – المناخية تبرز كقضية رئيسية في شرق المحيط الهادئ (Xiu and others, 2018). وساحل شرق المحيط الهادئ هو واحد من أكثر النظم الإيكولوجية البحرية إنتاجية بسبب وجود أنظمة لصعود مياه القاع إلى السطح، وهي الأنظمة التي تعتبر أهم عامل محرك للتغيرات في الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية (Randall and others, 2020). وفي شمال المحيط الهادئ، من المتوقع أن تؤدي الزيادة في كثافة صعود مياه القاع إلى السطح التي ترتبط بهبوب رياح أقوى بمحاذاة الشاطئ في المنطقة الساحلية (Xiu and others 2018) إلى تغيّر في أداء النظام الإيكولوجي في الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية بسبب التغيرات في مدخلات المغذيات والظروف الأوقيانوغرافية. وفي جنوب المحيط الهادئ، تؤثر التغيرات في نظام تيار همبولت على بلدان مختلفة بطرق مختلفة (من خلال الزيادة في الرياح المؤاتية لصعود مياه القاع إلى السطح قبالة تشيلي مثلا وقلّتها قبالة بيرو) (Bertrand and others, 2019). ويتأثر ساحل المحيط الهادئ بشدة بظاهرة النينيو وبالظواهر الجوية البالغة الشدة التي يمكن أن تصبح أكثر تواتراً وأن تؤثر على السواحل وخدمات النظم الإيكولوجية الساحلية التي توفرها الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية (Bertrand and others, 2019). ويؤثر تغير المناخ وما يرتبط به من تأثيرات على الديناميات الساحلية الطبيعية للشواطئ الرملية والصخرية وخدماتها، بما في ذلك الصيد وتربية الأحياء المائية والتحات والسياحة، وذلك بسبب تزايد وتيرة الظواهر البالغة الشدة التي لا يمكن التنبؤ بها استنادا إلى التجربة الحالية (Aguilera and others, 2019).

5 – آفاق المستقبل

إذا بقيت الأمور على حالها، ستتأثر الشعاب البحرية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية في جميع أنحاء العالم وستحدث خسارة كبيرة في خدمات النظم الإيكولوجية. ويُتوقع في الأجل المتوسط (20 عاما تقريبا) أن تتفاقم جميع المشاكل بشكل كبير ويُحتمل أن تُفقَد أجزاء كبيرة من الشواطئ الطبيعية، مع ما يترتب على ذلك من عواقب اجتماعية واقتصادية وثقافية سلبية. وثمة زيادة في عدد التجمعات السكانية على السواحل، وينجم عن ذلك زيادة في الملوثات والنفايات والعوامل الأخرى التي تؤثر على الشواطئ الرملية والموحلة والصخرية. ومن شأن الزيادة في البنى التحتية واستصلاح الأراضي في المناطق الساحلية أن تعجل بتلك العملية، ولا يُعرف حتى الآن سوى القليل عن الآثار الطويلة الأجل التي تطال السواحل بفعل التغيرات في الديناميات المائية وفي التنوع البيولوجي ومصادر المواد التي تُستخدم لبناء تلك البنى التحتية. ومن ناحية أخرى، إذا استند التوسع الحضري الساحلي إلى الهندسة المراعية للاقتصاد الأزرق، فسيتيح ذلك فرصة لزيادة المبادرات المستدامة (الفصل 7 ألف؛ و Strain and others, 2018) وزيادة الوعي العام بقيمة النظم الإيكولوجية الساحلية والنظم الساحلية الإيكولوجية الاجتماعية القائمة على الإلمام بالمسائل ذات الصلة بالمحيطات (Santoro and others, 2017؛ و Fleming and others, 2019).

وهناك صلة مباشرة بين سكان السواحل وخدمات النظم الإيكولوجية المستمدة من الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية، حيث قد تكون الزيادة في عدد السكان واستخدام الموارد البيئية أكبر من قدرة الشواطئ على التكيف. وفي الوقت نفسه، سيزيد تغير المناخ من تواتر وشدة العواصف التي تصل إلى الساحل (IPCC, 2018). ومن منظور المحيطات، هناك تغيرات متوقعة في العوامل المحركة المحيطية – المناخية

التي تؤثر على الساحل من خلال زيادة طاقة الأمواج، والتحات، ونقل الرواسب، وارتفاع مستوى سطح البحر، بما في ذلك انخفاض نطاق المنطقة المدّية لبعض الشواطئ (Herring and others, 2018). ومن منظور مياه المناطق الداخلية، فإن زيادة تساقط الأمطار ستعيق نقل الرواسب وتزيد مدخلات المغذيات والملوثات من البيئات الأرضية وبيئات المياه العذبة إلى الموائل الساحلية (Lana and others, 2018). ومن المتوقع أن 13,6–15,2 في المائة (097 36–511 40 كم) من الشواطئ الرملية في العالم يمكن أن تواجه تحاتا شديدا بحلول عام 2050، و 35,7–49,5 في المائة (061 95–745 131 كم) بحلول نهاية القرن. ولذلك، يمكن أن يواجه عدد من البلدان مشاكل كبيرة فيما يتصل بتحات الشواطئ الرملية بحلول نهاية القرن (Vousdoukasand others, 2020).

وستظل الآثار التراكمية الناجمة عن تغير المناخ وسائر التأثيرات البشرية المنشأ تؤثر على التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية وسلامة البيئة. وسوف تؤثر عوامل الإجهاد المتعددة المستمرة هذه، وفقا لمفهوم "صحة واحدة" الذي وضعته منظمة الصحة العالمية، على رفاه الإنسان وصحته (Fleming and others, 2019). ويمكن أيضا توقع أن تؤدي زيادة عدد السكان والبنى التحتية في المناطق الساحلية إلى تصاعد في النزاع الثقافي بين المجتمعات التقليدية ومجتمعات الشعوب الأصلية مع ظهور المدن الكبيرة والأنشطة الصناعية. وفي مختلف المجالات، سيكون لزيادة تلوث الموارد، وفقدان التنوع البيولوجي، والتغيرات التي تطرأ على السواحل، وتصاعد النزاعات، مع فقدان المعارف والتقاليد الأصلية والمحلية، أثرٌ اقتصاديٌ سلبي نتيجة لانخفاض السياحة وزيادة الاستثمارات اللازمة في قطاعات الصحة والاقتصاد والبنى التحتية لمواطني المنطقة. ومن ناحية أخرى، أظهرت الدراسات في بعض المناطق النتائجَ الممكنة لإدراج المعارف الإيكولوجية التقليدية في عمليات الحوكمة من أجل الحد من النزاعات وتعزيز التنمية المستدامة الإيجابية (Stori and others, 2019؛ و Van Assche and others, 2019). وهناك أيضا إمكانية لاستخدام الإدارة المتكاملة لمستجمعات المياه بوصفها أداة رئيسية للمساعدة في إدارة النظم البحرية الساحلية (Henderson and others, 2020).

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات

تحققت في العقود الأخيرة تطورات في المعارف المتصلة بالشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية، تتيح لنا أن نفهم على نحو أفضل أهميتها وآثارها البالغة الأهمية. وتوفر عمليات التصوير والنمذجة الساتلية الجديدة أيضا بيانات هامة لتصور التغير وتحديد المناطق المعرضة لمخاطر كبيرة، بما يشمل مجالات علمية متعددة (Sagar and others, 2017؛ و Mentaschi and others, 2018). ومع ذلك، لا تزال هناك بعض الثغرات في المعارف. وعلى الرغم من التقدم العلمي الذي تحقق مؤخرا، فإن المعلومات المتاحة لدينا قليلة جدا بحيث لا يمكن التنبؤ بدقة بسيناريوهات متوسطة الأجل أو طويلة الأجل.

وثمة أيضا عدم توازن بالنسبة للمعارف الإقليمية وحجم البيانات المتاحة في مناطق كثيرة من العالم، مثل جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى وغرب المحيط الهادئ. ومعظم البيانات المتاحة على نطاق العالم مستمدة من تحليلات محلية وإقليمية، ولا تسمح سوى نتائج قليلة جداً على الصعيد العالمي بإجراء استعراض ينحو المنحى النقدي لحالة الموائل الساحلية. ومع ذلك، فهناك في هذا السياق تقييم عالمي أوضح للشواطئ الرملية، ولذلك يمكن وضع خطط عمل للتخفيف من الآثار (Luijendijk and others, 2018؛ و Vousdoukas and others, 2020). ولم ينجَز بعد تحليل عالمي للتنوع البيولوجي والآثار المتعلقة

بالشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الموحلة والصخرية. وبالنظر إلى الآثار المتزايدة على هذه الشواطئ والافتقار إلى مجموعات البيانات، من المهم تحسين البروتوكولات العلمية وبناء القدرات وقواعد البيانات من أجل الرصد الموحد لمؤشرات التنوع البيولوجي وأداء النظم الإيكولوجية والعوامل المحركة البيئية، التي يتعين تطبيقها فيما يتعلق بالشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية في جميع أنحاء العالم. وفي الوقت الراهن، يجري جمع الكثير من البيانات العلمية على المستويات المحلية باستخدام بروتوكولات مختلفة، مما يحول دون إجراء أي تحليل إقليمي أو عالمي متكامل.

ويجب تشجيع العلوم المتعددة التخصصات من أجل تعزيز التطور المشترك للعلوم الطبيعية والاجتماعية من أجل توفير بيانات علمية عن البعد البشري للبيئة (McKinley and others, 2020)، وخاصة فيما يتعلق بالشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية. وبالنظر إلى نطاق التخصصات المتصلة بالشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية والارتباطات فيما بينها، بسبب غزارة تنوعها البيولوجي وخدماتها الإيكولوجية، بما في ذلك الوجود البشري على شواطئ المنطقة المدِّية، وجميع الخدمات الاقتصادية والصحية ذات الصلة، فمن الضروري تحقيق التكامل بين العلوم الطبيعية والاجتماعية لتعزيز الحلول القائمة على الطبيعة، والهندسة المراعية للاقتصاد الأزرق، وقدرة النظم الإيكولوجية على التكيف، ورفاه الإنسان (McKinley and others, 2020؛ و Stepanova and others, 2020).ومن الضروري زيادة المعارف بشأن عوامل الإجهاد المتعددة في هذه الموائل من أجل دعم فهم أفضل لتأثير مثل هذه الأخطار على تلك الموائل، سواء بوصفها عوامل محركة فردية أو من حيث التآزر بين عوامل الإجهاد المتعددة. ومن شأن زيادة المعارف بشأن تأثير عوامل الإجهاد المتعددة أن تدعم تحسين اتخاذ القرارات على أسس علمية.

ومن المهم بناء القدرات في مجال تطوير العلوم من خلال التعاون المتعدد القطاعات، بحيث يُنظر في المسائل العلمية ليس فقط على أساس وجود ثغرات علمية ولكن أيضا في حالات وجود ثغرات اجتماعية وإدارية واقتصادية (Lubchenco and others, 2019؛ و Urban and others, 2020). ويحتاج صانعو القرارات وواضعو السياسات إلى بحوث سليمة لحل المشاكل العملية عند إدارة الموارد والتنوع البيولوجي. وتخطيط الحيز البحري مسألة رئيسية ومثال ممتاز على كيفية إدارة النزاعات في المنطقة الساحلية وآثارها على الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية على أساس نهج متعدد التخصصات يضم أصحاب المصلحة المتعددين بما يصب في صالح التنمية المستدامة (Kidd and others, 2020). ونحن بحاجة أيضا إلى محاولة فهم البُعد البشري وإدراجه في البحوث المتعلقة بالشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية، وزيادة التواصل والوعي من خلال المعرفة بالمحيطات (Santoro and others, 2017). ويمكن استخدام الموائل لتكون في طليعة الجهود الرامية إلى تعزيز دور العلم في تنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030، بما في ذلك الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة. ومن خلال زيادة المعارف العلمية بشأن كيفية إدماج الأبعاد البشرية والطبيعية في الدراسات المتصلة بالآثار التي تصيب الشعاب البحرية الحيوية والشواطئ الرملية والموحلة والصخرية والحفاظ عليها، ستتعزز العلوم التي يمكن أن تدعم أفضل الممارسات لإدارة السواحل التي تقوم على شراكة بين أصحاب المصلحة المتعددين وفهم لأهمية المحيطات والموائل الساحلية وعوامل الإجهاد المتعددة التي تتعرض لها.

المراجع

Aguilera, Moisés A., and others (2019). Chapter 29 – Chile: environmental status and future perspectives. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, ed. Charles Sheppard, pp. 673–702. Elsevier.

Allenbach, Karin, and others (2015). Black Sea beaches vulnerability to sea level rise. *Environmental Science & Policy*, vol. 46, pp. 95–109.

Anton, Catalin, and others (2017). An analysis of the coastal risks in the Romanian nearshore. *Mechanical Testing and Diagnosis*, vol. 7, No. 1, pp. 18–27.

Barbier, Edward B., and others (2008). Coastal ecosystem–based management with nonlinear ecological functions and values. *Science*, vol. 319, No. 5861, pp. 321–323.

Barboza, Francisco Rafael, and Omar Defeo (2015). Global diversity patterns in sandy beach macrofauna: a biogeographic analysis. *Scientific Reports*, vol. 5, No. 1, pp. 1–9.

Bertrand, Arnaud, and others (2019). Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Southwest Atlantic and Southeast Pacific marine fisheries. *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture*, p. 325.

Biedenweg, Kelly, and others (2016). A holistic framework for identifying human wellbeing indicators for marine policy. *Marine Policy*, vol. 64, pp. 31–37.

Borja, Angel, and others (2020). Moving Toward an Agenda on Ocean Health and Human Health in Europe. *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, art. 37.

Bunicontro, M. Paula, and others (2015). The effect of coastal defense structures (mounds) on southeast coast of Buenos Aires province, Argentine. *Ocean & Coastal Management*, vol. 116, pp. 404–413.

Castelle, Bruno, and others (2018). Increased winter–mean wave height, variability, and periodicity in the Northeast Atlantic over 1949–2017. *Geophysical Research Letters*, vol. 45, No. 8, pp. 3586–3596.

Cherkez, E.A., and others (2020). Using of Landsat Space Images to Study the Dynamic of Coastline Changes in the Black Sea North–Western Part in 1983–2013. In XIXth International Conference Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects (11–14 May 2020), EAGE and AUAG, Kyiv, Ukraine.

Cherkez, E.A., and others (2006). Landslide protection of the historical heritage in Odessa (Ukraine). *Landslides*, vol. 3, No. 4, pp. 303–309.

Dadalto, Maria Cristina, and others (2019). Changes perceived by traditional fishing communities after a major dam disaster in Brazil. *International Journal of Environmental Studies*, 1–9.

Defeo, Omar, and others (2009). Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 81, No. 1, pp. 1–12.

Drius, Mita, and others (2019). Tackling challenges for Mediterranean sustainable coastal tourism: An ecosystem service perspective. *Science of the Total Environment*, vol. 652, pp. 1302–1317.

Dubois, Stanislas, and others (2009). Feeding response of the polychaete *Sabellaria alveolata* (*Sabellariidae*) to changes in seston concentration. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 376, No. 2, pp. 94–101.

Elliott, Michael, and others (2019). A synthesis: what is the future for coasts, estuaries, deltas and other transitional habitats in 2050 and beyond? In *Coasts and Estuaries*, pp. 1–28. Elsevier.

Ellis, J.I., and others (2017). Multiple stressor effects on marine infauna: responses of estuarine taxa and functional traits to sedimentation, nutrient and metal loading. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, art. 12013. https://doi.org/10.1038/s41598-017-12323-5.

Environmental Monitoring of the Black Sea (EMBLAS) (2019). 12-Months National Pilot Monitoring Studies in Georgia, Russian Federation and Ukraine, 2016–2017. In *Final Scientific Report*, J. Slobodnik and others, eds. European Commission and UNDP. http://emblasproject.org/wp-content/uploads/ 2019/07/ EMBLAS-II_NPMS_12_months-2016_2017_FinDraft2.pdf.

Escobar, Herton (2019). Mystery oil spill threatens marine sanctuary in Brazil. *Science*, vol. 366, No. 6466, pp. 672–672. https://doi.org/10.1126/science.366.6466.672.

Everard, Mark, and others Watts (2010). Have we neglected the societal importance of sand dunes? an ecosystem services perspective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 20, No. 4, pp. 476–487.

Firth, Louise B., and others (2016). Ocean sprawl: challenges and opportunities for biodiversity management in a changing world. In *Oceanography and Marine Biology*, pp. 201–278. CRC Press.

Fleming, Lora E., and others (2019). Fostering human health through ocean sustainability in the 21st century. *People and Nature*, vol. 1, No. 3, pp. 276–83. https://doi.org/10.1002/pan3.10038.

Freiberg, E., and others (2010). Some Peculiarities and Results of Explorations of Deformation Processes of The Rocks of Adzhalykskiy Firth Valley Slopes. In *ISRM International Symposium–6th Asian Rock Mechanics Symposium*. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering.

Freiberg, E., and others (2011). The Impact of Structural–Tectonic and Lithogenous Peculiarities of the Rock Mass on the Formation and Development of Geo–Deformation Processes. In *12th ISRM Congress*. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering.

Garratt, Matthew J., and others (2019). Mapping the consequences of artificial light at night for intertidal ecosystems. *Science of The Total Environment*, vol. 691, pp. 760–768.

Gascon, Mireia, and others (2017). Outdoor blue spaces, human health and well–being: a systematic review of quantitative studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 220, No. 8, pp. 1207–1221.

Gelcich, Stefan, and others (2019). Comanagement of small–scale fisheries and ecosystem services. *Conservation Letters*, vol. 12, No. 2, e12637. https://doi.org/10.1111/conl.12637.

Gil, Mónica Noemí, and others (2019). Southern Argentina: The Patagonian Continental Shelf. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, pp. 783–811. Elsevier.

Girão, Mariana, and others (2019). Actinobacteria isolated from *Laminaria ochroleuca*: A source of new bioactive compounds. *Frontiers in Microbiology*, vol. 10, art. 683.

Goryachkin, Yuri N. (2013). Ukraine. In *Coastal Erosion and Protection in Europe*, Enzo Pranzini and Allan Williams, eds., pp. 413–426. London: Routledge.

Griffiths, Jennifer R., and others (2017). The importance of benthic–pelagic coupling for marine ecosystem functioning in a changing world. *Global Change Biology*, vol. 23, No. 6, pp. 2179–96. https://doi.org/10.1111/gcb.13642.

Hawkins, Stephen J., and others (2019). *Interactions in the Marine Benthos*. vol. 87. Cambridge University Press.

Henderson, C.J., and others (2020). Landscape transformation alters functional diversity in coastal seascapes. *Ecography*, vol. 43, pp. 138–148.https://doi.org/10.1111/ecog.04504.

Herring, Stephanie C., and others (2018). Explaining extreme events of 2016 from a climate perspective. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 99, No. 1, pp. S1–S157.

Hoerterer, Christina, and others (2020). Stakeholder perspectives on opportunities and challenges in achieving sustainable growth of the blue economy in a changing climate. *Frontiers in Marine Science*.

Huang, D.W., and K. Roy (2015). The future of evolutionary diversity in reef corals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370, 20140010.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018). *Special Report on Global Warming of 1.5°C* (SR1.5).

Ivkić, Angelina, and others (2019). The potential of large rafting objects to spread Lessepsian invaders: the case of a detached buoy. *Biological Invasions*, vol. 21, No. 6, pp. 1887–1893.

Jarratt, David, and Nick J. Davies (2019). Planning for climate change impacts: coastal tourism destination resilience policies. *Tourism Planning & Development*, 1–18.

Kermagoret, Charlène, and others (2019). How does eutrophication impact bundles of ecosystem services in multiple coastal habitats using state–and–transition models. *Ocean & Coastal Management*, vol. 174, pp. 144–153.

Kidd, Sue, and others (2020). Marine spatial planning and sustainability: examining the roles of integration–scale, policies, stakeholders and knowledge. *Ocean & Coastal Management*, vol. 191, p. 105182.

Kim, Tae Won, and others (2018). Effect of Mudflat Trampling on Activity of Intertidal Crabs. *Ocean Science Journal*, vol. 53, No. 1, pp. 101–6. https://doi.org/10.1007/s12601-018-0004-4.

Kosyan, R. D., and V. N. Velikova (2016). Coastal zone – Terra (and aqua) incognita – Integrated Coastal Zone Management in the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 169, pp. A1–16. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.11.016.

Kovalova, N., and others (2010). Long-term changes of bacterioplankton and chlorophyll a as indicators of changes of north-western part of the Black Sea ecosystem during the last 30 years. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 11, No. 1, pp. 191–198.

Krelling, Allan Paul, and Alexander Turra (2019). Influence of oceanographic and meteorological events on the quantity and quality of marine debris along an estuarine gradient. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 139, pp. 282–98. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.049.

Kucuksezgin, Filiz, and others (2019). Chapter 12 – The Coasts of Turkey. In *World Seas: An Environmental Evaluation (Second Edition)*, ed. Charles Sheppard, pp. 307–32. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805068-2.00015-2.

Lana, Paulo da Cunha, and others (2018). Benthic estuarine assemblages of the Southeastern Brazil Marine Ecoregion (sbme). In *Brazilian Estuaries: A Benthic Perspective*, Paulo da Cunha Lana and Angelo Fraga Bernardino, eds., pp. 117–75. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77779-5_5.

Le Duff, M., and others (2017). Coastal Erosion Monitoring on Ouvea Island (New Caledonia): Involving the Local Community in Climate Change Adaptation. In *Climate Change Adaptation in Pacific Countries*, pp. 255–268. Springer.

Leite, Lucas G., and others (2012). Abundance of biofilm on intertidal rocky shores: Can trampling by humans be a negative influence? *Marine Environmental Research*, vol. 79, pp. 111–115.

Liu, Jinming, and others (2018). Literature review of coral concrete. *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 43, No. 4, pp. 1529–1541.

Lu, Yonglong, and others (2018). Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability. *Environmental Pollution*, vol. 239, pp. 670–80. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.016.

Lubchenco, Jane, and others (2019). Connecting science to policymakers, managers, and citizens. *Oceanography*, vol. 32, No. 3, pp. 106–115.

Luijendijk, Arjen, and others (2018). The State of the World's Beaches. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 6641. https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6.

Maggi, Elena, and L. Benedetti-Cecchi (2018). Trophic compensation stabilizes marine primary producers exposed to artificial light at night. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 606, pp. 1–5.

Marcovecchio, Jorge E., and others (2019). The Northern Argentine Sea. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, ed. Charles Sheppard, pp. 759–781. Elsevier.

Marselle, Melissa R., and others (2019). Review of the Mental Health and Well-being Benefits of Biodiversity. In *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change*, Melissa R. Marselle and others, eds., pp. 175–211. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8_9.

Martinez, Aline S., and others (2019). Functional responses of filter feeders increase with elevated metal contamination: Are these good or bad signs of environmental health? *Marine Pollution Bulletin*, vol. 149, p. 110571.

Massé Jodoin, Julien, and Frédéric Guichard (2019). Non-resource effects of foundation species on meta-ecosystem stability and function. *Oikos*, vol. 128, No. 11, pp. 1613–1632.

Masselink, Gerd, and others (2016). Extreme wave activity during 2013/2014 winter and morphological impacts along the Atlantic coast of Europe. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, No. 5, pp. 2135–43. https://doi.org/10.1002/2015GL067492.

Mazzuco, Ana Carolina de Azevedo, and others (2015). Temporal variation in intertidal community recruitment and its relationships to physical forcings, chlorophyll–a concentration and sea surface temperature. *Marine Biology*, vol. 162, No. 9, pp. 1705–1725.

Mazzuco, Ana Carolina de Azevedo, and others (2018). The influence of atmospheric cold fronts on larval supply and settlement of intertidal invertebrates: Case studies in the Cabo Frio coastal upwelling system (SE Brazil). *Journal of Sea Research*, vol. 137, pp. 47–56.

McKinley, E., and others (2020). Marine social sciences: looking towards a sustainable future. *Environmental Science & Policy*.

Medinets, S., and V. Medinets (2010). Results of investigations of atmospheric pollutants fluxes in Zmeiny Island in Western part of the Black Sea in 2003–2007 years. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 11, No. 3, pp. 1030–1036.

Medinets, Sergiy (2014). The black sea nitrogen budget revision in accordance with recent atmospheric deposition study. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 14, No. 5, pp. 981–992.

Medinets, Sergiy, and Volodymyr Medinets (2012). Investigations of atmospheric wet and dry nutrient deposition to marine surface in western part of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 12, No. 5, pp. 497–505.

Mendez, María M., and others (2017). Effects of recreational activities on Patagonian rocky shores. *Marine Environmental Research*, vol. 130, pp. 213–220.

Mentaschi, Lorenzo, and others (2018). Global long–term observations of coastal erosion and accretion. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, pp. 1–11.

Narayan, Siddharth, and others (2016). The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature–based defences. *PloS One*, vol. 11, No. 5.

Nicholls, R., and others (2007). Coastal systems and low–lying areas. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Martin Parry and others, eds., pp. 315–357. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

Nitivattananon, Vilas, and Sirinapha Srinonil (2019). Enhancing coastal areas governance for sustainable tourism in the context of urbanization and climate change in eastern Thailand. *Advances in Climate Change Research*, vol. 10, No. 1, pp. 47–58.

O'Gorman, Eoin J., and others (2012). Multiple anthropogenic stressors and the structural properties of food webs. *Ecology*, vol. 93, No. 3, pp. 441–48. https://doi.org/10.1890/11–0982.1.

Oelsner, Gretchen P., and Edward G. Stets (2019). Recent trends in nutrient and sediment loading to coastal areas of the conterminous us: insights and global context. *Science of the Total Environment*, vol. 654, pp. 1225–1240.

Osorio–Cano, Juan D., and others (2019). Ecosystem management tools to study natural habitats as wave damping structures and coastal protection mechanisms. *Ecological Engineering*, vol. 130, pp. 282–295.

Pardal–Souza, André Luiz, and others (2017). Shading impacts by coastal infrastructure on biological communities from subtropical rocky shores. *Journal of Applied Ecology*, vol. 54, No. 3, pp. 826–835.

Park, Hae–Ryung, and others (2019). Transcriptomic response of primary human airway epithelial cells to flavoring chemicals in electronic cigarettes. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, pp. 1–11.

Penalba, Markel, and others (2018). Wave energy resource variation off the west coast of Ireland and its impact on realistic wave energy converters' power absorption. *Applied Energy*, vol. 224, pp. 205–219.

Petrovic F., and F. Guichard (2008). Scales of *Mytilus* spp. population dynamics: importance of adult displacement and aggregation. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 356, pp. 203–14.

Pinsky, Malin L., and others (2019). Greater vulnerability to warming of marine versus terrestrial ectotherms. *Nature*, vol. 569, No. 7754, pp. 108–11. https://doi.org/10.1038/s41586–019–1132–4.

Poloczanska, Elvira S., and others (2013). Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change*, vol. 3, No. 10, pp. 919–25. https://doi.org/10.1038/nclimate1958.

Qiang, Mengmeng, and others (2019). Loss of tourism revenue induced by coastal environmental pollution: a length–of–stay perspective. *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 28, No. 4, pp. 550–567.

Queiroz, Hermano M., and others (2018). The Samarco mine tailing disaster: a possible time–bomb for heavy metals contamination? *Science of the Total Environment*, vol. 637, pp. 498–506.

Rahman, Serina (2017a). *Johor's Forest City Faces Critical Challenges*. Trends in Southeast Asia 3. ISEAS Yusof Ishak Institute.

_____(2017b). *The Socio–Cultural Impacts of Forest City*. ISEAS Yusof Ishak Institute. http://hdl.handle.net/11540/7217.

Randall, Carly J., and others (2020). Upwelling buffers climate change impacts on coral reefs of the eastern tropical Pacific. *Ecology*, vol. 101, No. 2. e02918. https://doi.org/10.1002/ecy.2918.

Rangel–Buitrago, N., and G. Anfuso (2009). Assessment of coastal vulnerability in La Guajira Peninsula, Colombian Caribbean Sea. *Journal of Coastal Research*, pp. 792–796.

Rilov, Gil and others (2019). Adaptive marine conservation planning in the face of climate change: what can we learn from physiological, ecological and genetic studies? *Global Ecology and Conservation*, vol. 17, e00566. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00566.

Robinson, Danielle, and others (2019). Community perceptions link environmental decline to reduced support for tourism development in small island states: a case study in the Turks and Caicos Islands. *Marine Policy*, vol. 108, art. 103671.

Rodríguez–Revelo, Natalia, and others (2018). Environmental services of beaches and coastal sand dunes as a tool for their conservation. In *Beach Management Tools – Concepts, Methodologies and Case Studies*, Camilo M. Botero, and others, eds., pp. 75–100. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978–3–319–58304–4_5.

Sagar, Stephen, and others (2017). Extracting the intertidal extent and topography of the Australian coastline from a 28 year time series of Landsat observations. *Remote Sensing of Environment*, vol. 195, pp. 153–169.

Santoro, Francesca and others (2017). *Ocean Literacy for All – A Toolkit*.

Sardain, Anthony, and others (2019). Global forecasts of shipping traffic and biological invasions to 2050. *Nature Sustainability*, vol. 2, No. 4, pp. 274–282.

Schlacher, Thomas A., and Luke Thompson (2012). Beach recreation impacts benthic invertebrates on ocean–exposed sandy shores. *Biological Conservation*, vol. 147, No. 1, pp. 123–132.

Scrosati, Ricardo A., and Julius A. Ellrich (2018). Benthic–pelagic coupling and bottom–up forcing in rocky intertidal communities along the Atlantic Canadian coast. *Ecosphere*, vol. 9, No. 5, e02229. https://doi.org/10.1002/ecs2.2229.

Seebens, Hanno, and others (2017). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, vol. 8, No. 1, art. 14435. https://doi.org/10.1038/ncomms14435.

Smale, Dan A., and Thomas Wernberg (2013). Extreme climatic event drives range contraction of a habitat–forming species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 280, No.1754. https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2829.

Snigirov, Sergey, and others (2012). The fish community in Zmiinyi Island waters: structure and determinants. *Marine Biodiversity*, vol. 42, No. 2, pp. 225–239.

Soares, Marcelo de Oliveira, and others (2020). Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. *Marine Policy*, vol. 115, art. 103879.

Stanchev, Hristo, and others (2018). Analysis of shoreline changes and cliff retreat to support Marine Spatial Planning in Shabla Municipality, Northeast Bulgaria. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 127–40. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.06.011.

Stanchev, Hristo, and others (2013). Integrating GIS and high resolution orthophoto images for the development of a geomorphic shoreline classification and risk assessment—a case study of cliff/bluff erosion along the Bulgarian coast. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 17, No. 4, pp. 719–28. https://doi.org/10.1007/s11852–013–0271–2.

Stepanova, Olga, and others (2020). Understanding mechanisms of conflict resolution beyond collaboration: an interdisciplinary typology of knowledge types and their integration in practice. *Sustainability Science*, vol. 15, No. 1, pp. 263–279.

Stori, Fernanda Terra, and others (2019). Traditional ecological knowledge supports ecosystem–based management in disturbed coastal marine social–ecological systems. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 571. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00571.

Strain, Elisabeth M.A., and others (2018). Eco–engineering urban infrastructure for marine and coastal biodiversity: Which interventions have the greatest ecological benefit? *Journal of Applied Ecology*, vol. 55, No. 1, pp. 426–41. https://doi.org/10.1111/1365–2664.12961.

Tătui, Florin, and others (2019). The Black Sea coastline erosion: index–based sensitivity assessment and management–related issues. *Ocean & Coastal Management*, vol. 182, art. 104949.

Teixeira, I.G., and others (2018). Response of phytoplankton to enhanced atmospheric and riverine nutrient inputs in a coastal upwelling embayment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 210, pp. 132–141.

Underwood, Charlotte N., and others (2017). Artificial light at night alters trophic interactions of intertidal invertebrates. *Journal of Animal Ecology*, vol. 86, No. 4, pp. 781–789.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Urban, Edward R., and others (2020). The importance of bottom–up approaches to international cooperation in ocean science. *Oceanography*, vol. 33, No. 1, pp. 11–15.

Van Assche, Kristof, and others (2019). Governance and the coastal condition: towards new modes of observation, adaptation and integration. *Marine Policy*, vol. 112. https://doi.org/10.1016/j.marpol. 2019.01.002.

Vaquer–Sunyer, Raquel, and Carlos M. Duarte (2011). Temperature effects on oxygen thresholds for hypoxia in marine benthic organisms. *Global Change Biology*, vol. 17, No. 5, pp. 1788–97. https://doi.org/10.1111/j.1365–2486.2010.02343.x.

Voorhies, Kristen J., and others (2018). Longstanding signals of marine community structuring by winter storm wave–base. *Marine Ecology Progress Series,* vol. 603, pp. 135–146.

Vousdoukas, Michalis I., and others (2020). Sandy coastlines under threat of erosion. *Nature Climate Change*, vol. 10, No. 3, pp. 260–63. https://doi.org/10.1038/s41558–020–0697–0.

Wang, Aiguo, and others (2018). The development of coral concretes and their upgrading technologies: a critical review. *Construction and Building Materials*, vol. 187, pp. 1004–1019.

Whitney, Charlotte K., and Natalie C. Ban (2019). Barriers and opportunities for social–ecological adaptation to climate change in coastal British Columbia. *Ocean & Coastal Management*, vol. 179, art. 104808.

Williams, Joseph Marcel R. (2016). Evaluating the diverse impacts of megaprojects: the case of Forest City in Johor, Malaysia. PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology. https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/105036.

Xiu, Peng, and others (2018). Future changes in coastal upwelling ecosystems with global warming: The case of the California Current System. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 2866.

You, Soojin, and others (2018). Coastal landscape planning for improving the value of ecosystem services in coastal areas: using system dynamics model. *Environmental Pollution*, vol. 242, pp. 2040–2050.

Zhai, Tianlin, and others (2020). Assessing ecological risks caused by human activities in rapid urbanization coastal areas: towards an integrated approach to determining key areas of terrestrial–oceanic ecosystems preservation and restoration. *Science of The Total Environment*, vol. 708, art. 135153.

الفصل 7 جيم
البحيرات الشاطئية المرجانية والبحيرات الشاطئية الجزرية

المساهمون: كولين د. وودروف (منظم الاجتماعات)؛ وكارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، وديفيد أوبورا، وفرناندا دي أوليفيرا لانا، وآرثر ب. ويب.

النقاط الرئيسية

- تتعرض سلامةُ الشعاب المرجانية الحلقية والبحيرات الشاطئية الجزرية واستدامةُ المجتمعات المحلية التي تعتمد عليها في كسب معيشتها لتحديات ناشئة عن العديد من القيود وعوامل الإجهاد البيئية التي كثيرا ما تتفاقم بفعل الأنشطة البشرية.
- الجزر القائمة على الشعاب الحلقية والشعاب المرجانية الأخرى منخفضة ومعرضة بدرجة كبيرة لآثار تغير المناخ، ولا سيما ارتفاع مستوى سطح البحر؛ ومن المرجح أن تستجيب كل جزيرة بطريقة مختلفة عن غيرها.
- يهدد تغير المناخ النظُمَ الإيكولوجية للشعاب المرجانية مع ما يترتب على ذلك من آثار على قابلية الجزر للسكن. ويكتسي ابيضاض المرجان، وتحات الجزر وغمرها، وانحلال الكربونات، وآثار الظواهر البالغة الشدة مثل العواصف المدارية، أهمية خاصة في هذا السياق.
- الجزر المرجانية الحضرية المتقدمة النمو تعتمد بشكل متزايد على الحلول الهندسية التي ينبغي أن تدمج الخيارات "الصلبة" و "الخضراء/الزرقاء" لتجنب الآثار غير المقصودة، في حين تعتمد المجتمعات الجزرية الريفية الأقل كثافة على سلامة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية المحيطة وإنتاجيتها ووظائفها.

1 - مقدمة

تعد الشعاب المرجانية والجزر المرجانية المدارية المنخفضة، مع نظم البحيرات الشاطئية المرتبطة بها، ظواهر حديثة جيولوجيا تشكلت على مدى الألفيات القليلة الماضية. ويتوقف تشكلها واستمرارها على مستوى سطح البحر، والإنتاج البيولوجي لرواسب كربونات الكالسيوم، وظروف المحيط والغلاف الجوي التي تعيد تكوين هذه الرواسب وتنقلها وتعيد ترسيبها. وتتناثر هذه الجزر على امتداد البحار التي تتكون فيها الشعاب البحرية، وغالبا ما تكون معزولة جدا. وهي تشترك في سمات تتمثل في كونها منخفضة، وصغيرة المساحة، ومعرضة للظروف البحرية المحيطة. وتوفر هذه الجزر إمكانات زراعية ضئيلة وموارد محدودة من المياه الجوفية العذبة لمجتمعات الكفاف التي تعيش عليها، والتي تعتمد اعتمادا شديداً على الشعاب البحرية المحيطة من أجل الأمن الغذائي اليومي. والنظم الإيكولوجية البحرية والساحلية المرتبطة بها، بما في ذلك الأعشاب البحرية وأشجار المانغروف والغطاء النباتي البري، مهمة أيضا للاستقرار والخدمات الإيكولوجية الزراعية التي تعتمد عليها المجتمعات المحلية.

ولم تقيَّم الجزر المرجانية والبحيرات الشاطئية المرجانية على وجه التحديد في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017b)، على الرغم من أن الفصل 7 منه (United Nations, 2017a) وصَف إنتاج الكربونات وإسهامها في الرواسب الساحلية وذُكرت الشعاب المرجانية الحلقية في فصول أخرى. أما في التقييم الحالي، فإن الفصل 7 دال، المعنون الشعاب المرجانية المدارية وشبه المدارية، يتناول مواضيع وثيقة الصلة، كما توجد مادة مكملة في الفصل 7 زاي المتعلق بمروج الأعشاب البحرية.

وخلص استعراض أجري مؤخرا إلى أن هناك 439 تشكيلا يمكن تصنيفها على أنها شعاب مرجانية حلقية في جميع أنحاء العالم (Goldberg, 2016). وهناك 268 شِعباً من الشعاب المرجانية الحلقية التي تقوم عليها جزر شِعابية، ولكن هذا الفصل يتضمن النظر في الجزر الرملية والجزر المكونة من حصى التي تتشكل على الشعاب المرجانية الأخرى، والتي يتشابه نمطها السلوكي مع ذاك الخاص بالجزر التي تتشكل على حواف الشعاب المرجانية الحلقية. ويتواجد أكبر عدد من

الشعاب المرجانية الحلقية في المحيط الهادئ (يقع 84 في المائة من الشعاب المرجانية الحلقية في المحيط الهادئ، بما في ذلك بحر الصين الجنوبي والفلبين والأرخبيل الإندونيسي)؛ ويقع ما يقرب من 13 في المائة منها في المحيط الهندي، ويقع أقل من 3 في المائة في منطقة البحر الكاريبي (Goldberg, 2016). وتضم بولينيزيا الفرنسية 83 شِعباً من الشعاب المرجانية الحلقية (قرابة 20 في المائة من المجموع العالمي). وتشمل تابيتيوا، وهي منظومة واحدة من الجزر المرجانية، قرابة 50 جزيرة مسماة على طول حافتها الشرقية. وجزيرة روكاس المرجانية هي الجزيرة المرجانية الوحيدة في جنوب المحيط الأطلسي، وهي تتمتع بالحماية الكاملة في إطار سياسة الحفظ في البرازيل (Pereira and others, 2010؛ و Soares and others, 2011). ويضم أرخبيلا ملديف ولاكشادويب معظم تشكيلات الشعاب المرجانية الحلقية في المحيط الهندي، بينما لا توجد في أماكن أخرى سوى شعاب مرجانية حلقية معزولة (مثل ألدابرا وغلوريوز).

وكان تشارلز داروين أول من قدم شرحاً عن الشعاب المرجانية الحلقية وتشكيلات الجزر المتصلة بها (Darwin, 1874). فالجزيرة البركانية البارزة فوق سطح البحر التي تهدأ بعد ذلك، لتصبح تحت مستوى سطح البحر في نهاية المطاف، تنشأ لها حافة مرجانية من الكربونات مكونة من المرجان والكائنات المرتبطة به، ولا تترك وراءها في نهاية المطاف سوى حافة من الشعاب المرجانية الحلقية وبحيرة مركزية. ويمكن أن تتشكل الجزر الشِعابية عندما تكون حواف الشعاب المرجانية الحلقية بارزةً فوق أعلى مستوى للمد والظروفُ مؤاتية. وهي تتألف بالكامل من الهياكل العظمية الكلسية للكائنات الحية في الشعاب البحرية، بما في ذلك المرجان الذي جرى تفكيكه إلى صخور وحصى ورمل، والكائنات الحية الأخرى مثل المثقّبات والرخويات والطحالب المرجانية. ويعتمد توسّع الجزيرة واستمرارها على استمرار إنتاج رواسب الشعاب البحرية لموازنة التحات المستمر بفعل الأمواج والتيارات والرياح.

ويبدو أن الجزر الشِعابية تكونت على العديد من الشعاب المرجانية الحلقية نتيجة حدوث هبوط طفيف في مستوى سطح البحر بعد ارتفاعه في منتصف الحقبة الهولوسينية مما أتاح تراكم رواسب الشعاب البحرية. وعادة ما تكون الجزر الشِعابية المأهولة هي الجزر الأكبر حجما، التي تضم مناطق داخلية تكونت فيها تربة وغطاء نباتي أكثر تعقيدا وتوجد بها موارد للمياه الجوفية العذبة أكثر ثباتا. ويمكن أن يكون استيطان الناس للجزر قد حدث بعد فترة وجيزة من تشكّلها (Nunn, 2016؛ و Allen and others, 2016). ويؤدي الاستخدام البشري المكثف لمثل هذه النظم الإيكولوجية المعقدة إلى تدهورها. والشعاب المرجانية الحلقية التي لا تتشكل عليها جزر أو تتشكل عليها جزر غير صالحة للسكن لها قيمة إيكولوجية كبيرة، وهي تمثل أكثر موائل الشعاب المرجانية سلامة وأقلها تأثرا بعوامل الاضطراب وأكثرها قدرة على التكيف (Riegl and others, 2012؛ و Donner and Carilli, 2019). وحدوث تدهور في سلامة الشعاب البحرية أو إنتاجيتها يهدد استمرار مثل هذه النظم الإيكولوجية والمجتمعات المحلية التي تعتمد عليها.

2 - التغيرات الموثقة في حالة الجزر المرجانية والبحيرات الشاطئية الجزرية

2-1 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020

تحات الجزر - كثيرا ما يعزى تحات الشواطئ الجزرية إلى ارتفاع مستوى سطح البحر، وإن كان إثبات وجود صلة بين التحات وارتفاع مستوى سطح البحر يشكّل تحديا. وتظهِر الدراسات تباين ردود الفعل حول فرادى الجزر وعلى نطاق مجموعات كاملة من الجزر المرجانية (Ford and Kench, 2015)، وغالبا ما تخفي التقلبات القصيرة الأجل أي إشارات حقيقية طويلة الأجل (Mann

and others, 2016؛ و Ryan and others, 2016؛ و Nunn and others, 2017, 2019). ففي جزر سليمان، اختفت عدة جزر، ولكن انزياح جزر أخرى استجابة لنشاط الأمواج يشير إلى أن هذا ليس مجرد عملية إغراق ناجمة عن ارتفاع مستوى سطح البحر (Albert and others, 2016, 2017). وقد سُجلت تباينات في موقع الشاطئ في العديد من الجزر في المحيط الهندي (Hamylton and East, 2012؛ و Purkis and others, 2016؛ و Testut and others, 2016) وازداد حجم العديد منها، ويبدو من المرجح أن تستمر هذه الزيادة في المستقبل (Beetham and others, 2017). وفي المحيط الهادئ، لوحظت تغيرات طفيفة نسبيا في جزر تواموتو المرجانية حيث يبدو أن دور مستوى سطح البحر كان ضئيلا نسبيا، مقارنة بدور النظام المناخي وإمدادات الرواسب والآثار البشرية المنشأ على استقرار الشواطئ (Le Cozannet and others, 2013؛ و Duvat and Pillet, 2017). وفي توفالو، زادت مساحة الجزر الشِعابية المتشكلة على شعاب فونافوتي المرجانية الحلقية، ويرجع ذلك جزئيا إلى الأعاصير المدارية (Kench and others, 2015؛ و McLean and Kench, 2015)، ودل تغير خط الشاطئ لجميع الجزر الـ 101 في توفالو على ازدياد مساحة الأرض في ثمان من الجزر المرجانية التسعة على مدى العقود الأربعة الماضية (Kench and others, 2018). ومع ذلك، أدت الآثار التي أصابت خط الشاطئ في الفترة الأخيرة في أعقاب إعصار بام المداري في آذار/مارس 2015 إلى حدوث انحسار كبير للشاطئ في بعض الجزر في توفالو، مما أبرز التباين الكبير في آثار الاضطرابات المدارية على الجزر. وكشف تحليل للبيانات المتوفرة، شمل 30 شِعبا من الشعاب المرجانية الحلقية في المحيط الهادئ والمحيط الهندي، بما في ذلك 709 جزر، أن أيا من الشعاب المرجانية الحلقية لم يفقد مساحة أرضه الإجمالية وأن مساحة 88,6 في المائة من الجزر الموجودة بين هذه الشعاب كانت مستقرة أو ازدادت، في حين لم يشهد سوى 11,4 في المائة منها تقلصا في المساحة (Duvat, 2018).

غمر الجزر الشِعابية – يقل التركيز بشكل غير متناسب على الغمر وزيادة تكرار فيضانات المد العالي (Ford and others, 2018). وقد تيسّر عن طريق نموذج رقمي مفصل لارتفاعات تضاريس الشعاب المرجانية الحلقية صُمم لجزيرة مايورو المرجانية، بالاعتماد على التصوير الفوتوغرافي باستخدام طائرات مسيرة من دون طيار، النظرُ على نحو شامل في الأخطاء المحتملة عند إجراء مسوح لقابلية تعرض الشعاب المرجانية الحلقية للفيضانات في المستقبل (Gesch and others, 2020).

تغير النمط المناخي للأمواج – قد تتغير ظروف الأمواج مع ارتفاع مستوى سطح البحر (Esteban and others, 2018؛ و Esteban and others, 2018). ويُتوقع زيادة غمر الأمواج للشواطئ في العديد من الجزر الشِعابية (Storlazzi and others, 2015)، وقد خلص تحليل أجري مؤخرا إلى أن معظم الجزر المرجانية قد تكون غير صالحة للسكن بحلول الخمسينيات من القرن الحادي والعشرين (Storlazzi and others, 2018). ومن المرجح أن تصبح الجزر الشِعابية أقل عرضا وأكثر طولا، مع زيادة ارتفاع الأمواج والفيضانات الداخلية (Shope and others, 2016, 2017). ويمكن أن تتأثر النتائج بأبعاد الشعاب البحرية المجاورة وأنماط نقل الرواسب على طول الشواطئ (Quataert and others, 2015؛ و Shope and Storlazzi, 2019)، مع تملح المياه الجوفية (Oberle and others, 2017).

تدهور الشعاب البحرية – يقدر أن الشعاب المرجانية تغطي 0,5 في المائة من المحيطات، أي ما يعادل 1 500 000 كيلومتر مربع تقريبا (Leão and others, 2008). وتشير التقديرات أيضا إلى أن أكثر من 30 في المائة من الشعاب البحرية قد تضرر بشدة بالفعل، وأن ما يقرب من 60 في المائة من مناطق الشعاب البحرية سيتدهور تماما في العقود القادمة، نتيجة للأنشطة البشرية، ولا سيما الإفراط في صيد الأسماك وتلوث البحر وتغير المناخ العالمي (Gherardi and Bosence, 2005؛ و Pereira and others, 2010). ويتسبب ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية المدارية في ابيضاض

المرجان على نطاق واسع وبمعدل أكثر تواترا على الصعيد العالمي (Eakin and others, 2019)، وهو موضوع يناقش في الفصل 7 دال. واتسمت الفترة 2014–2017 بتعاقب غير مسبوق من السنوات الحارة التي حطمت الأرقام القياسية، وتزامنت مع أشد الحالات المسجلة على الإطلاق لابيضاض المرجان وأوسعها انتشارا وأطولها أمدا على الصعيد العالمي (Eakin and others, 2019). وسُجِّل ابيضاض الشعاب المرجانية الحلقية على امتداد المناطق المدارية (Marshall and others, 2017؛ و Head and others, 2019).

تلوث البحيرات الشاطئية – يؤدي الاستخدام المكثف للنظم الإيكولوجية الخاصة بالبحيرات الشاطئية إلى تلوث المياه وتدهور النظم الإيكولوجية. وقد تبيّن من الدراسات التي أجريت في توفالو أن المياه المستعملة المنزلية هي المصدر الرئيسي للتلوث، وسجلت هذه الدراسات تلوث الرواسب بالمعادن الثقيلة (Fujita and others, 2013, 2014).

الآثار الإيكولوجية – يمكن أن تكون الجزر المرجانية النائية غير المأهولة أو القليلة السكان مواقع ذات قيمة إيكولوجية فريدة. وتهدد الضغوط الناجمة عن تغير المناخ وارتفاع مستوى سطح البحر بقاء مثل هذه الجزر ونظمها الإيكولوجية الفريدة، والأنواع المهددة بالانقراض وتلك التي يحتمل أن تتعرض لخطر الانقراض (Gillespie and others, 2008). ففي جزر فينيكس النائية وغير المأهولة في معظمها على سبيل المثال، قد تفشل في نهاية المطاف دورات موت واستعادة المرجان نتيجة لموجات الحر التي تزداد شدتها، على الرغم من الجهود الحثيثة لإدارتها (Rotjan and others, 2014). وقد يكون للأعاصير آثار مدمرة على الموائل ذات الأهمية الحيوية في الجزر الصغيرة، مما يشكل تحدياً حاسماً للأنواع المعرضة للخطر على المدى الطويل (Huang and others, 2017). ويمكن كذلك أن تزيد التهديدات المناخية من حدة الضغوط المحلية على الجزر الأكثر عرضة للضغوط البشرية، ويمكن أن يؤدي هذا إلى ضعفُ المقاومة التي تواجهها الأنواع المغيرة المتأثرة بتغير المناخ (Russell and others, 2017) وانتشارُ الأمراض كمرض فقدان الأنسجة في المرجان الحجري في منطقة البحر الكاريبي (Aeby and others, 2019).

2-2 – العوامل المرتبطة بالتغيرات: العوامل المحركة وعوامل الضغط والآثار والاستجابة

تفرض التفاعلات بين الجزر ونظم التيارات والأمواج السائدة التي تؤثر عليها، إلى جانب الخصائص الجيومورفولوجية للانخساف و/أو الارتفاع، ضوابط شاملة على مورفولوجيا الجزر وتغيرها. وتشير دراسات النمذجة لجزيرة روكاس المرجانية إلى أن زيادة حركة الأمواج بسبب الانكسار الناجم عن ارتفاع طفيف في مستوى سطح البحر قد تفسر تغيرات السطح والحجم في الجزر الشِعابية (Costa and others, 2017, 2019).

وتنمو الشعاب المرجانية في البحار الضحلة الدافئة بالتضايُف العمودي مع بعضها بعضا، ويمكن في بعض الظروف أن تتجاوز معدلات التضايُف المعدلاتِ الحالية لارتفاع مستوى سطح البحر (Perry and others, 2015a, 2015b). بيد أن الانخفاض التدريجي لمستوى سطح البحر على مدى الألفي عام الماضية أدى إلى توقف نمو المرجان على سطح الشعاب البحرية في المحيطين الهندي والهادئ (Harris and others, 2015). وستخضع كل جزيرة على حدة لنمط التغير في المستوى النسبي لسطح البحر في ذلك الموقع، مع وجود اختلافات طفيفة بسبب العوامل المحركة الأوقيانوغرافية والجيوفيزيائية (Pfeffer and others, 2017). ويجري العمل حاليا على إتاحة وضع تصورات لعمليات إعادة تشكيل الظروف البحرية المناخية والبيئية وفق جداول زمنية مختلفة، بالاعتماد على الشعاب المرجانية الضخمة الطويلة العمر التي تشكل ذاكرةً أرشيفية للأحداث الجيوكيميائية الماضية (Dassié and Linsley, 2015؛ و Evangelista and others, 2018).

ويوفر التحديد الكمي لمعدلات إنتاج الكربونات، إلى جانب تقديرات التحات وإزالة الرواسب، رؤيةً متعمقة

لميزان رواسب الشعاب البحرية (Perry and others, 2016, 2017a؛ و Hamylton and others, 2016؛ و Morgan and Kench, 2017). ويسهم إنتاج الرواسب في ملء البحيرات الشاطئية تدريجياً. فعندما تتغذى أسماك الببغاء على الشعاب البحرية، على سبيل المثال، ينتِج ذلك رواسب دقيقة (Perry and others, 2015b؛ و Yarlett and others, 2018) تزداد كميتها بالقرب من الشواطئ القارية بفعل الرواسب الناتجة من اليابسة (Perry and others, 2017b). ونادرا ما يُحسب ميزان الرواسب بالنسبة للجزر الشِعابية؛ وهو يعتمد على الإنتاج الحيوي الذي تقوم به طائفة من الكائنات الحية في الشعاب البحرية (Morgan and Kench, 2016). ويمكن أن تكون الجزر الشِعابية المختلفة في واحدةٍ من مراحل تطور عدة، هي إما التنوّي أو النمو أو الاستقرار أو التدهور أو البقاء ككائنات معمِّرة متبقية أو أن تكون مهددة بالانقراض (Garcin and others, 2016). وتفتقر الجزر الرملية الصغيرة المؤلفة من قطع مرجانية مترسبة حديثاً إلى التربة، وهي أقل قدرة على دعم سبل عيش الإنسان مقارنة بالجزر الأقدم الأكثر رسوخا (Connell, 2015).

والجزر الشِعابية هي نظم هشة معرضة للدمار بفعل الظواهر المناخية البالغة الشدة، ولا سيما العواصف المدارية. ففي عام 2017، تسبّب إعصارا ماريا وإيرما في أضرار وإصابات كبيرة في العديد من جزر البحر الكاريبي، وفي عام 2018، ضرب جزيرتي إيوا وتونغاتابو في المحيط الهادئ إعصار غيتا المداري الذي تضرر منه 80 في المائة من سكان تونغا وألحق الدمار بالمباني والمحاصيل والبنى التحتية (Magnan and others, 2019). وكان إعصار إيداي في غرب المحيط الهندي من أقوى الأعاصير التي سجلت في المنطقة على الإطلاق، وأسفر عن ثاني أكبر عدد من القتلى. وتترك هذه الأحداث التي تتميز بطاقة كبيرة آثارا مورفولوجية دائمة لعدة سنوات على الجزر الشِعابية (Jeanson and others, 2014؛ و Kayanne and others, 2016). وقد زادت نسبة الأعاصير البالغة الشدة منذ عام 1975، وهو ما يعزى إلى الاحترار (Holland and Bruyere, 2014) ويُتوقع أن يستمر في المستقبل (Walsh and others, 2016). وإذا أضفنا إلى ذلك نمو عدد السكان والتوسع في البنى التحتية على الجزر، وبالتالي ارتفاع درجة التعرض للمخاطر، لا بد أن تزيد الآثار الشديدة للأعاصير على الجزر. والجزر معرضة أيضا لارتفاع غير عادي في المد والجزر ومستويات المياه، يعزى إلى أمواج ناجمة عن رياح بعيدة المصدر، كما حدث في عام 1987 في ملديف (Wadey and others, 2017) وفي عدة جزر في المحيط الهادئ في كانون الأول/ديسمبر 2008 (Hoeke and others, 2013؛ و Smithers and Hoeke, 2014).

ويمكن أن تؤدي التغيرات الجيوكيميائية في المحيطات، ولا سيما تحمض المحيطات، إلى ذوبان رواسب البحيرات الشاطئية، وانخفاض توافر الرمال اللازمة لتجديد الجزر الشِعابية، وإضعاف قدرة الشعاب البحرية على مواكبة ارتفاع مستوى سطح البحر في المستقبل (Perry and others, 2018). وقد أظهرت الدراسات الحديثة أن ذوبان رواسب الشعاب البحرية يرتبط ارتباطا عكسيا بحالة تشبع مياه البحر بالأراغونيت وأن تأثره بتحمّض المحيطات يزيد عشر مرات عن تأثره بتكلس المرجان (Cyronak and Eyre, 2016؛ و Eyre and others, 2018).

3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

تواجه المجتمعات المحلية التي تعيش على الجزر الشِعابية العديد من الضغوط، ولا تزال نتائج عوامل الإجهاد المتعددة هذه غير مؤكدة إلى حد بعيد. وعلى الرغم من التصور الواسع النطاق لقابلية التأثر بمختلف تداعيات تغير المناخ، لا يوجد سوى القليل من الأدلة التي يمكن أن تعزى إليه مباشرة. وتنتج العديد من المشاكل التي تواجه الجزر الشِعابية الصغيرة عن ضغوط أخرى كانت موجودة من قبل (Birk, 2014؛ و Duvat and others, 2017)، ولا سيما الأسباب البشرية المنشأ التي زادت من قابليتها للتضرر (Connell, 2015؛ و McCubbin and others, 2015).

وتنظر الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، في التقرير الخاص عن المحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغير الصادر عنها مؤخرا، في عواقب تغير المناخ على الجزر المنخفضة (Oppenheimer and others, 2019). وتميز الهيئةُ الجزر المرجانية الحضرية عن العديد من الجزر الصغيرة النائية، ويشمل ذلك جزر العواصم (أو مجموعات الجزر)، مثل توفالي (توفالو) وجنوب تاراوا (كيريباس) وماليه (ملديف). ومستقبل الجزر المرجانية الحضرية مهم لتركُّز السكان (قرابة 3 200 نسمة في الكيلومتر المربع في جنوب تاراوا؛ وقرابة 65 700 نسمة في الكيلومتر المربع في ماليه) والأنشطةِ الاقتصادية والبنى التحتية الحيوية (المطارات وواجهات الموانئ) فيها في مناطق منخفضة معرضة للفيضانات البحرية والتحات الساحلي. وتعتمد الجزر المكتظة بالسكان على الأغذية المستوردة أكثر من الزراعة المحلية (McCubbin and others, 2017). وهناك أيضا اعتماد كبير على الحماية التي توفرها حلول الهندسة الصلبة. وفي بعض الحالات، يجري النظر في نقل الأشخاص والبنى التحتية الحيوية إلى جزيرة أخرى (Oppenheimer and others, 2019). ومع ذلك، هناك حواجز عديدة تعيق الهجرة (Birk and Rasmussen, 2014)، بما في ذلك عدم الرغبة في الانتقال (Jamero and others, 2017, 2019).

ويمكن استخدام مجموعة من خيارات الهندسة الصلبة واللينة لحماية شواطئ الجزر المعرضة للخطر (Wong, 2018)، ويمكن اعتبار العديد من تلك الخيارات تدابير للتكيف. وقد أثبتت الدفاعات الصلبة المستخدمة لحماية مالِيه نجاحها في منع وقوع المزيد من الأضرار. غير أن آثار الدفاعات الساحلية التي تستخدم الهندسةَ الصلبة على الشواطئ الطبيعية وعمليات النظم الإيكولوجية يمكن أن تكون شديدة وأن تتسم بسوء التكيف، مع اقترانها بآثار سلبية طويلة الأجل قد تطغى على الفوائد السابقة (Donner and Webber, 2014؛ و David and others, 2019). وقد أدت التكاليف المرتبطة بخيارات الهندسة الصلبة إلى زيادة الاهتمام بتدابير تكيف "لينة" قائمة على النظام الإيكولوجي (Naylor, 2015). ومع تزايد الخبرات في مجال التحات الساحلي والأحداث البالغة الشدة منذ عام 2004 ووقوع تسونامي المحيط الهندي، باتت القيَم المتصلة بالنظم الإيكولوجية الطبيعية للشعاب البحرية والغطاء الأخضر الساحلي تزداد وضوحا وتمخضت عن مبادئ تسخر الهياكل الطبيعية والاصطناعية للحد من قابلية تضرر السواحل.

ولا ينظر سكان الجزر المرجانية إلى تغير المناخ بوصفه مصدر القلق الرئيسي بالنسبة لهم. فعلى سبيل المثال، يرى أكثر من 50 في المائة من سكان ملديف المستطلَعة آراؤهم أن ارتفاع مستوى سطح البحر في المستقبل يشكل تحدياً وطنياً خطيراً، ولكن العديد من العوامل الثقافية والدينية والاقتصادية والاجتماعية الأخرى تؤدي أيضا دوراً هاماً في اتخاذ القرارات بشأن الهجرة أو عدمها (Stojanov and others, 2017). وبالمثل، لا يتوقع معظم سكان توفالو أن يضطروا إلى الهجرة إلى الخارج (Mortreux and Barnett, 2009). وفي كيريباس، أدى "نموذج الأمة الغارقة" إلى تسييس عملية صنع القرار بحيث أصبح تعبير "التكيف" يُستخدم كناية عن التنمية الاقتصادية (Mallin, 2018)، كما أن الخطاب المضاد للمشتغلين بالعلوم الاجتماعية يفند أفكار هجرة سكان الجزيرة إلى الخارج (Barnett, 2017؛ و Kelman, 2018؛ و Yamamoto and Esteban, 2017). وتقلل

التقييمات المجمَلة من أهمية التباين في تجارب المجتمعات المحلية والمعرفة المحلية المتصلة بالتغير البيئي (Leon and others, 2015؛ و Owen and others, 2016). ولربما يكون هناك عزوف عن الانتقال من الجزر المنخفضة منبعُه التقاليد الثقافية القوية، وقد فضل السكان في بعض الجزر المنخفضة اعتماد استراتيجيات للتكيّف في الموقع، مثل المنازل المرتفعة التي تُنشأ على ركائز، لتجنب الفيضانات وذلك بدلاً من الهجرة إلى البر الرئيسي (Jamero and others, 2017). ويُنظر إلى هذه الاستراتيجيات باعتبارها خياراً أفضل حتى لو بدا من المرجح أن سبل العيش في مثل هذه الظروف قد لا تكون مستدامة على المدى الطويل (Duce and others, 2010؛ و McNamara and others, 2017).

وكثيرا ما يشار إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بوصفه التفسير الرئيسي للتغيرات البيئية الضارة أو غير العادية أو غير المسبوقة في الجزر الصغيرة، في الوقت الذي تكون فيه عوامل أخرى تقف في الحقيقة وراء هذا التغير. ومن الأرجح أن تكون التغيرات البيئية المعاصرة في معظم جزر المحيط الهادئ استجابة لعوامل إجهاد محلية، بما في ذلك الأعاصير، وتشييد الجدران البحرية، والتلوث، والإفراط في صيد الأسماك، وتدهور الموائل، واستخراج الرمال. وقد أشار البعض إلى أن الجزر الصغيرة توفر مواقع يمكن أن تجعل خطاب تغير المناخ العالمي ملموسا وواضحا وأن تنسبه إلى مصادر بعيدة (Connell, 2015).

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

على الرغم من أن معظم الجزر المرجانية تقع في المحيط الهادئ، مع وجود عدة أرخبيلات في المحيط الهندي وعدد قليل جداً منها في المحيط الأطلسي (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2018)، لم تظهر أي اختلافات جسيمة على أساس حوض المحيط في دراسة حديثة للتغيرات في حجم الجزر المرجانية (Duvat, 2018). وأشارت الدراسة إلى أن جزر ملديف في المحيط الهندي تبدو أكثر تأثرا بالتحات من جزر المحيط الهادئ، حيث بلغت نسبة التناقص 23,3 في المائة في الأولى مقارنة بنسبة 7,5 في المائة في الثانية. وجدير بالذكر أن الدراسة وجدت تبايناً كبيراً داخل الجزر المرجانية والأرخبيلات وفيما بينها. ولوحظ وجود اختلافات بين الجزر المرجانية الحضرية وتلك الريفية النائية، من حيث الاتجاهات الديمغرافية واستجابتها لتغير المناخ وارتفاع مستوى سطح البحر وغير ذلك من الأخطار. وتشير التباينات بين الجزر إلى ضرورة إيلاء الاهتمام للسياق المحدد لفرادى الأرخبيلات والجزر المرجانية والجزر في فهم التغيير وعواقبه، التي يبدو أنها تخفي أنماطا إقليمية.

5 - آفاق المستقبل

تظل الجزر المرجانية والبحيرات الشاطئية الجزرية عرضة لأخطار بيئية متنوعة، ولكن أوجه التآزر والتفاعل بين تلك الأخطار والخصوصية التي تتفرد بها من حيث تمثُّلها في البيئة الجغرافية والجيومورفولوجية المحلية إلى جانب تفاعلاتها مع العوامل الاجتماعية والاقتصادية هي التي يمكن أن تحدد آفاق المستقبل بالنسبة للجزر (Duvat and Magnan, 2019b). ونظرا لصغر حجم هذه الجزر وقابليتها للتضرر، يمكن أن يؤثر تغير المناخ عليها من خلال زيادة حجم التذبذبات في النظم المناخية الرئيسية، مثل تيار النينيو - التذبذب الجنوبي، كما يتضح من ازدياد شدة ومدة ظواهر الإجهاد الحراري وابيضاض المرجان على امتداد نظم الجزر الشِعابية على الصعيد العالمي (Eakin and others, 2019؛ و Hughes and others, 2018).

وتشمل الضغوط الرئيسية المحلية وتلك المتعلقة بتغير المناخ ما يلي:

(أ) احترار المحيطات الذي يزيد من ابيضاض المرجان؛

(ب) ارتفاع مستوى سطح البحر، الذي يهدد بإغراق الجزر وربما يزيد من تحاتها، وقد يزيد من حركة الأمواج عبر الشعاب البحرية؛

(ج) تحمّض المحيطات، الذي قد يؤدي إلى ضعف الهياكل العظمية الكلسية، ويبدو من المرجح أن يقلل من رواسب البحيرات الشاطئية والجزر الشِعابية بسبب التغيرات القَلَويّة؛

(د) العواصف وأحداث الأمواج النادرة، التي تؤدي دورا هاما في نقل الرواسب، حيث أن أي زيادة في تواتر العواصف أو شدتها قد تكون لها عواقب على الشعاب البحرية والجزر الشِعابية؛

(ه) الإفراط في صيد الأسماك وسوء إدارة الموارد الطبيعية، ولا سيما الموارد التي تؤدي دورا رئيسيا في هيكل الجزر والموائل، مثل الشعاب المرجانية وأشجار المانغروف؛

(و) الخصائص الديموغرافية وكثافة السكان وتأثيرهما على التلوث وآثارهما على نظم الجزر المحلية، وعلى تعرض الناس والبنى التحتية للمخاطر البيئية والمناخية وقابلية تضررهم بها.

وتُحدَّد في Duvat and Magnan (2019a) خمسةُ مسارات تكيّف رئيسية لمواجهة هذه التحديات المتفاعلة مع بعضها بعض في الجزر المرجانية، وهذه المسارات هي: التركيز على قدرة النظم الإيكولوجية على الصمود؛ والتقليل من خطر سوء التكيف؛ وتسهيل الانتقال داخليا؛ وضمان الحماية الكافية للشاطئ فيما يتعلق بارتفاع الأرض؛ والنظر في الهجرة الدولية الدائمة ودعمها.

وتعتمد آفاق مستقبل الجزر اعتمادا كبيرا على أبعاد السياسات العامة، سواء على المستوى الوطني بين فرادى الدول الجزرية والبلدان الأخرى، أو على المستوى العالمي من خلال الأمم المتحدة والمحافل الأخرى. وللمستوى الأول دورٌ أساسي في تحديد الخيارات المستقبلية الخاصة بجزيرة محددة، سواء كانت تنطوي على الاستثمار في البنى التحتية التي تساعد على التكيف (مثل بناء القدرة على التكيف مع ارتفاع مستوى سطح البحر) أو انتقال السكان.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

ليس هناك فهم كاف لاستجابة الشعاب البحرية وموائل البحيرات الشاطئية والجزر الشِعابية لالتقاء التهديدات المحلية والعالمية التي تواجهها الآن. ولا توجد سوى معلومات قليلة عن كيفية استجابة عمليات الشعاب البحرية للتغيرات الحاصلة في العوامل المحركة المناخية، المنفردة والمجتمعة، مع التغيرات التي تطرأ عليها. ويلاحَظ تباين جغرافي في تحات الشواطئ وغمرها، ولكن ليس هناك فهم جيد لأسباب هذه الأنماط المكانية، مما يحول إلى حد كبير دون أي تنبؤ بالحال التي ستكون عليها مواقع بعينها. ويجري تعزيز التحليلات الرصدية للتغيرات التي طرأت على الشواطئ على مدى العقود الماضية بمحاولات لوضع نماذج للكيفية التي يمكن أن تستجيب بها الجزر الشِعابية. وتشمل المحاولات الأخيرة لوضع النماذج تجاربَ لخزانات كبيرة للأمواج (Tuck and others, 2018, 2019؛ و Masselink and others, 2019, 2020) ونماذجَ لاستجابة الديناميات المائية والشواطئ (Costa and others, 2019؛ و Ortiz and Ashton, 2019؛ و Shope and Storlazzi, 2019). ويمكن دراسة قابلية تضرر الجزر الصغيرة المكونة من الرمال والحصى الكلسية والفُتاتية الحيوية التي تتواجد على حواف الشعاب المرجانية الحلقية، أو في بيئات أخرى للشعاب البحرية والبحيرات الشاطئية، بمزيد من التفصيل باستخدام أساليب أحدث لتكنولوجيات الاستشعار عن بعد المتطورة لرصد شواطئ

الجزر الشِعابية، بما في ذلك صور السواتل ذات الدقة العالية، وأجهزة كشف المدى وتحديده بالضوء المحمولة جوا، والصور المأخوذة بواسطة الطائرات المسيرة من دون طيار (Casella and others, 2016؛ و Lowe and others, 2019؛ و Gesch and others, 2020).

وعلى الرغم من أن معظم الجزر المرجانية لا تعاني من تحات إجمالي صاف، فإن قدرتها على البقاء المادي تتعرض لضغوط متزايدة. وتنتُج الشعاب المرجانية الحلقية والجزر الشِعابية المحيطة بها والبحيرات الشاطئية داخلها عن الكائنات الحية المتكلسة التي تسهم في ميزان الرواسب الذي يحدد مسار كل جزيرة على حدة. ولا توجد معارف كافية بشأن إنتاجية الكائنات الحية الرئيسية التي تسهم في الرواسب الفُتاتية الحيوية، وفي تركيبة الرمال والحصى المتشكّلة ونقلها، وتحلل تلك المادة وانزياحها.

وثمة جانب آخر يتطلب بحثا أكثر تفصيلا، وهو مصير عدسة المياه الجوفية الواقعة تحت الجزر الصغيرة التي يعتمد عليها السكان، إذ يبدو من المرجح أنها ستتقلص في حال حدوث تحات للشواطئ أو ارتفاع الأمواج عن مستوى الجزر (Terry and Chui, 2012؛ و Gulley and others, 2016؛ و Bailey and others, 2016؛ و Deng and Bailey, 2017؛ و Ford and others, 2018). ولم تصبح قابليةُ عدسة المياه الجوفية العذبة للتكيف مع العوامل الطبيعية والديمغرافية المتغيرة موضوعاً للبحوث النشطة سوى مؤخرا، لا سيما خلال ظروف الجفاف (Werner and others, 2017؛ و Oberle and others, 2017)، ويحتاج هذا الموضوع لمزيد من الدراسة، لا سيما وأنه يرتهن فيما يبدو بالتغيرات المورفولوجية للجزر التي لا تتوافر معلومات كافية لفهمها.

وتكتسي سبل تكيّف المجتمعات والدول الجزرية مع استجابات نظم الجزر للأخطار المذكورة أعلاه، وتأثيرها على تلك الاستجابات، أهميةً من منظور إيكولوجي اجتماعي (Duvat and Magnan, 2019b). والحكوماتُ والمواطنون والمجتمعات المحلية والشركاءُ في مجالي المعونة والاستثمار الأجنبيَّين والجهاتُ الفاعلة غير الحكومية يضطلع جميعها بدور في تحديد كيفية استجابة الجزر للتحديات المقبلة، وفي توقع الأزمات والتصدي لها. وتوفر أهداف التنمية المستدامة[1] إطارا للسياسات الوطنية والدولية، وكذلك للتخطيط والعمل المتكاملين اللذين ستكون هناك حاجة إليهما على مستويات متعددة (Obura, 2020).

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

من الواضح أن المجتمعات المحلية للجزر الصغيرة تعاني من نقص في الموظفين المدربين تدريباً جيداً والمزودين بالموارد الكافية لرصد التغيرات على الصعيد المحلي وإجراء البحوث والتقييم في مواقع محددة وتنفيذ برامج التكيف وغيرها من البرامج، وذلك على الرغم من الجهود التي تبذلها الوكالات الدولية لبناء القدرات داخل الدول الجزرية الصغيرة. وستكون هناك حاجة إلى المهارات اللازمة للتصدي للتهديدات المتعددة والمشاكل الناشئة المذكورة أعلاه. ويبدو أن قدرة المجتمعات المحلية للجزر الصغيرة على التكيف محدودة، ويعتمد العديد منها اعتماداً مفرطاً على المعونة الدولية لرعاية المشاريع الكبرى. وتوفر الأطر العالمية، مثل أهداف التنمية المستدامة وإجراءات العمل المعجَّل للدول الجزرية الصغيرة النامية (مسار ساموا)[2] وعقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (2021-2030)[3]، فرصا متعددة لتحديد الاحتياجات الحيوية وتوجيه الموارد لبناء القدرات اللازمة لتلبية تلك الاحتياجات.

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
[2] قرار الجمعية العامة 69/15، المرفق.
[3] انظر قرار الجمعية العامة 72/73.

المراجع

Aeby, Greta, and others (2019). Pathogenesis of a tissue loss disease affecting multiple species of corals along the Florida Reef Tract. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 678.

Albert, Simon and others (2016). Interactions between sea level rise and wave exposure on reef island dynamics in the Solomon Islands. *Environmental Research Letters*, vol. 11, No.5, 054011. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/054011.

Albert, Simon and others (2017). Winners and losers as mangrove, coral and seagrass ecosystems respond to sea level rise in Solomon Islands. *Environmental Research Letters*, vol. 12, No. 9, 094009. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7e68.

Allen, Melinda S., and others (2016). Timing, magnitude and effects of late Holocene sea level drawdown on island habitability, Aitutaki, Cook Islands. *Archaeology in Oceania*, vol. 51, No. 2, pp. 108–121.

Bailey, Ryan T., and others (2016). Predicting Future Groundwater Resources of Coral Atoll Islands. *Hydrological Processes*, vol. 30, No. 13, pp. 2092–2105.

Barnett, Jonathon (2017). The dilemmas of normalising losses from climate change: Towards hope for Pacific atoll countries. *Asia Pacific Viewpoint*, vol. 58, No. 1, pp. 3–13.

Beetham, Edward, and others (2017). Future reef growth can mitigate physical impacts of sea level rise on atoll islands. *Earth's Future*, vol. 5, No. 10, pp. 1002–1014.

Birk, Thomas (2014). Assessing vulnerability to climate change and socioeconomic stressors in the Reef Islands group, Solomon Islands. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, vol. 114, No. 1, pp. 59–75.

Birk, Thomas, and Kjeld Rasmussen (2014). Migration from atolls as climate change adaptation: Current practices, barriers and options in Solomon Islands. In *Natural Resources Forum*, vol. 38, pp. 1–13. Wiley Online Library.

Casella, Elisa, and others (2016). Mapping coral reefs using consumer-grade drones and structure from motion photogrammetry techniques. *Coral Reefs*, vol. 36, No. 1, pp. 269–275.

Connell, John (2015). Vulnerable islands: climate change, tectonic change, and changing livelihoods in the Western Pacific. *The Contemporary Pacific*, pp. 1–36.

Costa, Mirella B., and others (2017). Planimetric and volumetric changes of reef islands in response to wave conditions. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 42, No. 15, pp. 2663–2678.

Costa, Mirella B., and others (2019). Wave refraction and reef island stability under rising sea level. *Global and Planetary Change*, vol. 172, pp. 256–267.

Cyronak, Tyler, and Bradley D. Eyre (2016). The synergistic effects of ocean acidification and organic metabolism on calcium carbonate (CaCO3) dissolution in coral reef sediments. *Marine Chemistry*, vol. 183, pp. 1–12.

Darwin, Charles (1874). *The Structure and Distribution of Coral Reefs* (2nd ed.), London: Smith Elder and Co.

Dassié, Emilie P., and Braddock K. Linsley (2015). Refining the sampling approach for the massive coral *Diploastrea heliopora* for δ18O-based paleoclimate applications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 440, pp. 274–282.

David, Gabriel, and others (2019). Coastal Infrastructure on Reef Islands–the Port of Fuvahmulah, the Maldives as Example of Maladaptation to Sea level Rise? *Coastal Structures 2019*, pp. 874–885.

Deng, Chenda, and Ryan T. Bailey (2017). Assessing groundwater availability of the Maldives under future climate conditions. *Hydrological Processes*, vol. 31, No. 19, pp. 3334–3349.

Donner, Simon D., and Jessica Carilli (2019). Resilience of Central Pacific reefs subject to frequent heat stress and human disturbance. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, pp. 1–13.

Donner, Simon D., and Sophie Webber (2014). Obstacles to climate change adaptation decisions: a case study of sea level rise and coastal protection measures in Kiribati. *Sustainability Science*, vol. 9, No. 3, pp. 331–345.

Duce, Stephanie J., and others (2010). *A Synthesis of Climate Change and Coastal Science to Support Adaptation in the Communities of Torres Strait*. Townsville: Reef and Rainforest Research Centre.

Duvat, Virginie K.E. (2018). A global assessment of atoll island planform changes over the past decades. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 10, No. 1, e557.

Duvat, Virginie K.E., and A.K. Magnan (2019a). Contrasting potential for nature-based solutions to enhance coastal protection services in atoll islands. In *Dealing with climate change on small islands: Towards effective and sustainable adaptation?* Klöck, C. and Fink, M., eds., pp. 45–75. Göttingen: Göttingen University Press.

_____(2019b). Rapid human-driven undermining of atoll island capacity to adjust to ocean climate-related pressures. *Scientific Reports*, vol. 9, art. 15129.

Duvat, Virginie K.E., and Valentin Pillet (2017). Shoreline changes in reef islands of the Central Pacific: Takapoto Atoll, Northern Tuamotu, French Polynesia. *Geomorphology*, vol. 282, pp. 96–118.

Eakin, C. Mark, and others (2019). The 2014–2017 global-scale coral bleaching event: insights and impacts. *Coral Reefs*, vol. 38, No. 4, pp. 539–545.

Esteban, Miguel, and others (2018), Adaptation to sea level rise on low coral islands: lessons from recent events. *Ocean & Coastal Management*, vol. 168, pp. 35–40.

Evangelista, H., and others (2018). Climatic constraints on growth rate and geochemistry (Sr/Ca and U/Ca) of the coral *Siderastrea stellata* in the Southwest Equatorial Atlantic (Rocas Atoll, Brazil). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 19, No. 3, pp. 772–786.

Eyre, Bradley D., and others (2018). Coral reefs will transition to net dissolving before end of century. *Science*, vol. 359, No. 6378, pp. 908–911.

Ford, Murray R., and others (2018). Inundation of a low-lying urban atoll island: Majuro, Marshall Islands. *Natural Hazards*, vol. 91, No. 3, pp. 1273–1297.

Ford, Murray R., and Paul S. Kench (2015). Multi-decadal shoreline changes in response to sea level rise in the Marshall Islands. *Anthropocene*, vol. 11, pp. 14–24.

Fujita, Masafumi, and others (2013). Anthropogenic impacts on water quality of the lagoonal coast of Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu. *Sustainability Science*, vol. 8, No. 3, pp. 381–390.

Fujita, Masafumi, and others (2014). Heavy metal contamination of coastal lagoon sediments: Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu. *Chemosphere*, vol. 95, pp. 628–634.

Garcin, Manuel, and others (2016). Lagoon islets as indicators of recent environmental changes in the South Pacific–The New Caledonian example. *Continental Shelf Research*, vol. 122, pp. 120–140.

Gesch, Dean, and others (2020). Inundation Exposure Assessment for Majuro Atoll, Republic of the Marshall Islands Using A High-Accuracy Digital Elevation Model. *Remote Sensing*, vol. 12, No. 1, art. 154.

Gherardi, D.F.M., and D.W.J. Bosence (2005). Late Holocene reef growth and relative sea level changes in Atol das Rocas, equatorial South Atlantic. *Coral Reefs*, vol. 24, No. 2, pp. 264–272.

Gillespie, Rosemary G., and others (2008). Biodiversity dynamics in isolated island communities: interaction between natural and human-mediated processes. *Molecular Ecology*, vol. 17, No. 1, pp. 45–57.

Goldberg, Walter M. (2016). Atolls of the world: Revisiting the original checklist. *Atoll Research Bulletin*, vol. 610, pp. 1–47.

Gulley, J.D., and others (2016). Sea level rise and inundation of island interiors: Assessing impacts of lake formation and evaporation on water resources in arid climates. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, No. 18, pp. 9712–9719.

Hamylton, Sarah, and Holly East (2012). A Geospatial Appraisal of Ecological and Geomorphic Change on Diego Garcia Atoll, Chagos Islands (British Indian Ocean Territory). *Remote Sensing*, vol. 4, No. 11, pp. 3444–3461.

Hamylton, Sarah M., and others (2016). Linking pattern to process in reef sediment dynamics at Lady Musgrave Island, southern Great Barrier Reef. *Sedimentology*, vol. 63, No. 6, pp. 1634–1650.

Harris, Daniel L., and others (2015). Late Holocene sea level fall and turn-off of reef flat carbonate production: Rethinking bucket fill and coral reef growth models. *Geology*, vol. 43, No. 2, pp. 175–178.

Head, Catherine E.I., and others (2019). Coral bleaching impacts from back-to-back 2015–2016 thermal anomalies in the remote central Indian Ocean. *Coral Reefs*, vol. 38, No. 4, pp. 605–618.

Hoeke, Ron K., and others (2013). Widespread inundation of Pacific islands triggered by distant-source wind-waves. *Global and Planetary Change*, vol. 108, pp. 128–138.

Holland, Greg, and Cindy Bruyere (2014). Recent intense hurricane response to global climate change. *Climate Dynamics*, vol. 42, Nos. 3–4, pp. 617–627.

Huang, Ryan M., and others (2017). Sooty tern (*Onychoprion fuscatus*) survival, oil spills, shrimp fisheries, and hurricanes. *PeerJ*, vol. 5, e3287.

Hughes, Terry P., and others (2018). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science*, vol. 359, No. 6371, pp. 80–83.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2018). *The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Asia and the Pacific*. Karki, M., and others (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 612 pages.

Jamero, Laurice, and others (2017). Small island communities in the Philippines prefer local measures to relocation in response to sea level rise. *Nature Climate Change*, vol. 7, pp. 581–586

Jamero, Laurice, and others (2019). In-situ adaptation against climate change can enable relocation of impoverished small islands. *Marine Policy*, vol. 108, art. 103614,

Jeanson, Matthieu, and others (2014). Morphodynamic characterization of beaches on a Pacific atoll island: Tetiaroa, French Polynesia. *Journal of Coastal Research*, vol. 70, special issue No. 1, pp. 176–181.

Kayanne, Hajime, and others (2016). Eco-geomorphic processes that maintain a small coral reef island: Ballast Island in the Ryukyu Islands, Japan. *Geomorphology*, vol. 271, pp. 84–93.

Kelman, Ilan (2018). Islandness within climate change narratives of small island developing states (SIDS). *Island Studies Journal*, vol. 13, No. 1, pp. 149–166.

Kench, Paul S., and others (2015). Coral islands defy sea level rise over the past century: Records from a central Pacific atoll. *Geology*, vol. 43, No. 6, pp. 515–518.

Kench, Paul S., and others (2018). Patterns of island change and persistence offer alternate adaptation pathways for atoll nations. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, pp. 1–7.

Le Cozannet, Gonéri, and others (2013). Exploring the relation between sea level rise and shoreline erosion using sea level reconstructions: an example in French Polynesia. *Journal of Coastal Research*, vol. 65, special issue No. 2, pp. 2137–2142.

Leão, Z.M.A.N., and others (2008). Coral bleaching in Bahia reefs and its relation with sea surface temperature anomalies. *Biota Neotropica*, vol. 8, No. 3, pp. 1–14.

Leon, Javier X., and others (2015). Supporting local and traditional knowledge with science for adaptation to climate change: lessons learned from participatory three-dimensional modeling in BoeBoe, Solomon Islands. *Coastal Management*, vol. 43, No. 4, pp. 424–438.

Lowe, Meagan K., and others (2019). Assessing Reef-Island Shoreline Change Using UAV-Derived Orthomosaics and Digital Surface Models. *Drones*, vol. 3, No. 2, p. 44.

Magnan, A.K., and others (2019). Cross-Chapter Box 9: Integrative cross-chapter box on low-lying islands and coasts. In *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, ed. IPCC, pp. 657–74.

Mallin, Marc-Andrej Felix (2018). From sea level rise to seabed grabbing: The political economy of climate change in Kiribati. *Marine Policy*, vol. 97, pp. 244–252.

Mann, Thomas, and others (2016). A geomorphic interpretation of shoreline change rates on reef islands. *Journal of Coastal Research*, vol. 32, No. 3, pp. 500–507.

Marshall, Paul, and others (2017). *Maldives Coral Bleaching Response Plan*. Marine Research Centre.

Masselink, Gerd, and others (2019). Physical and Numerical Modeling of Infragravity Wave Generation and Transformation on Coral Reef Platforms. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 124, No. 3, pp. 1410–1433.

Masselink, Gerd, and others (2020). Coral reef islands can accrete vertically in response to sea level rise. *Science Advances*, vol. 6, No. 24, eaay3656.

McCubbin, Sandra G., and others (2017). Social-ecological change and implications for food security in Funafuti, Tuvalu. *Ecology and Society*, vol. 22, No. 1.

McCubbin, Sandra, and others (2015). Where does climate fit? Vulnerability to climate change in the context of multiple stressors in Funafuti, Tuvalu. *Global Environmental Change*, vol. 30, pp. 43–55.

McLean, Roger, and Paul Kench (2015). Destruction or persistence of coral atoll islands in the face of 20th and 21st century sea level rise? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 6, No. 5, pp. 445–463.

McNamara, Karen E., and others (2017). Identification of limits and barriers to climate change adaptation: case study of two islands in Torres Strait, Australia. *Geographical Research*, vol. 55, No. 4, pp. 438–455.

Morgan, Kyle M., and Paul S. Kench (2016). Reef to island sediment connections on a Maldivian carbonate platform: using benthic ecology and biosedimentary depositional facies to examine island-building potential. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 41, No. 13, pp. 1815–1825.

_____ (2017). New rates of Indian Ocean carbonate production by encrusting coral reef calcifiers: Periodic expansions following disturbance influence reef-building and recovery. *Marine Geology*, vol. 390, pp. 72–79.

Mortreux, Colette, and Jon Barnett (2009). Climate change, migration and adaptation in Funafuti, Tuvalu. *Global Environmental Change*, vol. 19, No. 1, pp. 105–112.

Naylor, Alexander K. (2015). Island morphology, reef resources, and development paths in the Maldives. *Progress in Physical Geography*, vol. 39, No. 6, pp. 728–749.

Nunn, Patrick D. (2016). Sea levels, shorelines and settlements on Pacific reef islands. *Archaeology in Oceania*, vol. 51, No. 2, pp. 91–98.

Nunn, Patrick D., and others (2017). Identifying and assessing evidence for recent shoreline change attributable to uncommonly rapid sea level rise in Pohnpei, Federated States of Micronesia, Northwest Pacific Ocean. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 21, No. 6, pp. 719–730.

Nunn, Patrick D., and others (2019). Origin, development and prospects of sand islands off the north coast of Viti Levu Island, Fiji, Southwest Pacific. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 23, No. 6, pp. 1005–1018.

Oberle, Ferdinand K.J., and others (2017). Atoll groundwater movement and its response to climatic and sea level fluctuations. *Water*, vol. 9, No. 9, art. 650.

Obura, David O. (2020). The Sustainable Development Goals as an ocean narrative. *Marine Policy Journal*, submitted.

Oppenheimer, Michael, and others (2019). Sea level rise and implications for low lying islands, coasts and communities.

Ortiz, Alejandra C., and Andrew D. Ashton (2019). Exploring carbonate reef flat hydrodynamics and potential formation and growth mechanisms for motu. *Marine Geology*, vol. 412, pp. 173–186.

Owen, S.D., and others (2016). Improving understanding of the spatial dimensions of biophysical change in atoll island countries and implications for island communities: A Marshall Islands' case study. *Applied Geography*, vol. 72, pp. 55–64.

Pereira, N.S., and others (2010). Mapeamento geomorfológico e morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico Sul. *Revista de Gestão Costeira Integrada–Journal of Integrated Coastal Zone Management*, vol. 10, No. 3, pp. 331–345.

Perry, Chris T., and others (2015a). Linking reef ecology to island building: Parrotfish identified as major producers of island–building sediment in the Maldives. *Geology*, vol. 43, No. 6, pp. 503–506.

Perry, Chris T., and others (2015b). Remote coral reefs can sustain high growth potential and may match future sea level trends. *Scientific Reports*, vol. 5, art. 18289.

Perry, Chris T., and others (2016). Sediment generation by *Halimeda* on atoll interior coral reefs of the southern Maldives: A census–based approach for estimating carbonate production by calcareous green algae. *Sedimentary Geology*, vol. 346, pp. 17–24.

Perry, Chris T., and others (2017a). Terrigenous sediment–dominated reef platform infilling: an unexpected precursor to reef island formation and a test of the reef platform size–island age model in the Pacific. *Coral Reefs*, vol. 36, No. 3, pp. 1013–1021.

Perry, Chris T., and others (2017b). Reef habitat type and spatial extent as interacting controls on platform–scale carbonate budgets. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 185.

Perry, Chris T., and others (2018). Loss of coral reef growth capacity to track future increases in sea level. *Nature*, vol. 558, No. 7710, pp. 396–400.

Pfeffer, Julia, and others (2017). Decoding the origins of vertical land motions observed today at coasts. *Geophysical Journal International*, vol. 210, No. 1, pp. 148–165.

Purkis, Sam J., and others (2016). A half–century of coastline change in Diego Garcia–The largest atoll island in the Chagos. *Geomorphology*, vol. 261, pp. 282–298.

Quataert, Ellen, and others (2015). The influence of coral reefs and climate change on wave–driven flooding of tropical coastlines. *Geophysical Research Letters*, vol. 42, No. 15, pp. 6407–6415.

Riegl, Bernhard M., and others (2012). Human impact on atolls leads to coral loss and community homogenisation: a modeling study. *PloS One*, vol. 7, No. 6.

Rotjan, Randi, and others (2014). Establishment, management, and maintenance of the phoenix islands protected area. *Advances in Marine Biology*, vol. 69, pp. 289–324. Elsevier.

Russell, James C., and others (2017). Invasive alien species on islands: impacts, distribution, interactions and management. *Environmental Conservation*, vol. 44, No. 4, pp. 359–370.

Ryan, Emma J., and others (2016). Multi–scale records of reef development and condition provide context for contemporary changes on inshore reefs. *Global and Planetary Change*, vol. 146, pp. 162–178.

Shope, James Brandon, and Curt Storlazzi (2019). Assessing morphologic controls on atoll island alongshore sediment transport gradients due to future sea level rise. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 245.

Shope, James B., and others (2016). Changes to extreme wave climates of islands within the Western Tropical Pacific throughout the 21st century under RCP 4.5 and RCP 8.5, with implications for island vulnerability and sustainability. *Global and Planetary Change*, vol. 141, pp. 25–38.

Shope, James B., and others (2017). Projected atoll shoreline and run-up changes in response to sea level rise and varying large wave conditions at Wake and Midway Atolls, Northwestern Hawaiian Islands. *Geomorphology*, vol. 295, pp. 537–550.

Smithers, S.G., and R.K. Hoeke (2014). Geomorphological impacts of high-latitude storm waves on low-latitude reef islands—Observations of the December 2008 event on Nukutoa, Takuu, Papua New Guinea. *Geomorphology*, vol. 222, pp. 106–121.

Soares, Marcelo de Oliveira, and others (2011). Aspectos biogeomorfológicos do Atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial. *Brazilian Journal of Geology*, vol. 41, No. 1, pp. 85–94.

Stojanov, Robert, and others (2017). Local perceptions of climate change impacts and migration patterns in Malé, Maldives. *The Geographical Journal*, vol. 183, No. 4, pp. 370–385.

Storlazzi, Curt D., and others (2018). Most atolls will be uninhabitable by the mid-21st century because of sea level rise exacerbating wave-driven flooding. *Science Advances*, vol. 4, No. 4, eaap9741.

Storlazzi, Curt D., and others (2015). Many atolls may be uninhabitable within decades due to climate change. *Scientific Reports*, vol. 5, art. 14546.

Terry, James P., and Ting Fong May Chui (2012). Evaluating the fate of freshwater lenses on atoll islands after eustatic sea level rise and cyclone-driven inundation: A modelling approach. *Global and Planetary Change*, vol. 88, pp. 76–84.

Testut, Laurent, and others (2016). Shoreline changes in a rising sea level context: The example of Grande Glorieuse, Scattered Islands, Western Indian Ocean. *Acta Oecologica*, vol. 72, pp. 110–119.

Tuck, Megan E., and others (2018). Physical modelling of reef platform hydrodynamics. *Journal of Coastal Research*, vol. 85, special issue No. 1, pp. 491–495.

Tuck, Megan E., and others (2019). Physical modelling of the response of reef islands to sea level rise. *Geology*, vol. 47, No. 9, pp. 803–806.

United Nations (2017a). Chapter 7: Calcium carbonate production and contribution to coastal sediments. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Wadey, Matthew, and others (2017). Coastal flooding in the Maldives: an assessment of historic events and their implications. *Natural Hazards*, vol. 89, No.1, pp. 131–159.

Walsh, Kevin J.E., and others (2016). Tropical cyclones and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews-climate Change*, vol. 7, pp. 65–89.

Werner, Adrian D., and others (2017). Hydrogeology and management of freshwater lenses on atoll islands: Review of current knowledge and research needs. *Journal of Hydrology*, vol. 551, pp. 819–844.

Wong, Poh Poh (2018). Coastal Protection Measures–Case of Small Island Developing States to Address Sea level Rise. *Asian Journal of Environment & Ecology*, vol. 6, pp. 1–14.

Yamamoto, Lilian, and Miguel Esteban (2017). Migration as an adaptation strategy for atoll island states. *International Migration*, vol. 55, No. 2, pp. 144–158.

Yarlett, Robert T., and others (2018). Constraining species-size class variability in rates of parrotfish bioerosion on Maldivian coral reefs: Implications for regional-scale bioerosion estimates. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 590, pp. 155–169.

الفصل 7 دال

الشعاب المرجانية المدارية وشبه المدارية

المساهمون: إيان بتلر (منظِّم الاجتماعات)، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، وهيزل أوكسنفورد، وهيرويا يامانو.

النقاط الرئيسية

- يستمر تراجع الغطاء المرجاني على الصعيد العالمي، ويرجع ذلك أساساً إلى ارتفاع درجات حرارة المحيطات المرتبط بتغير المناخ، وإلى الأنشطة الاستخراجية، والتلوث والترسيب، والأمراض المرجانية الجديدة، والتدمير المادي للشعاب المرجانية.
- ازداد تواتر الاضطرابات الناجمة عن موجات الحر والعواصف والفيضانات وتفشي نجم البحر ذي التاج الشوكي، مما أدى إلى انخفاض الوقت المتاح للتعافي بين الاضطرابات.
- فهم قيمة خدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها الشعاب المرجانية آخذ في التحسن، ليس فقط من حيث الفوائد الاقتصادية المباشرة (قيمة الاستخدام السوقية)، ولكن أيضا من خلال استخدامات أقل مادية، مثل القيمة الجمالية.
- لا تزال هناك ثغرات معرفية كبيرة، لا سيما فيما يتعلق باستجابات مجتمعات الشعاب المرجانية لتغير المناخ، وكيف يمكن أن تؤثر تلك الاستجابات على استخدام الإنسان للشعاب المرجانية.
- تشير توقعات الحالة المستقبلية إلى استمرار الانخفاض في وفرة المرجان، وفي الأسماك المرتبطة بالشعاب البحرية، والتشكيل المعماري المركب لهياكل الشعاب البحرية.

1 - مقدمة

يعرض هذا الفصل تحديثا للنتائج الواردة في الفصل 43 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017b) بشأن الشعاب المرجانية المدارية وشبه المدارية. وقد يتضمن هذا التحديث حالات تداخل أو تفاعل مع محتوى فصول أخرى في هذا التقييم (على سبيل المثال الفصول 4 إلى 10، و 13 إلى 15، و 25 إلى 27). ولذلك، يجب أن تُقرأ تلك الفصول بالاقتران مع هذا الفصل.

لقد تناول الفصل 43 من التقييم العالمي الأول تغطيةً شاملة للعديد من جوانب حالة الشعاب المرجانية في العالم حتى عام 2010، حيث قُدّر أن الشعاب المرجانية تغطي مساحة تتراوح بين 713 249 و 300 284 كيلومتر مربع ولكن تبين أنها انخفضت باستمرار على مدى السنوات المائة الأخيرة (United Nations, 2017a). واعتُبرت الشعاب المرجانية المدارية وشبه المدارية من النظم الإيكولوجية الأكثر عرضة للمخاطر وأشارت التوقعات، في ظل سيناريو بقاء انبعاثات الكربون على حالها، إلى احتمال انقراضها وظيفيا بحلول عام 2050 (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014). وأشير إلى الآثار الناجمة عن عوامل بشرية المنشأ والمتفاقمة بفعل الضغوط السكانية بوصفها التهديد الأساسي الذي تتعرض له الشعاب البحرية. وشملت تلك الآثار تغير المناخ (مثل احترار المحيطات، وتحمض المحيطات، وارتفاع مستوى سطح البحر)؛ والأنشطة الاستخراجية (مثل الإفراط في صيد الأسماك)؛ والتلوث والترسيب؛ والتدمير المادي. ومن عوامل الإجهاد الأخرى التي حُدّدت والمرتبطة بعوامل الإجهاد المذكورة أعلاه (تغير المناخ على وجه التحديد) الأمراض التي تصيب المرجان والنمطُ السلوكي الافتراسي لنجم البحر ذي التاج الشوكي. وذُكر أن درجة تأثير كل عامل من عوامل الإجهاد على الشعاب المرجانية تختلف اختلافا كبيرا بين الأنواع والمناطق الجغرافية المختلفة.

2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020

لم تتحسن حالة الشعاب المرجانية على الصعيد العالمي منذ وصفها في التقييم العالمي الأول. وقد تسببت موجات الحر الشديد التي شهدها العالم على صعيد بحاره مؤخرا (في الفترة 2014-2017 مثلا؛ Eakin and others, 2019) في موت المرجان على نطاق واسع بسبب الإجهاد الحراري والابيضاض المتصل به، وعدم تأكد التعافي من مثل هذه الأحداث (Leggat and others, 2019؛ و Hughes and others, 2017a). ومنذ التقييم العالمي الأول، أفادت تقارير عن حالات انخفاض مستمرة على الصعيد العالمي في التنوع البيولوجي للشعاب المرجانية (الأسماك، مثلا) (Johnson and others, 2017)، وعن تغيرات إقليمية في تركيبة الشعاب البحرية من أنواع المرجان (مثل هيمنة المرجان من جنس Porites) (Moritz and others, 2018) (انظر أيضا الفرع 5 أدناه). وحدث تناقص بنسبة 50-75 في المائة في الغطاء المرجاني على الصعيد العالمي على مدى السنوات الثلاثين إلى الأربعين الماضية (Bruno and others, 2019). ولم تسلم من ذلك سوى مناطق قليلة من الشعاب المرجانية (وهي مناطق لم تتأثر إلى حد كبير بالأنشطة البشرية المباشرة)، وكان معظمها في مناطق تتمتع بدرجة عالية من الحماية (Jones and others, 2018).

ولا يزال التدهور المطرد للشعاب المرجانية في جميع أنحاء العالم يرتبط ارتباطا وثيقا بالنمو السكاني وتزايد الضغوط البشرية المنشأ، مع تفاقم تداعيات تغير المناخ التي تؤثر حتى على المناطق النائية (مثل جزيرة جارفيس؛ Vargas-Ángel and others, 2019). وتشمل التهديدات الرئيسية الأنشطة الاستخراجية، والتلوث (بما في ذلك الجريان السطحي والمواد الكيميائية)، والترسيب، والتدمير المادي، والتغير المناخي البشري المنشأ. وعلى الرغم من أن الجهود الإقليمية أو المحلية ستساعد في التخفيف من آثار تناقص الغطاء المرجاني، فمن غير المرجح أن تعوض عن فقدان المرجان الناجم عن تغير المناخ (Bruno and others, 2019).

وعلى الصعيد العالمي، ارتفعت مستويات غازات الدفيئة بشكل مطرد (IPCC, 2018؛ انظر أيضا الفصل 5 من هذا التقييم). وتظهر بؤر لاحترار المحيطات (مثل أستراليا والبرازيل وجنوب أفريقيا ومدغشقر والهند) (Fordyce and others, 2019؛ و Kerr and others, 2018؛ و Popova and others, 2016)، مما يؤدي إلى تغير كبير في النظم الإيكولوجية، كما حدث في أستراليا على سبيل المثال، حيث حلّ المرجان محل طحالب الكِيلب (Wernberg and others, 2016). وتُلاحَظ على الصعيد العالمي (Hughes and others, 2018b) تغيرات في المجتمعات المرجانية، بما في ذلك تأخر أو تناقص التكاثر (Birkeland, 2019)، وهيمنة الطحالب الكبيرة (Johns and others, 2018) أو البكتيريا الزرقاء (de Bakker and others, 2017) على مناطق الشعاب المرجانية. وبالتوازي مع زيادة حدوث موجات الحر الشديد البحرية (Smale and others, 2019)، تتزايد بصورة مطردة معدلات الإجهاد الحراري الذي يتعرض له المرجان (Lough and others, 2018). وأدت موجة حر شديد على الصعيد العالمي دامت 36 شهرا من عام 2014 إلى عام 2017 إلى تعرض 75 في المائة من الشعاب المرجانية في العالم للابيضاض، وموت 30 في المائة من الشعاب المرجانية نتيجة للابيضاض (Babcock and others, 2019؛ و Eakin and others, 2019). وبالنسبة لبعض الشعاب البحرية، كانت تلك المرة الأولى التي يسجل فيها حدوث ابيضاض (مثل الجزء الجنوبي المقابل للشاطئ من الحاجز المرجاني العظيم؛ Hughes and others, 2017). وعلى الصعيد العالمي، ازدادت وتيرة أحداث الابيضاض لدرجة أن التعافي بات غير مؤكد (Hughes and others, 2018a).

وهناك عوامل أخرى كثيرة تؤثر بشكل تراكمي على نوعية الشعاب المرجانية وكميتها على الصعيد العالمي. فقد انخفض الرقم الهيدروجيني للمحيطات باطراد، وحدثت خسائر صافية في الكربونات في هياكل الشعاب المرجانية (Albright and others, 2016؛ و Kuffner and others, 2019؛ و Steiner and others, 2018). ويتزايد التدمير المادي للشعاب المرجانية نتيجة للعواصف الكبرى من الفئة 4 و 5 (مثل المحيط الأطلسي؛ Murakami and others, 2014). وكانت آثار الفيضانات المرتبطة بالعواصف شديدة ومتكررة (Butler and others, 2015)، أما معدل التعافي فهو متباين إقليمياً (Adjeroud and others, 2018؛ و Holbrook and others, 2018). وحدثت زيادة في أمراض المرجان على الصعيد العالمي (Ruiz-Moreno and others, 2012)، ويعزى ذلك إلى الإجهاد الحراري (Anyamba and others, 2019؛ و Randall and van Woesik, 2015).

وهناك بعض المناطق التي تزدهر فيها الشعاب المرجانية (مثل ما سمي "bright spots" (البقاع الزاهية)؛ Cinner and others, 2016a؛ و Flower Garden Reefs (شعاب حدائق الزهور)؛ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2020) وتحل محل الموائل الأخرى (مثل غابات طحالب الكِيلب). ومع زيادة الاحترار وازدياد قوة التيارات، توسعت الشعاب المرجانية لتصل إلى خطوط عرض أعلى كما حدث، على سبيل المثال، في اليابان على مدى السنوات الثمانين الماضية تقريبا (Yamano and others, 2011؛ و Kumagai and others, 2018) وفي شرق أستراليا على مدى السنوات العشرين الماضية تقريبا (Baird and others, 2012؛ و Booth and Sear, 2018).

3 - وصف العواقب الاقتصادية والاجتماعية و/أو التغيرات الاقتصادية أو الاجتماعية الأخرى

هناك ما يقرب من 79 دولة من الدول الأعضاء في الأمم المتحدة لديها شعاب مرجانية في مناطقها البحرية. وتكتسي الشعاب المرجانية أهمية بوصفها مصدرا للدخل والبروتين لملايين الناس من خلال أنشطة الصيد؛ ومصدرا رئيسيا للدخل من خلال السياحة؛ وأساسا للهوية الاجتماعية والثقافية (Cinner and others, 2016b؛ و Kittinger and others, 2012). وقُدرت قيمة السلع والخدمات المستمدة من الشعاب المرجانية بمبلغ 9,9 تريليونات دولار في عام 2012 (Costanza and others, 2014). وتشير التقديرات في الوقت الحالي إلى أن ما يصل إلى 500 مليون شخص في العالم يستفيدون من خدمات الشعاب المرجانية (Bruno and others, 2019)، بمن فيهم ستة ملايين صياد يعتمدون بشكل مباشر على الشعاب المرجانية (Teh and others, 2013). وعلى سبيل المثال، تقدر القيمة الاقتصادية للسياحة وصيد الأسماك وتنمية السواحل على امتداد بلدان أمريكا الوسطى والمثلث المرجاني بمبلغ 20,1 بليون دولار سنويا (United Nations Environment Programme (UNEP) and others, 2018). وعلى الصعيد العالمي، تقدر قيمة السياحة لكل هكتار من الشعاب المرجانية بأكثر من 400 000 دولار، وتصل في بعض الشعاب المرجانية إلى 7 ملايين دولار للهكتار الواحد (Spalding and others, 2017).

والشعاب المرجانية مهمة لحماية السواحل (بقيمة تبلغ 205 170 دولارات للهكتار الواحد في السنة)، ويمكن استغلالها للحصول على الصخور والرمال (بقيمة تبلغ 22 000 دولار للهكتار الواحد في السنة) (Costanza and others, 2014). وتقدر القيمة السنوية للحماية التي توفرها الشعاب المرجانية من مخاطر الفيضانات في الولايات المتحدة بما يزيد عن 18 000 حياة و 1,805 بليون دولار (Storlazzi and others, 2019). وعلى الصعيد العالمي، تقدر التكاليف الإضافية المرتبطة

بفقدان الشعاب المرجانية نتيجة لزيادة الفيضانات الناجمة عن عواصف كبرى بمبلغ 272 بليون دولار (Beck and others, 2018). وفي الولايات المتحدة، تمنع الشعاب المرجانية حدوث أضرار غير مباشرة تزيد قيمتها عن 699 مليون دولار سنويا فيما يتعلق بالنشاط الاقتصادي للأفراد وأكثر من 272 مليون دولار فيما يتعلق بدرء الخسائر المرتبطة بتوقف الأعمال (Storlazzi and others, 2019).

وتتجاوز قيمة الشعاب المرجانية في مجال الصحة والرفاه بكثير التقييماتِ الاقتصادية التقليدية (UNEP and others, 2018). ومع ذلك، فإن للشعاب المرجانية أسلوبا معقدا في التفاعل مع المجتمع (Cinner and others, 2016b)، مما يجعل من الصعب وضع قيمة مالية لفوائدها في مجال الصحة والرفاه. وقد أحرز تقدم في فهم ترتيبات الحوكمة الفعالة لحفظ الشعاب المرجانية وأهمية استخدامها بصورة مستدامة (Aswani and others, 2015؛ و Turner and others, 2018)، لا سيما عندما يتسع نطاق استغلالها بسرعة تتجاوز ترتيبات الحوكمة (Eriksson and others, 2015). وينشأ تضارب بين الإدارة المجتمعية للشعاب المرجانية وتلك المستندة إلى أطر الإدارة الوطنية أو الدولية. وقد دعمت زيادة المعارف المحلية تولي العناصر المجتمعية مقاليد الأمور واضطلاعها بالرقابة على الشعاب المرجانية وإدارتها (على سبيل المثال في هاواي؛ Schemmel and others, 2016؛ وجزر سليمان؛ Shaver and others, 2018).

وتسهم الشعاب المرجانية في حياة الملايين من البشر على الصعيد العالمي، وتؤثر سلامة الشعاب المرجانية في القدرة على تحقيق أهداف التنمية المستدامة في خطة التنمية المستدامة لعام 2030. وقد يتعرض تحقيق أي هدف من أهداف التنمية المستدامة، أو جميعها، للخطر نتيجة لفقدان الشعاب المرجانية السليمة. وعلى وجه التحديد، تسهم الشعاب المرجانية في تحقيق الأهداف 1 و 2 و 3 و 12 من أهداف التنمية المستدامة من خلال إدرار الدخل والتغذية، وكذلك الأهداف 3 و 6 و 11 و 12 و 13 و 14 من أهداف التنمية المستدامة من خلال قيمها الجمالية والطبيعية، والظروف البيئية الصحية، وإعداد المنتجات الطبية. وتحافظ الشعاب المرجانية السليمة على سلامة الأراضي الجزرية والساحلية وموارد المياه والبنى التحتية، وبذلك تسهم في تحقيق الأهداف 6 و 9 و 11 و 13 من أهداف التنمية المستدامة، وترتبط بقدرة البلدان على اجتذاب المجتمعات المحلية الماهرة والحفاظ عليها (الأهداف 3 و 4 و 10 من أهداف التنمية المستدامة).

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

4-1 - البحر الأبيض المتوسط

مناطق الشعاب المرجانية في البحر الأبيض المتوسط هي مناطق شبه مدارية معتدلة في طبيعتها ومحدودة النطاق، ويتناول الفصل 7 من هذا التقييم الشعاب المرجانية التي توجد في المناطق المعتدلة. وبعض أنواع المرجان، مثل Oculina patagonica، آخذ في التوسع من حيث النطاق والوفرة مع زيادة درجة الحرارة وكمية الضوء (Serrano and others, 2018). وتشهد أنواع أخرى من المرجان حالة من التراجع في رقعتها (مثل Cladocora caespitose؛ Chefaoui and others, 2017) بسبب الانتقال من الشعاب المنتجة للمرجان إلى الشعاب التي تهيمن عليها الطحالب (مثل نوعي Womersleyella setacea و Caulerpa (cylindracea) (Gatti and others, 2015).

4-2 - المحيط الأطلسي، وعلى وجه التحديد منطقة البحر الكاريبي الكبرى

بشكل عام، تتعرض نسبة 43 في المائة من الشعاب البحرية في منطقة البحر الكاريبي لتهديد كبير أو كبير جدا من جراء الأنشطة البشرية (International Coral

(Reef Initiative (ICRI), 2018a). والتهديدات الرئيسية للشعاب البحرية في منطقة البحر الكاريبي هي نفسها التي تؤثر على الشعاب البحرية في أنحاء العالم (Mumby and others, 2014)، بما في ذلك التفشي السريع لأمراض المرجان (van Woesik and Randall, 2017) مثل "مرض فقدان أنسجة المرجان الحجري" المستجد (Alvarez-Filip and others, 2019). وتعتبر الآن أسماك الأسد المغيرة (Pterois volitans) تهديداً يحدق بتجمعات الأسماك المتوطنة المرتبطة بالشعاب البحرية ويطال التنوع البيولوجي العام للشعاب البحرية (Chagaris and others, 2017).

وقد خفضت موجاتُ الحر الشديد البحرية التي تحدث في جميع أنحاء منطقة البحر الكاريبي منذ سبعينيات القرن الماضي، وفي عامي 2015 و 2016 خصوصا (Banon and others, 2018)، الغطاءَ المرجاني الحي من أكثر من 70 في المائة إلى ما يقرب من 14 في المائة (ICRI, 2018a)، وإن كان هناك تباين كبير على الصعيد الإقليمي (Jackson and others, 2014؛ و Cortés and others, 2018؛ و Muniz-Castillo and others, 2019). ويتوقع فان هويدونك وآخرون (Van Hooidonk and others (2014) أن معظم الشعاب المرجانية في منطقة البحر الكاريبي ستعاني من ابيضاض سنوي بحلول الفترة 2045-2050، ويمكن أن يؤدي تحمض المحيطات إلى انخفاض مستويات تشبع الكربونات إلى ما دون تلك المطلوبة للحفاظ على تضاؤُف الشعاب المرجانية بحلول عام 2050. ويفيد بيري وآخرون (Perry and others (2013) بأن 37 في المائة من الشعاب المرجانية في منطقة البحر الكاريبي الكبرى آخذة في التحات، وأن التضاؤُف لا يحدث إلا في 26 في المائة منها. وأفادت تقارير عن تسجيل حالات انخفاض كبير في معدلات التكلس وكثافة الهيكل لأنواع مثل Orbicella faveolata في محمية "Seaflower Biosphere Reserve" (Lizcano-Sandoval and others, 2019)، مع وجود مؤشرات قوية على أن الشعاب البحرية في فلوريدا آخذة في التحات بشكل عام (Kuffner and others, 2019). ويُعتقد أن العواصف المدارية الكبرى في غرب وسط المحيط الأطلسي (خمسة أعاصير من الفئة 5 وثلاثة أعاصير من الفئة 4 في الأعوام 2017 و 2018 و 2019) تسببت في أضرار هائلة للشعاب المرجانية في جميع أنحاء المنطقة، على الرغم من أن البيانات الرسمية لم تنشر بعد.

وأحرز تقدم فيما يتعلق بتوحيد إجراءات الرصد والإبلاغ فيما يتصل بسلامة الشعاب المرجانية في جميع أنحاء منطقة البحر الكاريبي (يُذكر منها مثلا الشبكة المعروفة باسم Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN)-Caribbean, 2016). وتشير بطاقات تقييم الشعاب البحرية إلى تحسن في سلامة الشعاب في جميع أنحاء نظام الحاجز المرجاني في أمريكا الوسطى على مدى السنوات العشر الماضية (McField and others, 2018). وقد تم تعزيز الجهود الرامية لتحسين حفظ الشعاب المرجانية والبيئات الساحلية والاستخدام المستدام لها في جميع أنحاء المنطقة (Caribbean Challenge Initiative (CCI), 2019)، كما بذلت جهود تهدف لاستعادة آكلات الأعشاب (ICRI, 2013؛ و Vallès and Oxenford, 2018). وتوسعت جهود تجديد وإصلاح الشعاب البحرية في منطقة البحر الكاريبي الكبرى، وهي تستفيد من الأبحاث الجديدة وتحسن تقنيات الحضانة والزرع الخارجي (Lirman and Schopmeyer, 2016؛ و Baums and others, 2019).

4-3 - المحيط الهندي

ظلت وفرة الشعاب المرجانية مستقرةً في جميع أنحاء المحيط الهندي منذ عام 2010، باستثناء الشعاب المرجانية القريبة من موزامبيق التي تناقصت بشكل كبير (Obura and others, 2017). وتسببت موجات الحر الشديد البحرية على الصعيد العالمي في اتساع نطاق الابيضاض (مثل ملديف؛ Cowburn and others, 2019؛ وشمال غرب أستراليا؛ Keesing and others 2019) في جميع أنحاء المنطقة. وجرى تحديد أكثر من 65 في المائة من الشعاب المرجانية في المحيط

الهندي بوصفها معرضة للخطر نتيجة لتهديدات محلية، واعتُبرت نسبة 33 في المائة منها معرضة لخطر كبير أو كبير جدا (ICRI, 2018b). ويوجد ما يقارب 19 في المائة من الشعاب المرجانية داخل مناطق بحرية محمية. ومع ذلك، فإن 25 في المائة فقط من إجمالي عدد المناطق البحرية المحمية تعتبر فعالة (ICRI, 2018c)، وكثير منها يفتقر إلى خطط الإدارة (Obura and others, 2017).

وتبدي الشعاب المرجانية في البحر الأحمر والخليج العربي مرونةً في وجه درجات الحرارة المرتفعة والموت الناجم عن الابيضاض (Howells and others, 2016)، على الرغم من أن معدلات التكلس تبدو آخذة في الانخفاض (Steiner and others, 2018). ويتراجع في المحيط الهندي استخدام ممارسات الصيد الضارة، بما في ذلك استخدام السم والديناميت (Obura and others, 2017)، مع استثناءات ملحوظة مثل جمهورية تنزانيا المتحدة (Chevallier, 2017). وتتزايد الآثار المباشرة الأخرى على الشعاب المرجانية، مثل الضرر الناجم عن رسو قوارب الصيد والقوارب السياحية (Obura and others, 2017) وحالات انتشار نجم البحر ذي التاج الشوكي (Saponari and others, 2018؛ و Keesing and others 2019).

4-4 - المحيط الهادئ

تتشابه التهديدات التي تتعرض لها الشعاب المرجانية في المحيط الهادئ، بما في ذلك منطقة المثلث المرجاني ذات التنوع البيولوجي، مع التهديدات القائمة على الصعيد العالمي (ICRI, 2018c). وأُبلغ عن تناقص بنسبة 3 في المائة في الغطاء المرجاني من عام 1999 إلى عام 2016 (ICRI, 2018c)، وحدثت حالات ابيضاض واسعة النطاق في جميع أنحاء المنطقة منذ عام 2015 (Moritz and others, 2018؛ و Hughes and others, 2019) لم يبلَغ عن آثارها إلا الآن (Gorospe and others, 2018).

ولا تزال حالات انتشار نجم البحر ذي التاج الشوكي تحدث في جميع أنحاء المحيط الهادئ مسبِّبةً تناقص المرجان، بما في ذلك، على سبيل المثال، في بولينيزيا الفرنسية (Kayal and others, 2012)، والمكسيك (Rodríguez-Vilalobos and Ayala-Bocos, 2018)، واليابان (Yasuda, 2018)، وأستراليا (MacNeil and others, 2017)، وجزر أخرى في المحيط الهادئ (Moritz and others, 2018).

ويتغير التنوع البيولوجي للأنواع المرجانية في جميع أنحاء المحيط الهادئ نتيجة للاضطرابات، حيث تتزايد هيمنة أنواع معينة من المرجان كالأنواع من جنس Porites، في حين شهدت أنواع من المرجان من جنس Pocillopora تراجعا كبيرا (Moritz and others, 2018). وقد أبلغت اليابان عن توسع نطاق المرجان باتجاه القطب إلى موائل سابقة للطحالب البحرية (Yamano and others, 2011؛ و Kumagai and others, 2018). وتناقَص غطاء الشعاب المرجانية حول الجانب الشمالي الغربي من جزيرة هاواي من قرابة 44 في المائة إلى 31 في المائة بين عامي 2002 و 2014، ويرجع ذلك أساساً إلى الأنشطة المتصلة بالاستخدام البشري (مثل الإنتاج الحيواني؛ وتطوير الأراضي وإزالة الغابات والزحف الحضري العشوائي؛ والصيد والترفيه) وموجات الحر الشديد المتصلة بتغير المناخ (Gove and others, 2016).

ويتعرض ما يقارب 88 في المائة من الشعاب البحرية للتهديدات الناجمة عن الأنشطة البشرية، ولا سيما التهديدات المحلية (ICRI, 2018c). ويقع ما يقارب 13 في المائة (960 8 كيلومترا مربعا) من مناطق الشعاب المرجانية على امتداد المحيط الهادئ في مناطق محمية، وتنفَّذ خطط إدارة رسمية في 20 في المائة منها (Moritz and others, 2018). ومن بين الشعاب المرجانية الموجودة في مناطق بحرية محمية في منطقة جنوب شرق آسيا، لا تطبَّق تدابير فعالة للإدارة والامتثال سوى في 30 في المائة منها (ICRI, 2018c).

5 - آفاق المستقبل

تناقصت وفرة الشعاب المرجانية والغطاء الذي تشكّله من عام 2010 إلى عام 2019، ومن المتوقع أن يستمر ذلك التناقص في العقود المقبلة (Graham and others, 2017). وأدت أحداث الابيضاض منذ عام 2015 إلى انخفاض في إنتاج اليرقات وتراجع في تعزيز الأرصدة، مما سيؤدي إلى انخفاض أو تأخر التعافي (Hughes and others, 2018b). وتشير التوقعات المناخية (انظر أيضا الفصلين 5 و 9) إلى أن العديد من الشعاب المرجانية في العالم ستشهد ابيضاضا سنويا يرتبط بارتفاع درجات الحرارة بحلول منتصف القرن (Hughes and others, 2018b). وزيادة التحات والترسيب وتدفق المغذيات، التي ترتبط بتزايد شدة العواصف (Walsh and others, 2016؛ و Vitousek and others, 2017)؛ وزيادة معدل موت المرجان المرتبط بانخفاض الأكسجين (Nelson and Altieri, 2019؛ و Altieri and others, 2017)؛ وغرق الشعاب المرجانية مع زيادة مستويات سطح البحر (Perry and others, 2018؛ و Storlazzi and others, 2019)، كلها أمور أشارت التوقعات إلى حدوثها. وتبدو مناطق المياه العميقة خيارا أقل مواتاة لتشكيل ملجأ للمرجان من الحرارة لأن المتنفس الحراري الذي تتيحه المياه العميقة لا يتوفر إلا في أوقات معينة من السنة، وليس هناك إلا أنواع معينة قادرة على تحمل بيئة المياه العميقة (Frade and others, 2018). ومن المرجح أن تهيمن على المجتمعات المرجانية في المستقبل أنواعٌ أقل عددا من أنواع المرجان المقاوِمة لدرجات الحرارة المرتفعة والابيضاض (Moritz and others, 2018؛ و Birkeland, 2019). وستصبح آثار تحمض المحيطات أكثر وضوحا في العقود المقبلة، مع استمرار تحلل الشعاب (Eyre and others, 2018؛ و Birkeland, 2019).

ومن المتوقع أن تمتد الشعاب المرجانية إلى خطوط عرض أعلى نتيجة لاحترار المحيطات والتيارات الدافئة (Wilson and others, 2016, 2018). ومع ذلك، من المتوقع أن تكون موائل المرجان أو نطاق توزع أنواعه محصورة بين خطوط العرض الأعلى حيث تنخفض حالة التشبع بالأراغونيت، وخطوط العرض الأدنى حيث يؤدي ارتفاع درجات حرارة المياه إلى إجهاد حراري (Matz and others, 2018؛ و Yara and others, 2012).

ويعتبر العديد من العلماء المختصين بدراسة الشعاب البحرية غازاتِ الدفيئة وتغيرَ المناخ الخطر الرئيسي على الشعاب المرجانية في المستقبل (مثل Beyer and others, 2018؛ و Rinkevich, 2019). وللتصدي لفقدان الشعاب المرجانية، يجري تحسين تقنيات استعادة الشعاب المرجانية (van Oppen and others, 2017) واستخدامها على نطاق واسع، وهي تحقق بعض النجاح (Bayraktarov and others, 2019؛ و Rinkevich, 2019). ويتواصل إجراء البحوث لفهم استجابة المرجان لتغير المناخ ووضع طرائق تساعد المرجان على التكيف مع ظروف المستقبل (مثل التعديلات على تنوع الطحالب الدقيقة التكافلية؛ Rinkevich, 2019). وقد تساعد نُهج النمذجة التي تحدد أطر المخاطر التي تهدد الشعاب المرجانية في تحديد أولويات الجهود بحيث تركّز على الشعاب المرجانية التي تتمتع بأكبر قدر من المرونة وتتوافر لها أقصى مقومات البقاء (Beyer and others, 2018). وتكتسب الآليات المبتكرة للتمويل المستدام المقدم لدعم حفظ الموارد البحرية واستخدامها المستدام، ولا سيما الشعاب المرجانية، زخما في ظل الاقتصاد الأزرق (مثلا Deutz and others, 2018).

وبشكل عام، سيؤدي استمرار فقدان الشعاب المرجانية المتوقع حدوثه في العقود القادمة إلى تراجع الفوائد الاجتماعية والاقتصادية العديدة للشعاب المرجانية السليمة أيضا.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

شملت الثغرات المعرفية الرئيسية التي أُبلغ عنها في التقييم العالمي الأول تلك المتعلقة بفهم استجابات المرجان والأنواع المعتمدة عليه (مثل الأسماك) لتغير المناخ، والامتداد المكاني للشعاب المرجانية في المنطقة المتوسطة الإضاءة (الشعاب المرجانية الموجودة في ظروف إضاءة أقل عند أعماق تتراوح بين 30 مترا و 150 مترا). ومع ذلك فقد أحرز تقدم في معالجة هاتين الثغرتين، وأصبحت الثغرات المتبينة اليوم في المعارف مختلفةً بعض الشيء، وإن كانت لا تزال تندرج في المجالات العامة نفسها. وهذه الثغرات هي: (أ) طرق استجابة مجتمعات الشعاب المرجانية لتغير المناخ؛ (ب) القيمة الاجتماعية والاقتصادية للشعاب المرجانية؛ (ج) توزع وإيكولوجيا الشعاب المرجانية التي توجد في المناطق المتوسطة الإضاءة.

ولا يزال يلزم فهمٌ أكبر لاستجابات مجتمعات الشعاب المرجانية لتغير المناخ، وإن كان هناك تقدم فيما يتعلق بتكيف المرجان مع التغير (مثل Dziedzic and others, 2019). ولا يزال فهم طرق استجابة الشعاب المرجانية لتحمض المحيطات (Morais and others, 2018) محدوداً، وثمة لبس في الفهم الحالي بسبب عدم الدقة في قياسات صافي نمو وتحات الشعاب. وعلى وجه الخصوص، هناك نقص في فهم آثار ارتفاع درجات حرارة المحيطات على دورات حياة أصنوفات الشعاب البحرية، والتغيرات في الوظيفة الحسية العصبية والأيض في مجموعة متنوعة من الأصنوفات الرئيسية المرتبطة بالشعاب البحرية، والآثار التراكمية التي تطال نظم الشعاب المرجانية بسبب تغير المناخ وعوامل الإجهاد الأخرى مثل ازدياد تركيز المغذيات وزيادة حمل الرواسب والإفراط في الصيد. ويوجد حاليا فهم محدود للدور الذي تؤديه الطحالب المرجانية والمجتمعات الميكروبية في إيكولوجيا الشعاب البحرية وسلامتها (Cornwall and others, 2019؛ و Ricci and others, 2019)، وإن كانت هناك روابط موسمية واضحة بين الميكروبيوم ووفرة الطحالب الكبرى (Glasl and others, 2020). وهناك أيضا ثغرات جغرافية كبيرة في فهمنا للشعاب المرجانية واستجاباتها لتغير المناخ وعوامل الإجهاد الأخرى، مثل انخفاض الأكسجين في المحيطات والملوِّثات الناشئة. والوصف المتوفر لمجتمعات الشعاب المرجانية في جنوب غرب المحيط الأطلسي ومجتمعات الشعاب المرجانية في المياه العميقة ينقصه الكثير (Loya and others, 2016؛ و Morais and others, 2018). ويلزم الحصول على مزيد من المعلومات لتحديد آليات الأمراض المرجانية وكيفية انتقالها، ولا سيما علاقتها بحالات ابيضاض المرجان وسوء نوعية المياه.

وبالنسبة للقيمة الاجتماعية والاقتصادية للشعاب المرجانية، لا توجد تقييمات دقيقة للقيمة الاقتصادية لخدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها الشعاب المرجانية على الصعيدين المحلي والوطني، وبالتالي لا تسجَّل قيمتها على النحو الصحيح في تحليلات التكاليف والفوائد للمشاريع الإنمائية. وهناك ثغرات معرفية أخرى فيما يتعلق بفعالية أدوات الإدارة والجهود الرامية إلى تحسين قدرة الشعاب البحرية على التكيف، بما في ذلك استعادة المرجان (Boström-Einarsson and others, 2020).

وأخيرا، هناك أدلة جديدة تشير إلى أن الشعاب المرجانية في المنطقة متوسطة الإضاءة تتواجد على نطاق واسع (مثلا Baker and others, 2016) خارج المحيط الأطلسي (Loya and others, 2016)، وهناك حاجة إلى مزيد من المعلومات بشأن تنوعها البيولوجي ووظيفتها الإيكولوجية.

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

حدد التقييم العالمي الأول ثغرات في مجال بناء القدرات على المستويات المحلية والوطنية والإقليمية. ولا تزال هذه الثغرات قائمة في معظم البلدان النامية، ويحد الافتقار إلى الفنيين والباحثين المؤهلين تحديدا من رصد وإدارة الشعاب المرجانية، وبالتالي من القدرة على تحديد التغير مع مرور الوقت والاستجابة للتغيرات. وقد أجريت تحسينات كبيرة في تطوير تكنولوجيات جديدة لرصد نظم الشعاب المرجانية (Bayley and Mogg, 2019؛ و Hedley and others, 2016)، ولكن هناك قدرة محلية محدودة على استخدام وتطبيق مثل هذه التكنولوجيا (مثلا Díaz and others, 2015؛ و Timpte and others, 2018). وهناك حاجة إلى زيادة القدرة على تنفيذ استراتيجيات التكيف للتصدي لتغير المناخ (Cinner and others, 2018) وبناء قدرات الإدارة التكيفية (Hoegh-Guldberg, 2018)، على الصعيدين المحلي والعالمي. ويمثل الوعي العام وبناء القدرات من أجل إدارة الشعاب المرجانية الآخذة في التوسع واستخدامها على نحو مستدام مسألة ناشئة بالنسبة للمناطق الواقعة على خطوط العرض العليا. وقدرات إصلاح الشعاب المرجانية محدودة حاليا، ويتعين تنمية القدرات في مجال استزراع المرجان وتربيته (Kittinger and others, 2016؛ و Van Oppen and others, 2017) وتعهده.

المراجع

Adjeroud, Mehdi, and others (2018). Recovery of coral assemblages despite acute and recurrent disturbances on a South Central Pacific reef. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 9680.

Albright, Rebecca, and others (2016). Reversal of ocean acidification enhances net coral reef calcification. *Nature*, vol. 531, No. 7594, p. 362.

Altieri, Andrew H., and others (2017). Tropical dead zones and mass mortalities on coral reefs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 14, pp. 3660–3665.

Alvarez-Filip, Lorenzo, and others (2019). A rapid spread of the Stony Coral Tissue Loss Disease outbreak in the Mexican Caribbean. *PeerJ Preprints*, vol. 7, e27893v1.

Anyamba, Assaf, and others (2019). Global Disease outbreaks Associated with the 2015–2016 El Niño event. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 1930.

Aswani, Shankar, and others (2015). Scientific frontiers in the management of coral reefs. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 50.

Babcock, Russell C., and others (2019). Severe continental-scale impacts of climate change are happening now: Extreme climate events impact marine habitat forming communities along 45% of Australia's coast. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 411.

Baird, A.H., and others (2012). Pole-ward range expansion of *Acropora* spp. along the east coast of Australia. *Coral Reefs*, vol. 31, No. 4, pp. 1063–1063.

Baker, E., and others (2016) *Mesophotic coral ecosystems–a lifeboat for coral reefs?* United Nations Environment Programme and GRID-Arendal.

Banon, Ysabel, and others (2018). Thermal Stress and Bleaching in Coral Reef Communities during the 2014–2016 Caribbean Bleaching Event. In *AGU Fall Meeting Abstracts*.

Baums, Iliana B., and others (2019). Considerations for maximizing the adaptive potential of restored coral populations in the western Atlantic. *Ecological Applications*, vol. 29, No. 8, e01978. 10.1002/eap.1978

Bayley, Daniel T.I., and Andrew O.M. Mogg (2019). New advances in benthic monitoring technology and methodology. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, pp. 121–132. Elsevier.

Bayraktarov, Elisa, and others (2019). Motivations, success and cost of coral reef restoration. *Restoration Ecology*.

Beck, Michael W., and others (2018). The global flood protection savings provided by coral reefs. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 2186.

Beyer, Hawthorne L., and others (2018). Risk–sensitive planning for conserving coral reefs under rapid climate change. *Conservation Letters*, vol. 11, e12587.

Birkeland, Charles (2019). Global status of coral reefs: in combination, disturbances and stressors become ratchets. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, pp. 35–56. Elsevier.

Booth, David J., and John Sear (2018). Coral expansion in Sydney and associated coral–reef fishes. *Coral Reefs*, vol. 37, No. 4, pp. 995–995.

Boström–Einarsson, Lisa, and others (2020). Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. *PloS ONE*, vol. 15, e0226631.

Bruno, John F., and others (2019). Climate change, coral loss, and the curious case of the parrotfish paradigm: Why don't marine protected areas improve reef resilience? *Annual Review of Marine Science*, vol. 11, pp. 307–334.

Butler, I.R., and others (2015). The cumulative impacts of repeated heavy rainfall, flooding and altered water quality on the high–latitude coral reefs of Hervey Bay, Queensland, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 96, Nos. 1–2, pp. 356–367.

Caribbean Challenge Initiative (CCI) (2019). *Factsheet and Overview: Caribbean Challenge Initiative*. www.caribbeanbiodiversityfund.org/pdf/CCI_Overview_factSheet_HighRes.pdf.

Chagaris, David, and others (2017) An ecosystem–based approach to evaluating impacts and management of invasive lionfish. *Fisheries*, vol. 42, No.8, pp. 421–431, https://doi.org/10.1080/03632415.2017.1340273.

Chefaoui, Rosa M., and others (2017). Environmental drivers of distribution and reef development of the Mediterranean coral *Cladocora caespitosa*. *Coral Reefs*, vol. 36, No. 4, pp. 1195–1209.

Chevallier, Romy (2017). Safeguarding Tanzania's Coral Reefs: The Case of Illegal Blast Fishing.

Cinner, Joshua E., and others (2016a). Bright Spots among the World's Coral Reefs. *Nature*, vol. 535, p. 416.

Cinner, Joshua E., and others (2016b). A Framework for Understanding Climate Change Impacts on Coral Reef Social–Ecological Systems. *Regional Environmental Change*, vol. 16, No. 4, pp. 1133–1146.

Cinner, Joshua E., and others (2018). Building Adaptive Capacity to Climate Change in Tropical Coastal Communities. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 2, p. 117.

Cornwall, Christopher Edward, and others (2019). Impacts of ocean warming on coralline algae: knowledge gaps and key recommendations for future research. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 186.

Cortés, Jorge, and others (2018). The CARICOMP Network of Caribbean Marine Laboratories (1985–2007): History, Key Findings and Lessons Learned. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 519.

Costanza, Robert, and others (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, vol. 26, pp. 152–158.

Cowburn, Benjamin, and others (2019). Evidence of coral bleaching avoidance, resistance and recovery in the Maldives during the 2016 mass–bleaching event. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 626, pp. 53–67.

De Bakker, Didier M., and others (2017). 40 Years of benthic community change on the Caribbean reefs of Curaçao and Bonaire: the rise of slimy cyanobacterial mats. *Coral Reefs*, vol. 36, No. 2, pp. 355–367.

Deutz, Andrew, and others (2018). *Innovative Finance for Resilient Coasts and Communities. A Briefing Paper Prepared by The Nature Conservancy and the United Nations Development Programme for Environment and Climate Change Canada*. www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/Innovative_Finance_Resilient_Coasts_and_Communities.pdf.

Díaz, Sandra, and others (2015). The IPBES Conceptual Framework—connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 14, pp. 1–16.

Dziedzic, Katherine E., and others (2019) Heritable variation in bleaching responses and its functional genomic basis in reef-building corals (*Orbicella faveolata*). *Molecular Ecology*, vol. 28, No. 9, pp. 2238–2253.

Eakin, C. Mark, and others (2019). The 2014–2017 global-scale coral bleaching event: insights and impacts. *Coral Reefs,* vol. 38, pp. 539–545.

Eriksson, Hampus and others (2015). Contagious exploitation of marine resources. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 13, No. 8, pp. 435–440.

Eyre, Bradley D., and others (2018). Coral reefs will transition to net dissolving before end of century. *Science*, vol. 359, No. 6378, pp. 908–911.

Fordyce, Alexander John, and others (2019). Marine heatwave hotspots in coral reef environments: physical drivers, ecophysiological outcomes and impact upon structural complexity. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, p. 498.

Frade, Pedro R., and others (2018). Deep reefs of the Great Barrier Reef offer limited thermal refuge during mass coral bleaching. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, pp. 3447.

Gatti, Giulia, and others (2015). Ecological change, sliding baselines and the importance of historical data: lessons from combing observational and quantitative data on a temperate reef over 70 years. *PloS One*, vol. 10, No. 2, e0118581.

Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN)-Caribbean (2016). *GCRMN-Caribbean Guidelines for Coral Reef Biophysical Monitoring*. UNEP(DEPI)/CAR WG.38/INF.17.

Glasl, B., and others (2020). Comparative genome-centric analysis reveals seasonal variation in the function of coral reef microbiomes. *ISME Journal*, vol. 14, pp. 1435–1450.

Gorospe, Kelvin D., and others (2018). Local biomass baselines and the recovery potential for Hawaiian coral reef fish communities. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 162.

Gove, Jamison M., and others (2016). West Hawai'i integrated ecosystem assessment: ecosystem trends and status report. Pacific Islands Fisheries Science Centre.

Graham, Nicholas A.J., and others (2017). Human disruption of coral reef trophic structure. *Current Biology*, vol. 27, No. 2, pp. 231–236.

Hedley, John D., and others (2016). Remote sensing of coral reefs for monitoring and management: a review. *Remote Sensing*, vol. 8, No. 2, art. 118.

Hoegh-Guldberg, Ove, and others (2018). Securing a long-term future for coral reefs. *Trends in Ecology & Evolution*.

Holbrook, Sally J., and others (2018). Recruitment drives spatial variation in recovery rates of resilient coral reefs. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 7338.

Howells, Emily J., and others (2016). Host adaptation and unexpected symbiont partners enable reef-building corals to tolerate extreme temperatures. *Global Change Biology*, vol. 22, pp. 2702–2714. https://doi.org/10.1111/gcb.13250.

Hughes, Terry P., and others (2017a). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature*, vol. 546, No. 7656, p. 82.

Hughes, Terry P., and others (2017b). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, vol. 543, No. 7645, p. 373.

Hughes, Terry P., and others (2018a). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, vol. 556, No. 7702, p. 492.

Hughes, Terry P., and others (2018b). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science*, vol. 359, No. 6371, pp. 80–83.

Hughes, Terry P., and others (2019). Ecological memory modifies the cumulative impact of recurrent climate extremes. *Nature Climate Change*, vol. 9, pp. 40–43. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0351-2.

International Coral Reef Initiative (ICRI) (2013). *Recommendation on Addressing the Decline in Coral Reef Health throughout the Wider Caribbean: The Taking of Parrotfish and Similar Herbivores*. Adopted on 17 October 2013, at the 28th ICRI General Meeting (Belize City).

_____(2018a). *Caribbean Fact Sheet – Communicating the Economic and Social Importance of Coral Reefs for Caribbean Countries*. International Coral Reef Initiative.

International Coral Reef Initiative (ICRI) (2018b). *Communicating the Economic and Social Importance of Coral Reefs for Indian Ocean Countries*. International Coral Reef Initiative.

_____(2018c). *South Asia Factsheet – Communicating the Economic and Social Importance of Coral Reefs for South East Asian Countries*. International Coral Reef Initiative.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). *Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report* vol. 1. C.B Field, and others, eds. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415379.

_____(2018). Summary for policymakers. In *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. V. Masson-Delmotte, and others, eds., p. 24.

Jackson, Jeremy, and others (2014). *Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970–2012*. Gland, Switzerland: Global Coral Reef Monitoring Network, ICUN.

Johns, Kerryn A., and others (2018). Macroalgal feedbacks and substrate properties maintain a coral reef regime shift. *Ecosphere*, vol. 9, No. 7, art. e02349.

Johnson, Christopher N., and others (2017). Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science*, vol. 356, No. 6335, pp. 270–275.

Jones, Kendall R., and others (2018). The location and protection status of Earth's diminishing marine wilderness. *Current Biology*, vol. 28, No. 15, pp. 2506–2512.

Kayal, Mohsen, and others (2012). Predator Crown-of-Thorns Starfish (*Acanthaster planci*) Outbreak, Mass Mortality of Corals, and Cascading Effects on Reef Fish and Benthic Communities. *PLOS ONE*, vol. 7, No. 10, pp. 1–9. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047363.

Keesing, John K. and others (2019). Two time losers: selective feeding by crown-of-thorns starfish on corals most affected by successive coral-bleaching episodes on western Australian coral reefs. *Marine Biology*, vol. 166, No. 72. https://doi.org/10.1007/s00227-019-3515-3.

Kerr, Rodrigo, and others (2018). Northern Antarctic Peninsula: a marine climate hotspot of rapid changes on ecosystems and ocean dynamics. *Deep-Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography*, vol. 149, pp. 4–9.

Kittinger, John, and others (2012). Human dimensions of coral reef social-ecological systems. *Ecology and Society*, vol. 17, No. 4. https://doi.org/10.5751/ES-05115-170417.

Kittinger, John, and others (2016). Restoring ecosystems, restoring community: socioeconomic and cultural dimensions of a community-based coral reef restoration project. *Regional Environmental Change*, vol. 16, No. 2, pp. 301–313.

Kuffner, Ilsa B., and others (2019). Improving estimates of coral reef construction and erosion with in situ measurements. *Limnology and Oceanography*. https://doi.org/10.1002/lno.11184.

Kumagai, Naoki H., and others (2018). Ocean currents and herbivory drive macroalgae–to–coral community shift under climate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 36, pp. 8990–8995.

Leggat, William P., and others (2019). Rapid coral decay is associated with marine heatwave mortality events on reefs. *Current Biology*, vol. 29, No. 16, pp. 2723–2730. https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.06.077.

Lirman, D. and S. Schopmeyer (2016). Ecological solutions to reef degradation: optimizing coral reef restoration in the Caribbean and Western Atlantic. *PeerJ* 4: e2597; https://doi.org/10.7717/peerj.2597.

Lizcano–Sandoval, Luis David, and others (2019). Climate change and Atlantic Multidecadal Oscillation as drivers of recent declines in coral growth rates in the Southwestern Caribbean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 38.

Lough, J.M., and others (2018). Increasing thermal stress for tropical coral reefs: 1871–2017. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 6079.

Loya, Yossi, and others (2016). *Theme Section on Mesophotic Coral Ecosystems: Advances in Knowledge and Future Perspectives. Coral Reefs*, vol. 35, pp. 1–9.

MacNeil, M., and others (2017). Age and growth of an outbreaking *Acanthaster* cf. *solaris* population within the Great Barrier Reef. *Diversity*, vol. 9, No. 1, art. 18.

Matz, Mikhail V., and others (2018) Potential and limits for rapid genetic adaptation to warming in a Great Barrier Reef coral. *PLOS Genetics*, 14(4), e1007220. https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1007220.

Mcfield, Melanie, and others (2018). *2018 Mesoamerican Reef Report Card*. Healthy Reefs Initiative. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19679.36005.

Morais, Juliano, and others (2018). Research gaps of coral ecology in a changing world. *Marine Environmental Research*, vol. 140, pp. 243–250.

Moritz, Charlotte, and others, eds. (2018). Status and Trends of Coral Reefs of the Pacific, Global Coral Reef Monitoring Network.

Mumby, Peter J., and others (2014). Towards Reef Resilience and Sustainable Livelihoods: A handbook for Caribbean coral reef managers.

Muniz–Castillo, Aaron Israel, and others (2019). Three decades of heat stress exposure in Caribbean coral reefs: a new regional delineation to enhance conservation. *Scientific Reports*, vol. 9, art. 11013. https://doi.org/10.1038/s41598–019–47307–0.

Murakami, Hiroyuki, and others (2014). Contributing factors to the recent high level of accumulated cyclone energy (ACE) and power dissipation index (PDI) in the North Atlantic. *Journal of Climate*, vol. 27, No. 8, pp. 3023–3034.

Nelson, Hannah R., and Andrew H. Altieri (2019). Oxygen: the universal currency on coral reefs. *Coral Reefs*, vol. 38, No. 2, pp. 177–198.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2020). *Coral reef condition: A status report for the Flower Garden Banks*. NOAA Coral Reef Conservation Program. Silver Spring, Maryland, United States.

Obura, David, and others (2017). *Coral Reef Status Report for the Western Indian Ocean*. Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN)/International Coral Reef Initiative (ICRI), p. 144.

Perry, Chris T., and others (2013). Caribbean–wide decline in carbonate production threatens coral reef growth. *Nature Communications*, vol. 4, No. 1, art. 1402.

Perry, Chris T., and others (2018). Loss of coral reef growth capacity to track future increases in sea level. *Nature*, vol. 558, No. 7710, pp. 396–400.

Popova, Ekaterina, and others (2016). From global to regional and back again: common climate stressors of marine ecosystems relevant for adaptation across five ocean warming hotspots. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 6, pp. 2038–2053.

Randall, Carly J., and Robert van Woesik (2015). Contemporary white-band disease in Caribbean corals driven by climate change. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 4, p. 375.

Ricci, Francesco, and others (2019). Beneath the surface: community assembly and functions of the coral skeleton microbiome. *EcoEvoRxiv*. https://doi.org/10.32942/osf.io/9yjw8.

Rinkevich, Baruch (2019). The active reef restoration toolbox is a vehicle for coral resilience and adaptation in a changing world. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 7, No. 7, art. 201.

Rodríguez-Vilalobos, J.C., and A. Ayala-Bocos (2018). Coral colonies in the eastern tropical Pacific: predation by *Acanthaster* cf. *solaris*. *Pacific Conservation Biology*, vol. 24, No. 4, pp. 419–420.

Ruiz-Moreno, Diego, and others (2012). Global coral disease prevalence associated with sea temperature anomalies and local factors. *Diseases of Aquatic Organisms*, vol. 100, No. 3, pp. 249–261.

Saponari, Luca, and others (2018). Monitoring and assessing a 2-year outbreak of the corallivorous seastar *Acanthaster planci* in Ari Atoll, Republic of Maldives. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 190, No. 6, art. 344.

Schemmel, Eva, and others (2016). The codevelopment of coastal fisheries monitoring methods to support local management. *Ecology and Society*, vol. 21, No. 4.

Serrano, Eduard, and others (2018). Demographics of the zooxanthellate coral *Oculina patagonica* along the Mediterranean Iberian coast in relation to environmental parameters. *Science of The Total Environment*, vol. 634, pp. 1580–1592.

Shaver, Elizabeth C., and others (2018). Local management actions can increase coral resilience to thermally-induced bleaching. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 2, No. 7, p. 1075.

Smale, Dan A., and others (2019). Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change*, vol. 9, No. 4, p. 306.

Spalding, Mark, and others (2017). Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, vol. 82, pp. 104–113.

Steiner, Zvi, and others (2018). Water chemistry reveals a significant decline in coral calcification rates in the southern Red Sea. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 3615.

Storlazzi, Curt D., and others (2019). Rigorously valuing the role of US coral reefs in coastal hazard risk reduction. US Geological Survey.

Teh, Louise S.L., and others (2013). A global estimate of the number of coral reef fishers. *PLoS One*, vol. 8, No. 6, e65397.

Timpte, Malte, and others (2018). Engaging diverse experts in a global environmental assessment: participation in the first work programme of IPBES and opportunities for improvement. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, vol. 31, No. sup1, pp. S15–S37.

Turner, Rachel A., and others (2018). Social fit of coral reef governance varies among individuals. *Conservation Letters*, vol. 11, No. 3, e12422.

United Nations (2017a). Chapter 43: Tropical and sub-tropical coral reefs. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

United Nations Environment Programme (UNEP) and others (2018). *Plastics and Shallow Water Coral Reefs. Synthesis of the Science for Policy-Makers*. Nairobi: UNEP.

Vallès, Henri, and Hazel A. Oxenford (2018). Simple family-level parrotfish indicators are robust to survey method. *Ecological Indicators*, vol. 85, pp. 244–252.

Van Hooidonk, Ruben, and others (2014). Opposite latitudinal gradients in projected ocean acidification and bleaching impacts on coral reefs. *Global Change Biology*, vol. 20, No.1, pp. 103–112.

Van Oppen, Madeleine J.H., and others (2017). Shifting paradigms in restoration of the world's coral reefs. *Global Change Biology*, vol. 23, No. 9, pp. 3437–3448.

Van Woesik, Robert, and Carly J. Randall (2017). Coral disease hotspots in the Caribbean. *Ecosphere*, vol. 8, No. 5, art. e01814.

Vargas-Ángel, Bernardo, and others (2019). El Niño-associated catastrophic coral mortality at Jarvis Island, central Equatorial Pacific. *Coral Reefs* vol. 38, pp. 731–741.

Vitousek, Sean, and others (2017). Doubling of coastal flooding frequency within decades due to sea-level rise. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, art. 1399.

Walsh, Kevin J.E., and others (2016). Tropical cyclones and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 7, No. 1, pp. 65–89.

Wernberg, Thomas, and others (2016). Climate-driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science*, vol. 353, No. 6295, pp. 169–172.

Wilson, Laura J., and others (2016). Climate-driven changes to ocean circulation and their inferred impacts on marine dispersal patterns. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 25, No. 8, pp. 923–939.

Wilson, Shaun K., and others (2018). Climatic forcing and larval dispersal capabilities shape the replenishment of fishes and their habitat-forming biota on a tropical coral reef. *Ecology and Evolution*, vol. 8, No. 3, pp. 1918–1928.

Yamano, Hiroya, and others (2011). Rapid poleward range expansion of tropical reef corals in response to rising sea surface temperatures. *Geophysical Research Letters*, vol. 38, No. 4.

Yara, Yumiko, and others (2012). Ocean acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan. *Biogeosciences*, vol. 9, No. 12, pp. 4955–4968.

Yasuda, Nina (2018). Distribution Expansion and Historical Population Outbreak Patterns of Crown-of-Thorns Starfish, *Acanthaster planci* sensu lato, in Japan from 1912 to 2015. In *Coral Reef Studies of Japan*, pp. 125–148. Springer, Singapore.

الفصل 7 هاء

مرجان المياه الباردة

المساهمون: إريك كورديس (منظِّم الاجتماعات)؛ ومالكولم ر. كلارك، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، وسيباستيان هنيغ، وجورجيوس كازانيديس.

النقاط الرئيسية

- النظم الإيكولوجية لمرجان وإسفنج المياه الباردة معالم شائعة تنتشر على طول الحواف القارية وأحياد أواسط المحيطات وعلى الجبال البحرية في جميع أنحاء العالم، وهي توفر موائل لأنواع عديدة وتسهم في احتجاز الكربون.
- لا تزال المعارف الأساسية المتصلة ببيولوجيا مرجان المياه الباردة وتوزعه مقصورةً على المناطق القليلة من الأعماق المحيطية السحيقة التي تم استكشافها.
- لا تزال التهديدات الناجمة عن صيد الأسماك، والتنقيب عن النفط في البحار، والتعدين في قاع البحار العميقة، وترسُّب النفايات، وتغير المناخ تشكّل تهديدات مستمرة. وأثبتت بعض الجهود المبذولة للحد من الصيد بشباك الجر في القاع وإنشاء مناطق بحرية محمية فعاليتها. ومع ذلك، ولأنها بطبيعتها بطيئة النمو وطويلة العمر، فقد يستغرق التعافي من الآثار البشرية المنشأ وقتاً يمتد من عقود إلى قرون.
- يتسم مرجان المياه الباردة بدرجة عالية من الحساسية إزاء درجات الحرارة المرتفعة وتناقص الأكسجين، ولكن الدراسات التي أجريت مؤخراً تشير إلى أنه يتمتع بقدرة نسبية على الصمود في مواجهة تحمض المحيطات، لا سيما عندما تكون الموارد الغذائية وفيرة.
- ستؤدي الانخفاضات المتوقعة في وفرة مرجان المياه الباردة في المستقبل إلى الحد من الموائل المتاحة لأنواع ذات أهمية تجارية والحد من احتجاز الكربون في المياه العميقة والقضاء على الموارد الجينية المحتملة، وسيكون لها تأثير على العديد من أهداف التنمية المستدامة، ولا سيما الهدف 14، ولكنها ستؤثر أيضا على الأهداف 2 و 10 و 12 من أهداف التنمية المستدامة[1].

1 - مقدمة وموجز للمادة التي وردت في التقييم العالمي الأول للمحيطات

ينتشر مرجان المياه الباردة على الصعيد العالمي (الشكل الأول)، ويشكل موائل هامة تدعم مستوى عالياً من التنوع والكتلة الأحيائية للكائنات المرتبطة به. وعملا بالإطار الذي أنشئ في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017)، يركّز هذا الفصل على المرجان الموجود على عمق يزيد على 200 متر. ويوجد مرجان المياه الباردة في الأماكن التي توجد فيها الركائز الصلبة على الحواف القارية وأحياد أواسط المحيطات (الفصل 7 سين) والجبال البحرية (الفصل 7 لام) في جميع أنحاء العالم. وهذه الموائل من مكونات سفوح الجزر البركانية (الوارد ذكرها في الفصل 7 جيم)، والأخاديد المغمورة (الفصل 7 ياء)، والخلجان البحرية الضيقة، والجبال البحرية والقمم الصخرية (الفصل 7 لام)، والأحياد والهضاب البحرية (الفصل 7 سين).

ويمكن العثور على موائل المرجان على أطراف فتحات النز البارد والمنافث الحرارية المائية الهامدة (الفصل 7 عين). ويتفاعل مرجان وإسفنج المياه الباردة والأنواع المرتبطة بهما أيضاً بصورة مباشرة مع المحيط المفتوح الذي يعلوهما (الفصل 7 نون) من خلال عمليات الترابط بين السطح والقاع. فالإنتاجية المستمدة من السطح تشكّل الأساس النشط للغالبية العظمى من شبكات الغذاء في أعماق البحار، وتعيد نظم مرجان المياه الباردة تدوير المغذيات التي يمكن أن تحفز إنتاجية السطح من خلال ارتفاع مياه القاع إلى السطح ونقل المغذيات بواسطة الأنواع التي تقوم بالهجرة الرأسية اليومية.

وترجِح نمذجةُ الموائل العالمية أن يتواجد المرجان الصلب الكبير المكوِّن للهياكل في المياه الباردة (الشكل الثاني) بأكبر كمياته في:

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

(أ) مناطق الركائز الصلبة الضرورية لاستقرار يرقات المرجان؛

(ب) المياه شديدة التشبع بالأراغونيت؛

(ج) الأعماق التي تقل عن 500 1 متر؛

(د) الكتل المائية التي تحتوي على تركيزات للأكسجين المذاب تزيد على 4 ملم/لتر؛

(هـ) المياه التي يتراوح فيها نطاق الملوحة بين 34 و 37 وحدة ملوحة عملية؛

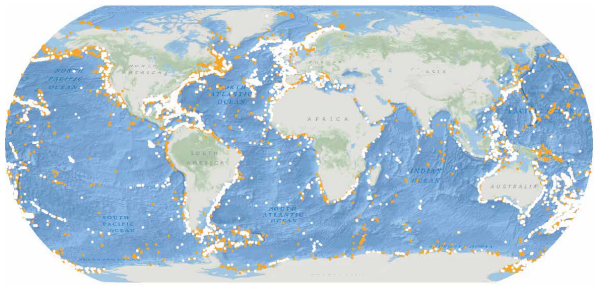
(و) درجات الحرارة بين 5 و 10 درجات مئوية (Davies and Guinotte, 2011).

ومع ذلك، تحتل مجموعة متنوعة من أنواع مرجان المياه الباردة مكامِن أوسع نطاقا في أعماق المحيطات (Quattrini and others, 2013, 2017). ويحصل مرجان المياه الباردة على الغذاء من خلال غَوْر المياه السريع (Davies and others, 2009)، وتيارات الدوران الأرضي، والموجات الداخلية، والمد والجزر، وأعمدة تايلور (دوامات تسبب ارتفاع مياه القاع إلى السطح وتعزز تركيز الغذاء؛ White and others, 2005)، وطبقات الماء القاعية المتوسطة والسفلى (Mienis and others, 2007)، والأنواع التي تقوم بالهجرة الرأسية اليومية (Maier and others, 2019).

وتوفر النظم الإيكولوجية لمرجان المياه الباردة خدمات أساسية للمجتمعات البشرية ورفاهها (انظر أيضا الفرع 3). ومن الخدمات التي ثبت أن النظم الإيكولوجية المذكورة توفِرها اكتشاف موارد جينية بحرية جديدة (الفصل 23)، واحتجاز الكربون، وتوفير قيمة جمالية كبيرة (انظر Thurber and others, 2014، للاطلاع على استعراض لهذه المسألة). ويتجسد أوضح مثال على ذلك في كون مرجان المياه الباردة يوفر موئلا يمثل ملجأ و/أو حضانة للأرصدة السمكية المستغلة أو القابلة للاستغلال تجاريا (Baillon and others, 2012؛ و Quattrini and others, 2012؛ و Roberts and others, 2009). وتعتبر منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009 أصناف مرجان المياه الباردة مؤشرات للنظم الإيكولوجية البحرية الهشة، ودعت الجمعيةُ العامة في قراريها 59/25 و 61/105 إلى اتخاذ تدابير حفظ لحماية النظم الإيكولوجية البحرية الهشة من الآثار البشرية المنشأ. وغزارة المكامِن البيئية التي ينمو فيها مرجان المياه الباردة، إلى جانب توافر الأغذية بكميات كبيرة، تجعل بعض شعاب مرجان المياه الباردة "بؤرا" للتنوع البيولوجي والكتلة الأحيائية، بما في ذلك مئات الأنواع الأخرى اللاعنقية والمتنقلة (Cordes and others, 2008؛ و Henry and Roberts, 2007)، وللكربون ودورة المغذيات (Cathalot and others, 2015؛ و van Oevelen and others, 2009).

الشكل الأول

خريطة التوزع العالمي لمرجان أعماق البحار، بما في ذلك طويئفة Octocorallia (مراوح البحر القرنية، والشعاب المرجانية الناعمة) والمرجان من رتبة Scleractinia (المرجان الصلب)



◯ المرجان من رتبة Scleractinia ● المرجان من طويئفة Octocorallia

المصادر: سجلات انتشار المرجان المستمدة من Freiwald and others, 2017، وهي متاحة على الرابط التالي: https://data.unep-wcmc.org/datasets/3، ونظام معلومات التنوع البيولوجي للمحيطات، المتاح على الرابط التالي: https://obis.org/، وقاعدة بيانات المرجان والإسفنج في أعماق البحار التابعة للإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي، وهي متاحة على الرابط التالي: www.ncei.noaa.gov/maps/deep-sea-corals/mapSites.htm. الخريطة مقدمة من الدكتور جاي لوندن.

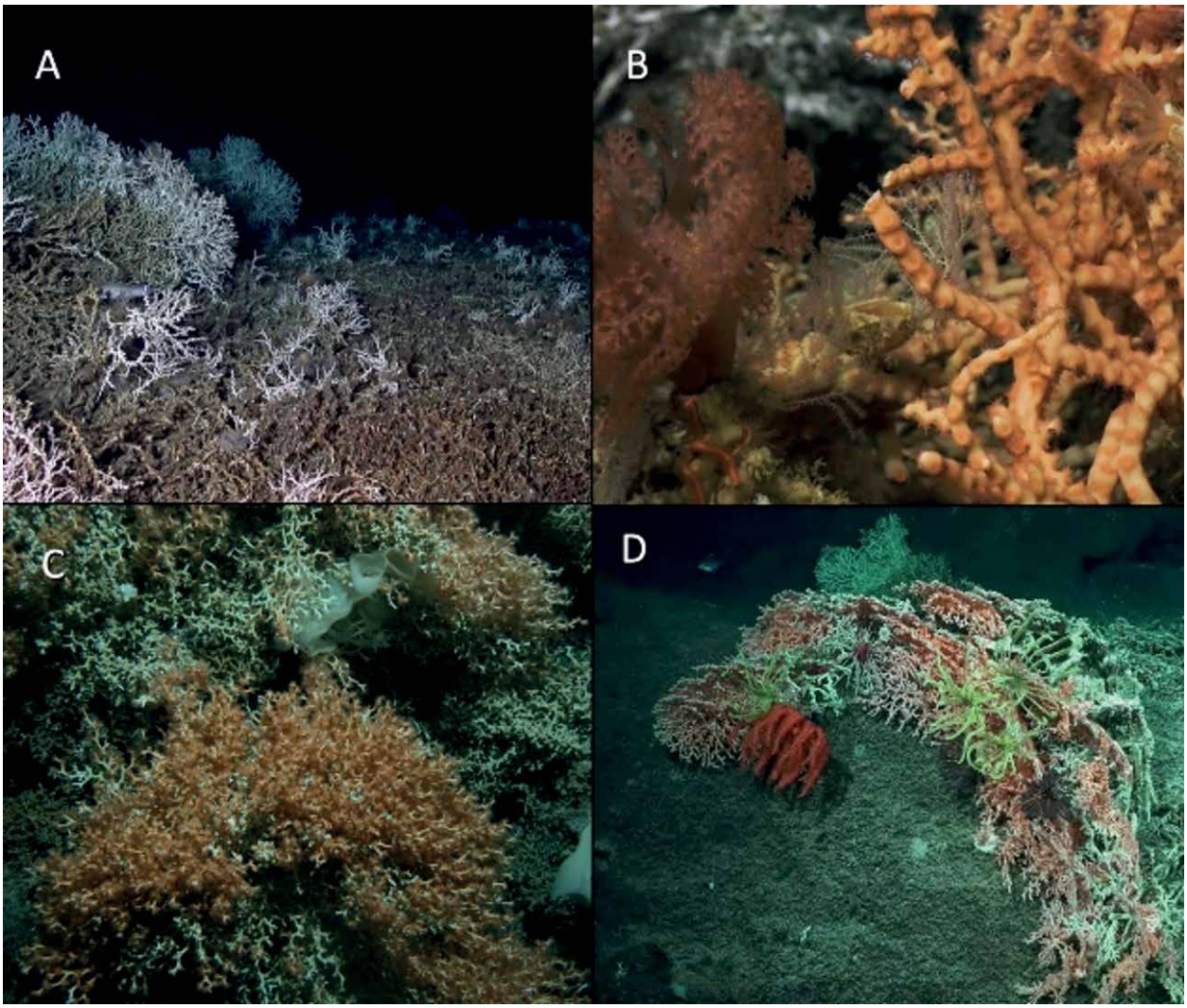
ملاحظة: أنشئت الخريطة الأساسية بواسطة ArcGIS Pro v.2.3، باستخدام بيانات تم جمعها من العديد من المصادر والجهات المقدِّمة للبيانات، بما في ذلك شبكة الخريطة العامة لقياس أعماق المحيطات (GEBCO_08 Grid)، والإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي، وناشيونال جيوغرافيك، و Garmin، و Here، و Geonames.org، و Esri، وعدد من المساهمين الإضافيين.

2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020

تعاني مرجانيات المياه الباردة، باعتبارها كائنات لاطئة تنمو بمعدلات شديدة البطء، وكذلك الهياكل التي تنشؤها (سواء كانت حية أو ميتة) من هشاشة شديدة أمام الآثار المباشرة وغير المباشرة الناجمة عن شباك الجر في قاع البحار وأنشطة التنقيب عن النفط والغاز والتعدين في قاع البحار العميقة. وعلى الرغم من أن عوامل الإجهاد الحالية التي تتعرض لها مرجانيات المياه الباردة لا تختلف اختلافا كبيراً عن تلك التي كشف عنها التقييم العالمي الأول، فقد حدث تغيير في توزيع عوامل الإجهاد وحدتها. ومع استمرار أنشطة صيد الأسماك (الفصل 15) في المياه الأعمق وامتداد أنشطة التنقيب عن احتياطيات النفط والغاز (الفصل 19) إلى عرض البحر، تزداد وتيرة تأثير هذه الأنشطة على حدائق وشعاب مرجانيات المياه الباردة. وعلاوة على ذلك، فإن التسرب العرضي للمواد الهيدروكربونية (الفصل 11) المرتبط باستخراج النفط والغاز يمكن أن يُحدث آثاراً شديدة الضرر على تلك الموائل، ومثال على ذلك حادثة الانسكاب النفطي في عام 2010 من منصة "ديبواتر هورايزن" (Deepwater Horizon) في خليج المكسيك (Fisher and others, 2014؛ و White and others, 2012a). ففي المناطق المجاورة لموقع الانسكاب النفطي حيث تضررت نسبة 50 في المائة من فرادى المرجانيات الثُّمانية، استمر تدهور صحتها وتراجع حجم مستعمراتها (Hsing and others, 2013). وقد لوحظ بعض التعافي في المستعمرات المرجانية التي لم يغطها النفط والمواد المنسكبة إلا بنسبة تقل عن 50 في المائة، على الرغم من ملاحظة بعض الخسائر في الفروع (Hsing and others, 2013). والآثار التي تخلّفها أنشطة صيد الأسماك على مرجانيات المياه الباردة معروفة جيدا، إذ تُحدث شباك الجر في قاع البحار، على الخصوص، آثاراً مادية مباشرة شديدة (مثل تكسر المستعمرات أو تفتيتها) وكذلك آثار ترسب ثانوية (مثل خنق فرادى المرجانيات أو المستعمرات بأكملها) (انظر الاستعراض الذي أنجزه كلارك وآخرون (Clark and others, 2016)). وتبين الدراسات الاستقصائية التي أجريت على المجموعات المرجانية في الجبال البحرية قبالة سواحل أستراليا ونيوزيلندا علامات تعاف ضئيلة بعد 15 عاما من وقف الصيد بشباك الجر، لكن الشعاب المرجانية كانت كثيفة في الجبال البحرية المحمية التي لم تشهد أنشطة صيد (Clark and others, 2019؛ و Williams and others, 2010). وتشير البحوث الحديثة التي ركزت على سلسلة جبال الإمبراطور البحرية في هاواي إلى احتمال عودة نمو مرجانيات المياه الباردة التي تعيش على عمق يتراوح بين 300 و 600 متر بنسبة معينة بعد 30 إلى 40 عاما من توقف الصيد (Baco and others, 2019). وبوجه عام، تشير التقديرات إلى انخفاض مدى انتشار نشاط الصيد بشباك الجر في أعماق البحار في العقود الأخيرة (مثل، Victorero and others, 2018).

ومن أجل التنبؤ بتعامل مجموعات مرجانيات المياه الباردة مع الاضطرابات البشرية المنشأ، ينبغي معرفة توزيعها الحالي وقدرتها على الصمود. وقد أسفرت النماذج التنبؤية الحديثة للموائل عن اكتشاف مجموعات جديدة من مرجانيات المياه الباردة في عملية تكرارية مثمرة (مثل، Georgian and others, 2020)، وعن استحداث تقنيات جديدة للنمذجة (Robert and others, 2016؛ و Diesing and Thorsnes, 2018). وتشمل الاكتشافات الحديثة مجموعات من مرجانيات الثُّمانية التي تكوّن موائل (الشكل الثالث) في الجرف القاري للمنطقة القطبية الجنوبية (Ambroso and others, 2017)، وحيْداً للشعاب المرجانية الحجرية في المياه ذات الرقم الهيدروجيني المنخفض في شمال المحيط الهادئ (Baco and others, 2017؛ و Gómez and others, 2018)، وآلافَ تلال مرجانيات المياه الباردة التي تقاوم العيش في بيئة ينخفض فيها مستوى الأكسجين المذاب على طول الحافة القارية الأطلسية المغربية (Wienberg and others، 2018).

الشكل الثاني
مرجان المياه الباردة الصلب الشائع

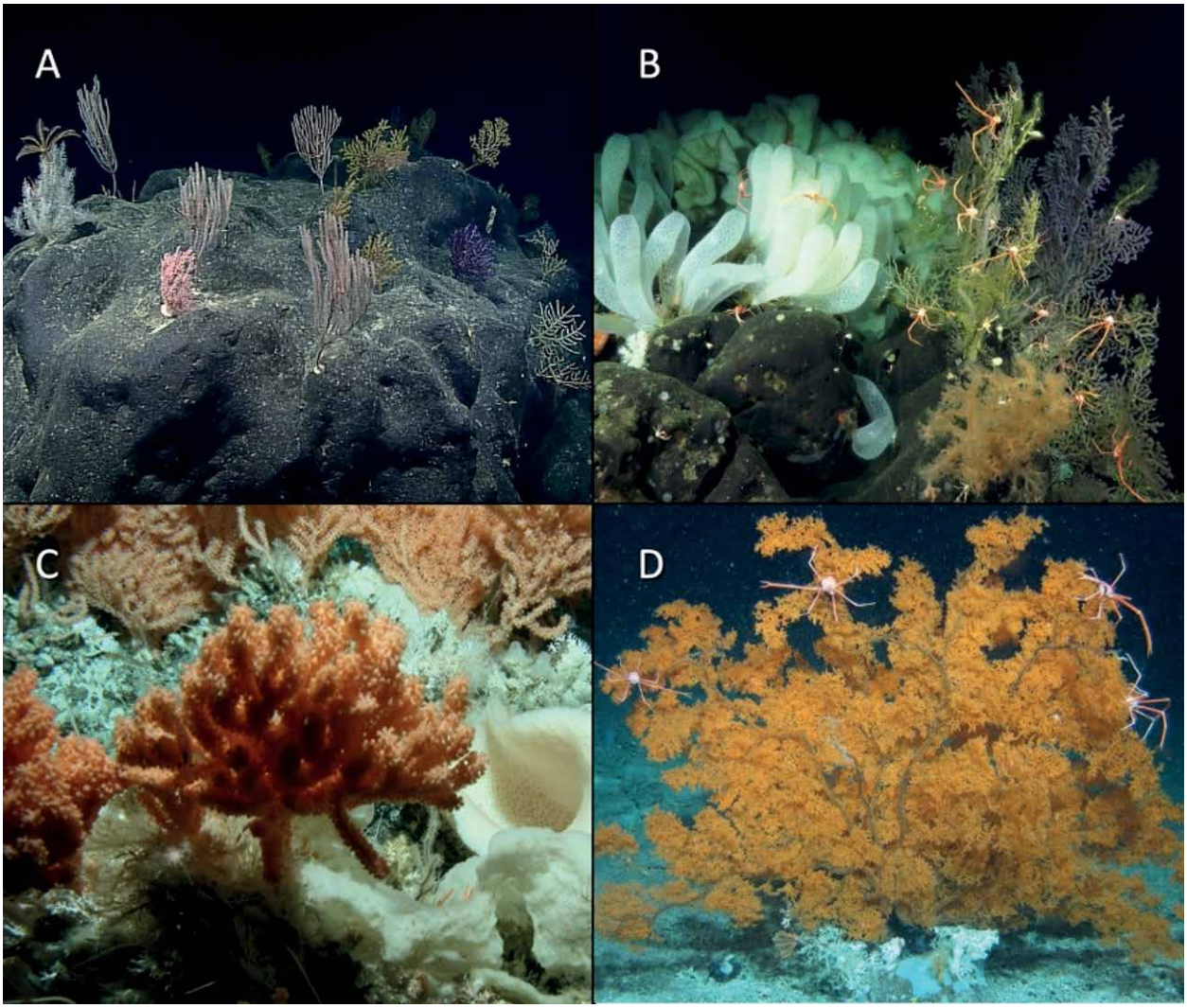


المصادر: الصورتان A و B مقدمتان من برنامج استكشاف الأعماق (Deep Search programme)، ومكتب الولايات المتحدة المعني بإدارة الطاقة البحرية، ومؤسسة الولايات المتحدة للمسح الجيولوجي، والإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي؛ حقوق الطبع والنشر محفوظة لمؤسسة وودز هول الأوقيانوغرافية. والصورة C مقدمة من مالكولم كلارك، من المعهد الوطني لبحوث المياه والغلاف الجوي في نيوزيلندا. والصورة D مقدمة من إريك كورديس ومعهد شميدت للمحيطات.

ملاحظات: الصورة A – مرجان من نوع *Lophelia pertusa*؛ الصورة B – مرجان من نوع *Madrepora oculata* ومرجان ثُماني لين من ساحل المحيط الأطلسي للولايات المتحدة؛ الصورة C – مرجان من نوع *Solenosmilia variabilis* من المحيط الهادئ قبالة نيوزيلندا؛ الصورة D – مرجان من نوع *Enallopsamia profunda* من جزر فينيكس في وسط المحيط الهادئ.

الشكل الثالث

حدائق تمثيلية للمرجانيات الثُّمانية في المياه الباردة



المصادر: A – صورة تفضل بتقديمها إريك كورديس ومعهد شميدت للمحيطات. B – صورة تفضل بتقديمها إريك كورديس، وبرنامج البحث في المرتشحات الباردة وكيفية تأثيرها على البحر، والمؤسسة الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة، ومعهد شميدت للمحيطات. C – صورة تفضل بتقديمها مالكولم كلارك، معهد نيوزيلندا الوطني لبحوث المياه والغلاف الجوي. D – صورة تفضل بتقديمها ج. موراي روبرتس وبعثة المحيطات المتغيرة، 2012.

ملاحظات: A – مجموعة متنوعة جداً من المرجانيات الثُّمانية (على وجه الخصوص المرجانيات من فصيلتي Primnoidae و Plexauridae) والمرجان الأسود من رتبة اليُسْريات (Antipatharia) في جزر فينيكس في وسط المحيط الهادئ. B – أنواع مستعمرات مرجانية بحرية ثمانية مروحية الشكل صفراء وبنفسجية اللون من جنس *Paramuricea*، وتعيش عليها أنواع ملحقة بسرطان البحر البرتقالي اللون من جنس *chirostylidea*، وأنواع إسفنجيات سداسية (زجاجية) من جنس *Euplectella*، إلى يسار الصورة. C – أنواع مرجانيات ثمانية من جنس *Paragorgia*، ومرجانيات مائية من فصيلة *stylasteridea*، وإسفنجيات كلسية سداسية الشويكات (hexactinellid) من الحيد البحري ماكواري، نيوزيلندا. D – مستعمرة كبيرة من المرجان الأسود من نوع *Leiopathes glaberrima* في شمال شرق المحيط الأطلسي.

وثمة حاجة أيضاً إلى فهم العوامل التكاثرية التي تؤثر على توزيع مرجانيات المياه الباردة من أجل تحديد إمكانية إعادة توطينها. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن يرقات المرجان الصلب Lophelia pertusa تتغذى على العوالق وتعيش في العمود المائي العلوي لمدة تصل إلى خمسة أسابيع قبل الاستقرار (Larsson and others, 2014؛ و Strömberg and Larsson, 2017). وتشير أوجه التشابه في البنية الجينية للمرجان الكوبي الشكل من جنس القرنفل Desmophyllum dianthus (Miller and Gunasekera, 2017)) على امتداد مناطق

شاسعة إلى وجود ترابط واسع النطاق (Holland and others, 2019). وعلى العكس من ذلك، تشير البنية الجينية المتغيرة في المرجان الصخري الباني للشعاب Solenosmilia variabilis أن التكاثر اللاجنسي والالتحام بالشعاب المحلية قد يكونان سائدين (Miller and Gunasekera, 2017). ويفيد تسنغ وآخرون (Zeng and others (2017)) بوجود تمايز جيني بين ثلاثة أنواع من مرجانيات المياه الباردة قبالة سواحل نيوزيلندا، تحددها أساساً التيارات الإقليمية والمحلية (Dueñas and others, 2016؛ و Holland and others, 2019). ويشير العدد المحدود من الدراسات الوراثية لمجموعات المرجانيات الثمانية في المياه العميقة إلى أن تدفق الجينات بين المجموعات يقتصر على المجموعات التي تعيش في أعماق متماثلة، حيث تنشئ الكتل المائية حواجز أمام تشتت اليرقات والتبادل الجيني (Baco and Shank, 2005؛ و Quattrini and others, 2015).

وقد أبرزت زيادة استخدام المراصد الطويلة الأجل، التي أوضح التقييم العالمي الأول أنها ثغرة رئيسية في بناء القدرات، تأثيرَ عدم تجانس قاع البحار (Pierdomenico and others, 2017)، والديناميات المائية (Mienis and others, 2019) وديناميات النمو في الموقع (Lartaud and others, 2017) على الانتشار المكاني لموائل مرجانيات المياه الباردة وشكلها في النطاقات المحلية (De Clippele and others, 2018)، وعلى تركيبة مرجانيات المياه الباردة والكائنات الحية الإسفنجية في النطاقات الإقليمية (van Soest and de Voogd, 2015؛ و Radice and others, 2016). وتشير نمذجة التفاعلات بين التيارات المدية وتلال مرجانيات المياه الباردة إلى تحسين نزول جزيئات الغذاء السطحية التي تعزز انتشار المجتمعات القاعية (Cyr and others, 2016؛ و Soetaert and others, 2016). وأسهمت البيانات الواردة من مرصد المحيط الموصول بالكابلات Lofoten–Vesterålen[2] في الكشف عن تمازج عنيف في فصلي الشتاء والربيع إلى جانب الهجرة العمودية للعوالق الحيوانية في المياه الطبقية في الأشهر الأكثر دفئاً باعتبارها آليات إمداد مرجانيات المياه الباردة بالغذاء في الجرف القاري النرويجي، وأكدت هذه البيانات على فوائد مراصد المحيطات المستدامة (Van Engeland and others, 2019).

ولا يزال تغير المناخ تهديدا مستمرا ومتفشيا تتعرض له مرجانيات المياه الباردة، ويتجلى في الاحترار العالمي للمحيطات، وتحمض المحيطات، وتناقص كمية الأكسجين، وانخفاض الإمدادات الغذائية (الشكل الرابع)، والآثار التراكمية لعوامل الإجهاد هذه (Hebbeln and others, 2019؛ و Sweetman and others, 2017؛ و Wienberg and Titschack, 2017). وحاليا، يبدو أن العديد من مرجانيات المياه الباردة التي تعيش في مياه أكثر ضحالة قد اقتربت من حدود درجات الحرارة التي يمكن أن تتحملها (Georgian and others, 2016b؛ و Morato and others, 2020). وربما يكتسي ذلك أهمية خاصة في المناطق التي تشهد التغيرات الأسرع في درجة حرارة المحيطات (Levin and Le Bris, 2015؛ وانظر أيضاً الفصل 5 من هذا التقييم). وربما يمثل اتساع مناطق الحد الأدنى من الأكسجين مزيداً من التهديد المباشر للمرجانيات الحية (Fink and others, 2012؛ و Lunden and others, 2014؛ و Tamborrino and others, 2019).

ويبدو أن وجود المرجانيات، في أعمق المناطق التي تتوزع فيها، يكون محدوداً بدرجات التشبع بالأراغونيت والكالسيت. ومع ذلك، هناك حاليا عدد من التقارير التي تشير إلى وجود مرجانيات صلبة تقاوم للعيش وتنمو تحت حد التشبع بالأراغونيت (Baco and others, 2017؛ و Gómez and others, 2018)، وكذلك مرجانيات ثُمانية تقاوم للبقاء في أعماق قريبة من حد التشبع بالكالسيت أو في مستوى أدنى من هذا الحد (Quattrini and others, 2017). وفي المياه غير المشبعة، يمكن للمستعمرات المرجانية أن تستمر

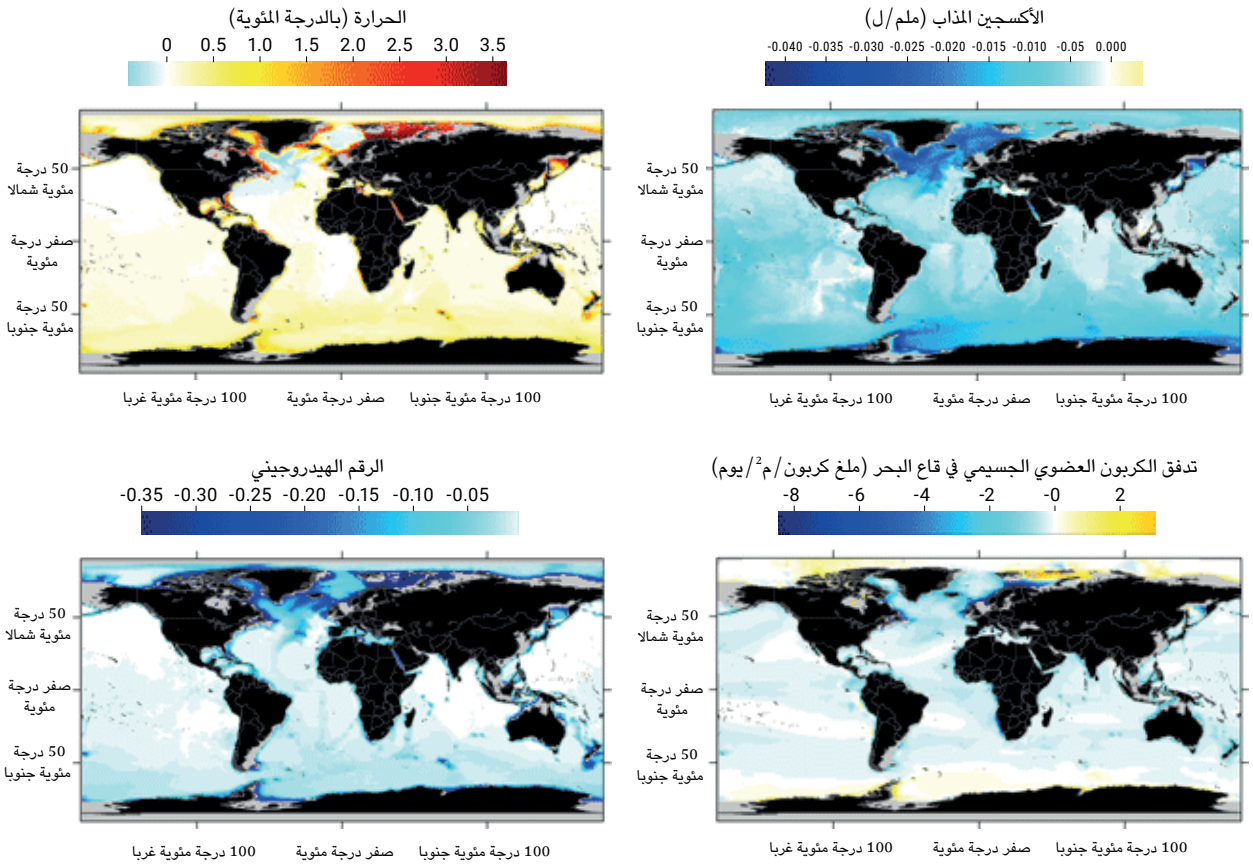
[2] متاح على الموقع http://love.statoil.com.

بالتكلس في التجارب المختبرية، على الرغم من ملاحظة استجابات متباينة لدى أنواع ومجموعات مختلفة (أي Gammon and others, 2018؛ و Georgian and others, 2016a). وتشير الاختلافات في استجابة مرجانيات المياه الباردة لتحمض المحيطات إلى حساسية متباينة بين الأنواع تجاه التغيرات البيئية وأهمية الإمدادات الغذائية وكمية الطاقة المتحصل عليها في طبيعة هذه الاستجابة (Kurmann and others,

2017؛ و Glazier and others, 2020). وانخفاض الغطاء النسيجي للهياكل البنيوية للمرجانيات قد يجعلها أكثر هشاشة أمام التحمض، حيث إن انخفاض الرقم الهيدروجيني يمكن أن يزيد من الإذابة الكيميائية (Hennige and others, 2015) وحتى من معدل التآكل الحيوي (Schönberg and others, 2017) للهيكل البنيوي للمرجان الميت الذي يشكل جزءا كبيراً من بنية حيد الشعاب المرجانية القائم.

الشكل الرابع

محاكاة نموذجية للتغيرات البيئية في قاع البحار العميقة (< 200 متر) (في عام 2100 بالتناسب مع الظروف الحالية)



المصدر: Sweetman and other، (2017).

وقد أثبتت التجارب المختبرية أن قدرة مرجانيات المياه الباردة على تحمل درجات الحرارة العالية، ودرجة الحموضة المنخفضة، ومستوى الأكسجين المذاب المنخفض تتحسن عندما تكون هناك وفرة في الموارد الغذائية. فعلى سبيل المثال، تم تسليط الضوء على أهمية إمداد المرجان الصلب الباني للشعاب المرجانية Lophelia pertusa لفترات منتظمة بالأغذية من أجل الحفاظ على معدل الاستقلاب لدى هذا المرجان (Georgian and others,

2016a؛ و Maier and others, 2019). وكشفت دراسات حديثة أن النوع المرجاني L. pertusa موطن لكائنات دقيقة متنوعة شكلتها على الأرجح الحالة التغذوية أو الظروف البيئية، في حين أن المرجان من نوع Madrepora oculata، وهو نوع آخر من مرجانيات المياه الباردة البانية للشعاب المرجانية، يوفر بيئة لكائنات دقيقة أكثر استقرارا واتساقا بغض النظر عن ظروف العيش (Meistertzheim and others, 2016). ومع ذلك، لم يتم تحديد درجة تأثير هذا التباين في الكائنات الميكروبية على المرونة الاستقلابية للأنواع المرجانية في بيئتها الطبيعية. ومكنت الأعمال التجريبية من الكشف عن الكيفية التي يمكن أن تتكاثر بها الإسفنجيات، وهي المساهم الرئيسي في النظم الإيكولوجية لمرجانيات المياه الباردة، في ظل ظروف محدودية الغذاء (Kazanidis and Witte, 2016؛ و Kazanidis and others, 2018).

وثمة تهديدات ناشئة تشمل القمامةَ البحرية، حيث لوحظت جزيئات بلاستيكية (انظر أيضا الفصل 12) في المرجانيات الموجودة في جميع مستويات عمق المحيطات (Taylor and others, 2016)، والاضطرابَ المادي المرتبط بالتعدين في أعماق البحار (انظر أيضا الفصل 18)، ولا سيما في الجبال البحرية وعلى مقربة من الرواسب الحرارية المائية النشطة والخامدة. وهناك إمكانية لبذل جهود مباشرة لاستعادة المجموعات المرجانية في أعماق البحار من أجل تسريع التعافي من الاضطرابات، على الرغم من محدودية عدد الدراسات التجريبية التي تتفحص تلك التقنيات (مثل، Boch and others, 2019).

3 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية

تتداخل مرجانيات المياه الباردة مع المصالح الاقتصادية والاجتماعية للإنسان على نحو متزايد مع اتساع نطاق الأنشطة البشرية في أعماق البحار. وسيتأثر العديد من أهداف التنمية المستدامة بالتغيرات في توزيع مرجانيات المياه الباردة، نتيجة لإزالتها أو قدرتها المتمايزة على البقاء، والتغيرات في صحة هذه المرجانيات وفي عملياتها الاستقلابية. وبغض النظر عن التغيرات الواضحة والمباشرة ذات الصلة بالهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة، فإن مرجانيات المياه الباردة والإسفنجيات تحظى باهتمام متزايد بوصفها موارد جينية لتطوير المنتجات الصيدلانية (Molinski and others, 2009؛ و Rocha and others, 2011)، وهو مجال سيتأثر بفقدان الأنواع والموائل. وتحتجز موائل مرجانيات المياه الباردة والإسفنجيات بنشاط الكربون من خلال التغذية وترسيب الكربون في أعماق المحيطات (Kahn and others, 2015؛ و Soetaert and others, 2016). وعلى الرغم من وجود تقديرات تجريبية قليلة لهذه العمليات، فاحتجاز مرجانيات المياه الباردة للكربون يمكن أن يسهم في التخفيف من تغير المناخ العالمي (الهدف 13 من أهداف التنمية المستدامة)، بما في ذلك تحمض المحيطات (الغاية 14-3).

وتوفر مرجانيات المياه الباردة موئلا للعديد من أنواع الأسماك، بما في ذلك العديد من أنواع مصائد الأسماك الهامة مثل سمك أبو سيف، وسمك الروفي، ومجموعة أنواع السمك النهاش والهامور (Ross and Quattrini, 2009؛ و Morato and others, 2020). والنظم الإيكولوجية لمرجانيات المياه الباردة تعيد أيضاً تدوير المغذيات في أعماق البحار إذ تعمل على إعادتها إلى السطح مع ارتفاع المياه إلى السطح من أجل تعزيز الإنتاجية في المياه الضحلة (White and others, 2012b؛ و Soetaert and others، 2016). ولذلك، فالتغيرات في توزيع مرجانيات المياه الباردة ووظيفتها في النظام الإيكولوجي ستؤثر على الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة وما يرتبط به من أمن غذائي مستدام وعلى استخدام الموارد البحرية (الهدف 12 من أهداف التنمية المستدامة). ومن شأن التغيرات في توافر الموارد الغذائية أو الجينية المستمدة من مرجانيات المياه الباردة أن تؤثر بشكل غير متناسب على المنافع الاقتصادية التي

تجنيها الدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نمواً، ومن ثم تؤثر على تحقيق الهدف 10 من أهداف التنمية المستدامة.

وقد أسفرت جهود الحفظ المبذولة حديثا عن حماية النظم الإيكولوجية لمرجانيات المياه الباردة والاسفنجيات، بما في ذلك اتخاذ الاتحاد الأوروبي تدابير لحظر أنشطة الصيد واتخاذ تدابير حظر الصيد في المناطق القريبة من العديد من الجبال البحرية في شمال وجنوب المحيط الهادئ، وكذلك إنشاء مناطق محمية مثل النصب الوطني البحري للأخاديد والجبال البحرية الشمالية الشرقية، والمنطقة المحمية لجزر فينكس، والنصب الوطني البحري لجزر المحيط الهادئ النائية.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

على الرغم من أن الأنشطة البشرية تؤثر على مرجانيات المياه الباردة على الصعيد العالمي، يوجد تباين إقليمي في حدة هذه الآثار. فعلى سبيل المثال، تنتشر أنشطة النفط والغاز في أعماق البحار بدرجة أكبر في خليج المكسيك (Cordes and others, 2016)، ويؤدي ذلك إلى احتمال وقوع مشاكل أكثر حدة في تلك المنطقة. ويتسع نطاق عمليات التنقيب عن النفط والغاز في المياه العميقة في منطقة البحر الكاريبي، وفي جنوب المحيط الأطلسي (قبالة سواحل البرازيل وجنوب أفريقيا وناميبيا)، وفي المحيط الهندي (قبالة سواحل جنوب أفريقيا وموزامبيق). ويتسع نطاق هذه الأنشطة والآثار المحتملة المرتبطة بها في المناطق التي تقل فيها القدرة على إجراء التقييمات البيئية لأعماق البحار واستعراضها، لذا ينبغي تركيز الجهود في المستقبل على زيادة هذه القدرة (انظر أيضا الفرع 8). وثمة ميل إلى استخدام شباك الجر في قاع البحار بشكل مكثف في بعض مناطق العالم دون غيرها (مثل جنوب غرب المحيط الهادئ والمحيط الهندي). وعلى الرغم من تراجع مساحة أراضي قاع البحر المتضررة بهذا الأسلوب وتراجع هذا النشاط عموما في العقود الأخيرة، فإن التوزيع المحدود لهذه المصائد يركز تأثيرها على فرادى شعاب وحدائق مرجانيات المياه الباردة في القمم والجبال البحرية المستهدفة.

وستؤدي الاختلافات الإقليمية في تداعيات تغير المناخ إلى اختلاف الآثار على مرجانيات المياه الباردة حسب المناطق. فعلى سبيل المثال، في مناطق ارتفاع مياه القاع إلى السطح (مثل شمال المحيط الهادئ)، يحدث التشبع بالأراغونيت والكالسيت في عمق ضحل نسبيا. وبناء على ذلك، في هذه المناطق، حيث تعيش المرجانيات الصلبة بالقرب من حد التشبع، يزيد احتمال تعرض الأنواع لخطر تحمض المحيطات على مدى فترات زمنية قصيرة نسبيا (مثل Gómez and others, 2018). وتشمل التغيرات المتوقعة في دوران المحيطات في ظل سيناريوهات تغير المناخ تباطؤَ التيار التقلبي الجنوبي الأطلسي (Bryden and others, 2005؛ و Thornalley and others, 2018)، مما يُتوقّع أن يكون له تأثير على درجة الحرارة والملوحة والإمدادات الغذائية للمرجانيات في شمال المحيط الأطلسي.

وتختلف على الصعيد الإقليمي أيضا الآثار الناشئة المرتبطة بالجزيئات البلاستيكية والتعدين في أعماق البحار. ومن المتوقع أن تكون الآثار المرتبطة بالجزئيات البلاستيكية أكثر حدة في المناطق ذات الأخاديد البحرية لأن هذه الهياكل تيسر حصر و "توجيه" المادة المغمورة (Fabri and others, 2019؛ و Pham and others, 2014). وتوجد في الجبال البحرية والهضاب البحرية قشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت، ويُحفز تطوير تكنولوجيا البطاريات أنشطة التعدين المتصلة بها. وفي السنوات الأخيرة، أصدرت السلطة الدولية لقاع البحار تراخيص استكشاف مناطق في شمال غرب المحيط الهادئ وجنوب المحيط الأطلسي بها جبال بحرية

ذات مرجانيات حجرية ومرجانيات ثمانية. وقد صدرت عقود استئجار لاستخراج العقيدات المتعددة المعادن في منطقة صدع كلاريون – كليبرتون، ومن المحتمل أن يبدأ قريبا تعدين المترسبات الكبريتيدية الضخمة في قاع البحر قبالة سواحل بابوا غينيا الجديدة. وتحتوي المنطقتان على مرجانيات المياه الباردة، بما في ذلك أنواع المرجان المعمر الأسود من رتبة اليُسْريات (Boschen and others, 2013؛ و Molodtsova and Opresko, 2017)، وبذلك تطول فترات التعافي من آثار هذه الأشكال من الأنشطة المزيلة للمرجانيات.

5 - آفاق المستقبل

تشير الاتجاهات الحالية إلى أن الأنشطة البشرية وآثار تغير المحيطات على الصعيد العالمي ستظل في تزايد في المياه العميقة. ويمكن أن تتجسد استجابات مرجانيات المياه الباردة في تحولات في نطاق توزّعها، أو تغير عملياتها الاستقلابية أو تغير في فيسيولوجيتها أو انخفاض في التنوع الجيني محلياً والذي يحتمل أن يكون واسع النطاق، بل وحتى انقراض الأنواع. وسيكون لأي من أشكال الاستجابة المذكورة ولجميع هذه الاستجابات أثر على توزيع وحجم خدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها مرجانيات المياه الباردة. ومن شأن تحقيق الغاية 14-5 من غايات أهداف التنمية المستدامة، وهي الحفاظ على 10 في المائة من المناطق الساحلية والبحرية، أن يحسن بشكل كبير الآفاق بالنسبة لمرجانيات المياه الباردة.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

مبدئيا، لا يزال جزء كبير من قاع المحيطات غير محدد بخرائط، على الرغم من أن مشروع قاع البحار لعام 2030 أحرز تقدما كبيراً في هذا الصدد وأن العمليات الحديثة لمسح الأعماق البحرية بتقنية الشعاعات المتعددة تغطي حالياً 20 في المائة من قاع البحار (General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) Compilation Group, 2020). ونظراً لبعد البحار العميقة، لا تزال المعارف الحالية محدودة جداً بشأن مرجانيات المياه الباردة والبنى التي تشكلها، وكذلك بشأن التباين في العوامل المحركة البيئية الرئيسية. وهناك حاجة واضحة لرصد المتغيرات البيئية (مثل درجة الحرارة، والأكسجين المذاب، ودرجة الحموضة)، ولا سيما في المناطق القريبة من حافة مكامن الأنواع المرجانية، مثل الأماكن المحيطة بمناطق الحد الأدنى من الأكسجين الواسعة النطاق، أو بالقرب من حد التشبع بالأراغونيت، أو في الأحواض التي تكون فيها درجة الحرارة مرتفعة أصلاً (مثل أعماق البحر الأبيض المتوسط)، وكذلك في المناطق التي تتعرض فيها النظم الإيكولوجية لمرجانيات المياه الباردة للتهديد بسبب عوامل الإجهاد التراكمية الناتجة عن الأنشطة البشرية.

ولا تزال هناك ثغرة كبيرة في المعلومات بشأن قدرة مرجانيات المياه الباردة على مقاومة التغيرات في الظروف المتصلة بالمحيطات. وعلى وجه الخصوص، لا توجد بحوث عن آثار تناقص كمية الأكسجين مقارنة بالدراسات عن تحمض المحيطات (Levin and Le Bris, 2015). وبالنسبة لمعظم الأنواع، لا يزال يتعين تحديد الطاقة التي تُنفق على المدى الطويل فيما يتعلق بتأقلم المرجانيات، أو بإمكانية تكيف هذه المرجانيات مع أي من عوامل الإجهاد المرتبطة بتغير المحيطات أو معها كلها، ومع مزيج من هذه العوامل. ولم يحظ إطار المرجانيات الميتة إلا بقدر ضئيل من الدراسات، وثمة فهم محدود لعمليات التآكل الحيوي وآثار تحمض المحيطات.

ويستمر غياب المعلومات البيولوجية الأساسية بشأن العديد من أنواع المرجانيات، وبالمثل، لا يوجد ما يؤكد إمكانية استخدام الأنواع الأخرى على أنها "بدائل تمثيلية". فمعظم الدراسات التجريبية التي أجريت حتى الآن اهتمت بـ "الكائن النموذجي" Lophelia pertusa. ومن الأهمية بمكان إجراء دراسات تجريبية على الأنواع الأخرى من مرجانيات المياه الباردة في فئة متنوعة من المجموعات التصنيفية (أي المرجانيات الثمانية، والمرجان الأسود من رتبة اليُسريات) وعلى مجموعات أخرى في المياه العميقة، مثل الاسفنجيات، بهدف اختبار مدى شمولية الاستنتاجات التي استندت إلى دراسة هذا الكائن النموذجي. وتحظى الدراسات المتعلقة بالتكاثر والعمر والنمو بمزيد من اهتمام الباحثين (مثل، Larcom and others, 2014) ويمكن أن يساعد تزايد استخدام "علم الوراثة في المشهد البحري" (مثل Miller and Gunasekera, 2017) المكلفين بالإدارة على اعتماد خيارات إدارة أكثر تكاملا على نطاق واسع. ومع ذلك، ثمة حاجة إلى تحسين التوسيم في علم الوراثة من أجل دعم البحوث المستقبلية المتعلقة بالترابط المرجاني و/أو التصنيف الأحيائي على أساس جزيئي (Quattrini and others, 2017).

كما أن أوجه التقدم المحرزة في نُهج النمذجة، مثل وضع نماذج توزيع الأنواع ومدى ملاءمة الموائل (Robert and others, 2016)؛ واستخدام التكنولوجيا الناشئة، مثل التعلم الآلي (Osterloff and others, 2016)؛ والتعاون فيما بين القطاعات (Murray and others، 2018)؛ وأرشفة البيانات على نحو مناسب في قواعد البيانات المتاحة على الإنترنت، ستؤدي إلى تحسين توافر البيانات وتقليص مدة المعالجة، مما يمكن أن يحسّن تقييم حالة مرجانيات المياه الباردة والهياكل المرتبطة بها. وبالتغلب على التحديات المتصلة بمحدودية توحيد الدراسات عن طريق وضع واستخدام بروتوكولات موحدة لاقتناء تسجيلات الفيديو وتحليلها، ستتحسن إمكانية مقارنة البيانات، ومن ثم يمكن الارتقاء بالمقارنة بين المناطق من المستوى المحلي إلى المستوى الإقليمي (Davies and others, 2017؛ و Girard and Fisher, 2018).

وعلى الرغم من أن عمليات المسح الأساسية مطلوبة في كثير من الأحيان قبل الشروع في أي نشاط صناعي بشري (Cordes and others, 2016)، فإن حادثة تسرب النفط من منصة ديبووتر هورايزن أبرزت نقص المعلومات المحلية عن مرجانيات المياه الباردة وعن أعماق البحار عموماً. ولم توضع تقييمات أساسية لحالة هذه النظم الإيكولوجية إلا حديثا، إذ وُضعت أولى خطوط الأساس في ثمانينيات القرن الماضي، ويستمر اكتشاف العديد من موائل مرجانيات المياه الباردة حتى في المناطق التي جرت فيها عمليات اكتشاف شاملة نسبيا. وعلاوة على ذلك، عند إجراء عمليات المسح، تكون المعلومات المولّدة في كثير من الأحيان مسجلة الملكية ولا تتاح للجمهور، وذلك يحد من نقل المعلومات الأساسية وإدماجها في مزيد من الدراسات الاستقصائية وفي جهود النمذجة الأوسع نطاقا. وبالإضافة إلى ذلك، قد تُصمم عمليات المسح لمجرد البحث في المخاطر، لا لتوصيف البيئة أو توثيق الكائنات الحيوانية، ومن ثم فإنها قد تفتقر إلى القدرة على تحسين فهم موائل مرجانيات المياه الباردة. غير أن الحاجة إلى توثيق الموائل المرتبطة بالأنشطة الصناعية آخذة في الازدياد. فعلى سبيل المثال، يُشترط جمعُ البيانات الأساسية المفصلة على المتعاقدين الذين يعتزمون استكشاف معادن أعماق البحار في المنطقة[3] تحت رعاية السلطة الدولية لقاع البحار، التي قد تزوّدهم بالسبل اللازمة لمعالجة بعض الثغرات المعرفية الحالية المرتبطة بهذا الموائل في المياه العميقة.

[3] تعني "المنطقة" قاع البحار والمحيطات وباطن أرضها خارج حدود الولاية الوطنية (اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، المادة 1).

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

إن جمع البيانات اللازمة لتقييم حالة النظم الإيكولوجية في أعماق البحار واتجاهاتها مهمة صعبة ومكلفة وتستغرق وقتا طويلا. وثمة حاجة ملحة إلى تطوير القدرة على إجراء عمليات المسح هذه، ولا سيما في البلدان النامية. والعنصر الأساسي في هذه الدراسات هو التصنيف الأحيائي الملائم للأنواع التي يشملها البحث، وهو أمر مطلوب لتقييم أحجام المستعمرات وتوزيعها تقييماً صحيحاً، ولعزو الآثار ذات الصلة إلى مسبباتها الفعلية. فعلى سبيل المثال، إن النوع المرجاني المميِّز في أعماق البحار، Lophelia pertusa، مدرج حاليا تحت تسمية Desmophyllum pertusum في قاعدة بيانات السجل العالمي للأنواع البحرية استنادًا إلى الأدلة التي أوردها آدمو وآخرون (Addamo and others (2016)). ومع ذلك، فإن إعادة تسمية هذا النوع لا تزال محط جدل، إذ ثمة عدد كبير من المجموعات حول العالم لا يتوفر بشأنه سوى عدد قليل من البيانات الجينية أو الجينومية، وجنس Desmophyllum يتألف بالأحرى من الأنواع الانفرادية فقط. وإن التحديد الدقيق لمرجانيات المياه الباردة ينطوي في حد ذاته ثغرة في القدرات، بالنظر إلى انخفاض أعداد خبراء التصنيف المدربين تدريباً مناسباً في السنوات الأخيرة، ولا سيما فيما يتعلق بالمرجانيات الثمانية.

ويشكل الحصول على الأدوات اللازمة لدراسة موائل مرجانيات المياه الباردة واكتساب الخبرة المناسبة في استخدامها (مثل مسبارات الصدى بتقنية الشعاعات المتعددة، والمركبات المأهولة وغير المأهولة في المياه العميقة) ثغرة كبيرة في العديد من المناطق التي تكثر فيها مرجانيات المياه الباردة ويتداخل توزيعها مع الأنشطة الصناعية المقترحة. وينبغي إتاحة الأدوات والتدريب اللازمين لجمع البيانات الأساسية المناسبة التي تتيح تقييم آثار النشاط الصناعي على مرجانيات المياه الباردة في البلدان التي تجري فيها هذه الأنشطة، ومن الأفضل أن يكون موقع هذه الأدوات والتدريب في تلك البلدان. وعلاوة على ذلك، حيثما حدثت بالفعل آثار، لا توجد في أي مكان من العالم قدرة تذكر على استعادة المرجان في أعماق البحار. ويشكّل تطوير تقنيات فعالة ثغرةٌ كبيرة في القدرات ينبغي أن تكون محور تركيز رئيسي في الجهود المستقبلية، وستزداد أهميته تدريجيا في المستقبل. وعلى الرغم من أن الفجوة في بناء القدرات أشد وضوحا في الدول النامية، فإن أعماق البحار بعيدة وغير مستكشفة إلى درجة استمرار وجود ثغرات عديدة في القدرات والمعلومات حتى في الدول المتقدمة النمو.

المراجع

Addamo, Anna Maria, and others. (2016). Merging scleractinian genera: the overwhelming genetic similarity between solitary *Desmophyllum* and colonial *Lophelia*. *BMC Evolutionary Biology*, vol. 16, No. 1, art. 108.

Ambroso, Stefano, and others (2017). Pristine populations of habitat-forming gorgonian species on the Antarctic continental shelf. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, art. 12251.

Baco, Amy R., and Tim M. Shank (2005). Population genetic structure of the Hawaiian precious coral *Corallium lauuense* (Octocorallia: Coralliidae) using microsatellites. In *Cold-water corals and ecosystems*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Baco, Amy R., and others (2017). Defying dissolution: discovery of deep-sea scleractinian coral reefs in the North Pacific. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, art. 5436.

Baco, Amy R., and others (2019). Amid fields of rubble, scars, and lost gear, signs of recovery observed on seamounts on 30-to 40-year time scales. *Science Advances*, vol. 5, No. 8, eaaw4513.

Baillon, Sandrine, and others (2012). Deep cold-water corals as nurseries for fish larvae. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 10, No. 7, pp. 351–356.

Boch, Charles A., and others (2019). Coral translocation as a method to restore impacted deep-sea coral communities. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 540.

Boschen, Rachel E., and others (2013) Mining of deep-sea seafloor massive sulfides: a review of the deposits, their benthic communities, impacts from mining, regulatory frameworks and management strategies. *Ocean & Coastal Management*, vol. 84, pp. 54–67.

Bryden, Harry L., and others (2005). Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25 N. *Nature*, vol. 438, No. 7068, pp. 655–657.

Cathalot, Cécile, and others (2015). Cold-water coral reefs and adjacent sponge grounds: Hotspots of benthic respiration and organic carbon cycling in the deep sea. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 37.

Clark, Malcolm Ross, and others (2016). The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: a review. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 73, No. suppl. 1, pp. i51–i69.

Clark, Malcolm Ross, and others (2019). Little evidence of benthic community resilience to bottom trawling on seamounts after 15 years. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 63.

Cordes, Erik E., and others (2008). Coral communities of the deep Gulf of Mexico. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 55, No. 6, pp. 777–787.

Cordes, Erik E., and others (2016). Environmental impacts of the deep-water oil and gas industry: a review to guide management strategies. *Frontiers in Environmental Science*, vol. 4, art. 58. https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00058.

Cyr, Frédéric, and others (2016). On the influence of cold-water coral mound size on flow hydrodynamics, and vice versa. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, No. 2, pp. 775–783.

Davies, Andrew J., and John M. Guinotte (2011). Global habitat suitability for framework-forming cold-water corals. *PloS One*, vol. 6, No. 4, e18483.

Davies, Andrew J., and others (2009). Downwelling and deep-water bottom currents as food supply mechanisms to the cold-water coral *Lophelia pertusa* (Scleractinia) at the Mingulay Reef Complex. *Limnology and Oceanography*, vol. 54, No. 2, pp. 620–629.

Davies, J.S., and others (2017). A new classification scheme of European cold-water coral habitats: implications for ecosystem-based management of the deep sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 145, pp. 102–109.

De Clippele, L.H., and others (2018). The effect of local hydrodynamics on the spatial extent and morphology of cold-water coral habitats at Tisler Reef, Norway. *Coral Reefs*, vol. 37, No. 1, pp. 253–266.

Diesing, Markus, and Terje Thorsnes (2018). *Mapping of cold-water coral carbonate mounds based on geomorphometric features: an object-based approach. Geosciences*, vol. 8, No. 2, art. 34.

Dueñas, Luisa F., and others (2016). The Antarctic Circumpolar Current as a diversification trigger for deep-sea octocorals. *BMC Evolutionary Biology*, vol. 16, No. 1, art. 2.

Fabri, Marie-Claire, and others (2019). Evaluating the ecological status of cold-water coral habitats using non-invasive methods: An example from Cassidaigne canyon, northwestern Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, vol. 178, art. 102172.

Fink, Hiske G., and others (2012). Oxygen control on Holocene cold-water coral development in the eastern Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 62, pp. 89–96.

Fisher, Charles R., and others (2014). Footprint of *Deepwater Horizon* blowout impact to deep-water coral communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 32, pp. 11744–11749.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2009). International Guidelines for the Management of Deep-Sea Fisheries in the High Seas. Rome.

Freiwald, A., and others (2017). Global distribution of cold-water corals (version 5.0). Fifth update to thedataset in Freiwald and others (2004) by UNEP-WCMC, in collaboration with Andre Freiwald and John Guinotte. Cambridge (UK): United Nations Environment Programme World ConservationMonitoring Centre.

Gammon, Malindi J., and others (2018). The physiological response of the deep-sea coral *Solenosmilia variabilis* to ocean acidification. *PeerJ*, vol. 6, e5236.

General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) Compilation Group (2020). GEBCO 2020 Grid (https://doi.org/10.5285/a29c5465-b138-234d-e053-6c86abc040b9).

Georgian, Samuel E., and others (2016a). Biogeographic variability in the physiological response of the cold-water coral *Lophelia pertusa* to ocean acidification. *Marine Ecology*, vol. 37, No. 6, pp. 1345–1359. https://doi.org/10.1111/maec.12373.

Georgian, Samuel E., and others (2016b). Oceanographic patterns and carbonate chemistry in the vicinity of cold-water coral reefs in the Gulf of Mexico: Implications for resilience in a changing ocean. *Limnology and Oceanography*, vol. 61, No. 2, pp. 648–665.

Georgian, Samuel E., and others (2020). Habitat suitability modelling to predict the spatial distribution of cold-water coral communities affected by the Deepwater Horizon oil spill. *Journal of Biogeography*.

Girard, Fanny, and Charles R. Fisher (2018). Long-term impact of the *Deepwater Horizon* oil spill on deep-sea corals detected after seven years of monitoring. *Biological Conservation*, vol. 225, pp. 117–127.

Glazier Amanda, and others (2020) Regulation of ion transport and energy metabolism enables certain coral genotypes to maintain calcification under experimental ocean acidification. *Molecular Ecology,* vol. 29, pp. 1657–1673.

Gómez, Carlos E., and others (2018). Growth and feeding of deep-sea coral *Lophelia pertusa* from the California margin under simulated ocean acidification conditions. *PeerJ*, vol. 6, e5671.

Hebbeln, Dierk, and others (2019). The fate of cold-water corals in a changing world: a geological perspective. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 119.

Hennige, S.J., and others (2015). Hidden impacts of ocean acidification to live and dead coral framework. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 282, No. 1813, 20150990.

Henry, Lea-Anne, and J. Murray Roberts (2007). Biodiversity and ecological composition of macrobenthos on cold-water coral mounds and adjacent off-mound habitat in the bathyal Porcupine Seabight, NE Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 54, No. 4, pp. 654–672.

Holland, L.P., and others (2019). Genetic connectivity of deep-sea corals in the New Zealand region. *New Zealand Aquatic Environment & Biodiversity Report, Wellington*.

Hsing, Pen-Yuan, and others (2013). Evidence of lasting impact of the *Deepwater Horizon* oil spill on a deep Gulf of Mexico coral community. *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 1.

Kahn, Amanda S., and others (2015). Benthic grazing and carbon sequestration by deep-water glass sponge reefs. *Limnology and Oceanography*, vol. 60, No. 1, pp. 78–88.

Kazanidis, Georgios, and others (2018). Unravelling the versatile feeding and metabolic strategies of the cold-water ecosystem engineer *Spongosorites coralliophaga* (Stephens, 1915). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 141, pp. 71–82.

Kazanidis, Georgios, and Ursula F.M. Witte (2016). The trophic structure of *Spongosorites coralliophaga*–coral rubble communities at two northeast Atlantic cold water coral reefs. *Marine Biology Research*, vol. 12, No. 9, pp. 932–947.

Kurmann, Melissa, and others (2017). Intra-specific variation reveals potential for adaptation to ocean acidification in a cold-water coral from the Gulf of Mexico. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 111.

Larcom, Elizabeth A., and others (2014). Growth rates, densities, and distribution of *Lophelia pertusa* on artificial structures in the Gulf of Mexico. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 85, pp. 101–109.

Larsson, Ann I., and others (2014). Embryogenesis and larval biology of the cold-water coral *Lophelia pertusa*. *PLoS One*, vol. 9, No. 7, e102222.

Lartaud, Frank, and others (2017). Growth patterns in long-lived coral species. In *Marine Animal Forests: The Ecology of Benthic Biodiversity Hotspots*, Sergio Rossi and others, eds. Springer International Publishing.

Levin, Lisa A., and Nadine Le Bris (2015). The deep ocean under climate change. *Science*, vol. 350, No. 6262, pp. 766–768.

Lunden, Jay J., and others (2014). Acute survivorship of the deep-sea coral *Lophelia pertusa* from the Gulf of Mexico under acidification, warming, and deoxygenation. *Frontiers in Marine Science*, vol. 1, art. 78.

Maier, Sandra R., and others (2019). Survival under conditions of variable food availability: Resource utilization and storage in the cold-water coral *Lophelia pertusa*. *Limnology and Oceanography*.

Meistertzheim, Anne-Leila, and others (2016). Patterns of bacteria-host associations suggest different ecological strategies between two reef building cold-water coral species. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 114, pp. 12–22.

Mienis, F., and others (2007). Hydrodynamic controls on cold-water coral growth and carbonate-mound development at the SW and SE Rockall Trough Margin, NE Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 54, No. 9, pp. 1655–1674.

Mienis, F., and others (2019). Experimental assessment of the effects of coldwater coral patches on water flow. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 609, pp. 101–117.

Miller, Karen J., and Rasanthi M. Gunasekera (2017). A comparison of genetic connectivity in two deep sea corals to examine whether seamounts are isolated islands or stepping stones for dispersal. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 46103.

Molinski, Tadeusz, and others (2009). Drug development from marine natural products. *Nature Reviews Drug Discovery*, vol. 8, No. 1, pp. 69–85.

Molodtsova, Tina N., and Dennis M. Opresko (2017). Black corals (Anthozoa: Antipatharia) of the Clarion-Clipperton Fracture Zone. *Marine Biodiversity*, vol. 47, No. 2, pp. 349–365.

Morato, Telmo, and others (2020). Climate-induced changes in the suitable habitat of cold-water corals and commercially important deep-sea fishes in the North Atlantic. *Global Change Biology*, vol. 26, No. 4, pp. 2181–2202.

Murray, Fiona, and others (2018). Data challenges and opportunities for environmental management of North Sea oil and gas decommissioning in an era of blue growth. *Marine Policy*, vol. 97, pp. 130–138.

Osterloff, Jonas, and others (2016). A computer vision approach for monitoring the spatial and temporal shrimp distribution at the LoVe observatory. *Methods in Oceanography*, vol. 15, pp. 114–128.

Pham, Christopher K., and others (2014). Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PloS One*, vol. 9, No. 4.

Pierdomenico, Martina, and others (2017). Megabenthic assemblages at the Hudson Canyon head (NW Atlantic margin): Habitat-faunal relationships. *Progress in Oceanography*, vol. 157, pp. 12–26.

Quattrini, Andrea M., and others (2012). Megafaunal-habitat associations at a deep-sea coral mound off North Carolina, USA. *Marine Biology*, vol. 159, No. 5, pp. 1079–1094.

Quattrini, Andrea M., and others (2013). Niche divergence by deep-sea octocorals in the genus *Callogorgia* across the continental slope of the Gulf of Mexico. *Molecular Ecology*, vol. 22, No. 15, pp. 4123–4140.

Quattrini, Andrea M., and others (2015). Testing the depth-differentiation hypothesis in a deepwater octocoral. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 282, No. 1807, 20150008.

Quattrini, Andrea M., and others (2017). Environmental filtering and neutral processes shape octocoral community assembly in the deep sea. *Oecologia*, vol. 183, No. 1, pp. 221–236.

Radice, Veronica Z., and others (2016). Vertical water mass structure in the North Atlantic influences the bathymetric distribution of species in the deep-sea coral genus *Paramuricea*. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 116, pp. 253–263.

Robert, Katleen, and others (2016). Improving predictive mapping of deep-water habitats: Considering multiple model outputs and ensemble techniques. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 113, pp. 80–89.

Roberts, J.M., and others (2009). Mingulay reef complex: an interdisciplinary study of cold-water coral habitat, hydrography and biodiversity. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 397, pp. 139–151.

Rocha, Joana, and others (2011). Cnidarians as a source of new marine bioactive compounds—an overview of the last decade and future steps for bioprospecting. *Marine Drugs*, vol. 9, No. 10, pp. 1860–1886.

Ross, Steve W., and Andrea M. Quattrini (2009). Deep-sea reef fish assemblage patterns on the Blake Plateau (Western North Atlantic Ocean). *Marine Ecology--an Evolutionary Perspective*, vol. 30, No. 1, pp. 74–92.

Schönberg, Christine H.L., and others (2017). Bioerosion: the other ocean acidification problem. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 4, pp. 895–925.

Soetaert, Karline, and others (2016). Ecosystem engineering creates a direct nutritional link between 600–m deep cold–water coral mounds and surface productivity. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 35057.

Strömberg, Susanna M., and Ann I. Larsson (2017). Larval behavior and longevity in the cold–water coral *Lophelia pertusa* indicate potential for long distance dispersal. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 411.

Sweetman, Andrew K., and others (2017). Major impacts of climate change on deep–sea benthic ecosystems. *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 5, art. 4.

Tamborrino, Leonardo, and others (2019) Mid–Holocene extinction of cold–water corals on the Namibian shelf steered by the Benguela oxygen minimum zone. *Geology,* vol. 47, No. 12, pp. 1185–1188.

Taylor, M.L., and others (2016). Plastic microfibre ingestion by deep–sea organisms. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 33997.

Thornalley, David J.R., and others (2018). Anomalously weak Labrador Sea convection and Atlantic overturning during the past 150 years. *Nature*, vol. 556, No. 7700, pp. 227–230.

Thurber, Andrew R., and others (2014). Ecosystem function and services provided by the deep sea. *Biogeosciences*, vol. 11, No. 14, pp. 3941–3963.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Van Engeland, Tom, and others (2019). Cabled ocean observatory data reveal food supply mechanisms to a cold–water coral reef. *Progress in Oceanography*, vol. 172, pp. 51–64.

Van Oevelen, Dick, and others (2009). The cold–water coral community as hotspot of carbon cycling on continental margins: A food–web analysis from Rockall Bank (northeast Atlantic). *Limnology and Oceanography*, vol. 54, No. 6, pp. 1829–1844.

Van Soest, R.W.M., and N.J. de Voogd (2015). Sponge species composition of north–east Atlantic cold–water coral reefs compared in a bathyal to inshore gradient. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 95, No. 7, pp. 1461–1474.

Victorero, Lisette, and others (2018). Out of sight, but within reach: A global history of bottom–trawled deep–sea fisheries from > 400 m depth. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, No. 98.

White, Helen K., and others (2012a). Impact of the *Deepwater Horizon* oil spill on a deep–water coral community in the Gulf of Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, No. 50, pp. 20303–20308.

White, Martin, and others (2005). Deep–water coral development as a function of hydrodynamics and surface productivity around the submarine banks of the Rockall Trough, NE Atlantic. In *Cold–Water Corals and Ecosystems*, pp. 503–514. Springer.

White, Martin and others (2012b). Cold–water coral ecosystem (Tisler Reef, Norwegian Shelf) may be a hotspot for carbon cycling. *Marine Ecology Progress Series,* vol. 465, pp. 11–23.

Wienberg, Claudia, and Jürgen Titschack (2017). Framework–forming scleractinian cold–water corals through space and time: a late Quaternary North Atlantic perspective. *Marine Animal Forests: The Ecology of Benthic Biodiversity Hotspots,* pp. 699–732.

Wienberg, Claudia, and others (2018). The giant Mauritanian cold–water mound province: Oxygen control on coral mound formation. *Quaternary Science Reviews*, vol. 185, pp. 135–152.

Williams, Alan, and others (2010). Seamount megabenthic assemblages fail to recover from trawling impacts. *Marine Ecology*, vol. 31, pp. 183–199.

Zeng, Cong, and others (2017). Population genetic structure and connectivity of deep–sea stony corals (Order Scleractinia) in the New Zealand region: Implications for the conservation and management of vulnerable marine ecosystems. *Evolutionary Applications*, vol. 10, No. 10, pp. 1040–1054.

الفصل 7 واو
مصابّ الأنهار والدلتات

المساهمون: كولين د. وودروف (منظم الاجتماعات)؛ وبينغ كياو، وروناldo كريستوفوليتي، ودانا إ. هنت، وبابلو مونيز، ومورياكي ياسوهارا.

النقاط الرئيسية

- إن المجتمعات البشرية، وصيد الأسماك، والنقل البحري، والأنشطة الهندسية، بما في ذلك السدود في منابع الأنهر، والاستجمام والسياحة، كلها عوامل تحدث ضغطا على موارد مصابّ الأنهار والدلتات وصحتها.
- ليس هناك فهم كامل للتفاعلات بين عوامل الإجهاد المتعددة على موائل مصابّ الأنهار والدلتات.
- لا تزال هناك فجوة رئيسية في تحديد المؤشرات القابلة للقياس بشأن صحة النظام الإيكولوجي ورفاه الإنسان في مختلف نظم مصابّ الأنهار والدلتات.

1 - مقدمة

إن مصاب الأنهار والدلتات، حيث تلتقي الأنهار الرئيسية مع البحر، نظمٌ عالية الإنتاجية توفر بيئة لكائنات حية متنوعة تحدد بنيتَها تدرجاتٌ متغيرة زمنيا في الملوحة والمغذيات وعوامل أخرى. ويعكس هذا التباين كلا من العوامل المحركة الطبيعية (مثل التهطال والحركات المدية) والعوامل المحركة البشرية المنشأ (مثل التنمية وحمولة الملوثات). وعلى الرغم من أن مصاب الأنهار والدلتات غالبا ما تكون في حالتها الطبيعية موطنا للكثير من الكائنات الحية وتتعرض للاضطراب، فهي تحافظ عادة على التنوع البيولوجي داخل مجموعة متنوعة من النظم الإيكولوجية، والعديد منها تشمله فصول أخرى من هذا التقييم، مثل أشجار المانغروف (الفصل 7 حاء)، والمستنقعات المالحة (الفصل 7 طاء)، ومروج الأعشاب البحرية (الفصل 7 زاي)، والركائز الرملية والموحلة (الفصل 7 ألف)، والمنطقة المدّية التي غالبا ما تكون واسعة النطاق (الفصل 7 ألف). فمصابّ الأنهار مواقعُ تختلط فيها المياه العذبة بمياه المحيط، ومن ثم فهي بمثابة وعاء يستقبل المغذيات والرواسب والملوثات القادمة من اليابسة (الفصول 10 إلى 13)، وغالبا ما تستضيف أنواعا مغيرة، ولا سيما تلك القادمة من مياه الصابورة (الفصل 22). وتحمل مصابّ الأنهار والدلتات قيمة ثمينة بالنسبة للكائنات الحية المتأصلة فيها ومصائد الأسماك التجارية والمعيشية التي تدعمها (الفصل 15)، والأنشطة السياحية والترفيهية التي تجتذبها. وقُدرت قيمتها الاقتصادية الإجمالية بما يزيد على 6,1 تريليون دولار في عام 2014، على النحو المبين في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017).

وقد شهدت معظم مصاب الأنهار والدلتات تحولات بفعل التدخلات البشرية، فأصبحت هامة اقتصاديا وشهدت تطوراً حضرياً وصناعياً. وتتأثر بشكل متزايد بآثار التغير العالمي، بما في ذلك ارتفاع مستوى سطح البحر، والتغيرات في التهطال وما يتصل بها من مخاطر طبيعية مثل الأعاصير والعواصف العاتية (Renaud and others, 2013). ومعظم المدن الكبرى هي مدن ساحلية، مع ما يصاحب ذلك من صناعة ثقيلة وتوسع حضري وأنشطة ترفيهية يمكن أن تضر بهذه المناطق (Todd and others, 2019). وتضمن التقييم العالمي الأول تقييما عالميا متكاملا أوليا لحالة مصاب الأنهار والدلتات. واستناداً إلى بيانات محدودة، تَبين من التقييم النوعي للكتل المائية أن عدداً قليلاً منها كان في حالة جيدة جداً، في حين اعتُبرت حالة 62 في المائة منها سيئة أو سيئة جداً، وكانت نوعية معظمها آخذة في الانخفاض.

ويقدم هذا الفصل تحديثا لما جاء في التقييم العالمي الأول ويشدد على أن مصاب الأنهار والدلتات توفر موائل فريدة من نوعها لكثير من الكائنات، سواء كانت من أصول بحرية أو ساحلية، فضلا عن كونها مصدراً للترفيه والغذاء والمياه للبشر. وتتأثر هذه البيئات بالاضطرابات القصيرة الأجل التي تنتج عن الأحداث من قبيل العواصف والاتجاهات الطويلة الأجل مثل تغير

المناخ (Doney and others, 2012؛ و Harris and others, 2018)، والتي غالباً ما تكون مترابطة (مثل العواصف التي تؤدي إلى فيضانات المد العالي التي تتفاقم حدتها بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر). وقد أُحرزت أوجه تقدم في نظم الرصد، مثل السواتل وشبكات الرصد العالمية والعوامات، التي تم تصميمها لتسجيل التغيرات السريعة في الظروف البيئية. غير أن القدرة على رصد هذه الظواهر أو وضع نماذج لها أو تفسيرها لا تزال غير متطورة بالقدر الكافي الذي يتيح الإدارة المثلى لبيئات مصاب الأنهار والدلتات.

2 - التغيرات الموثقة في حالة مصاب الأنهار والدلتات

2-1 - التغيرات البيئية التي شهدتها الفترة بين عامي 2010 و 2020

2-1-1 - المياه والرواسب

حدث انخفاض مستمر عموما في إيصال المياه والرواسب عن طريق الأنهار نتيجة للأنشطة البشرية المنشأ في مستجمعات المياه في جميع أنحاء العالم، مثل تغيير ممارسات إدارة الأراضي وبناء السدود (Li and others, 2018؛ و Day and others, 2019؛ Dunn and others, 2019)؛ ومع ذلك، فإن ذوبان الجليد الأرضي والتربة الصقيعية قد يزيد أيضاً من ضخ المياه العذبة في مصاب الأنهار الواقعة على خطوط العرض العليا (الفصل 3). ويعجل انخفاض المدخلات من الرواسب بفقدان الأراضي الرطبة الساحلية بسبب التحات ويؤثر على تجمع الرواسب اللينة والكائنات المتغذية بالترشيح، ويتفاقم الوضع بعمليات استخراج الرمال (Anthony and others, 2015)؛ في حين قد يتسبب ارتفاع مستويات الترسب في حجب الكائنات المنتجة الأولية مثل الأعشاب البحرية وخنق الكائنات القاعية. ويزيد التوسع الحضري من التدفق الأقصى ويقلل من التدفق الأساسي في مصابّ الأنهار، ويؤدي ذلك إلى احتمال حدوث تغيرات ضارة في درجة الملوحة ويهدد النظم الإيكولوجية المدية (Freeman and others, 2019).

2-1-2 - فرط المغذيات

لا تزال حمولة المغذيات (النيتروجين والفوسفور على وجه الخصوص) مشكلة خطيرة في مصابّ الأنهار، بسبب قربها من المدن الكبيرة والتزايد المستمر في النشاط الزراعي عموماً وزراعة الغابات وتربية الأحياء المائية (Pesce and others, 2018؛ و Todd and others, 2019)، إلى جانب المياه المستعملة المنزلية والأسمدة والنفايات الحيوانية التي تؤدي إلى نقص الأكسجين في المياه القاعية (Yasuhara and others, 2017؛ و Breitburg and others, 2018a, 2018b). ويمكن أن يؤدي فرط المغذيات أيضاً إلى تكاثر البكتيريا الزرقاء، ودَوَّامِيُّ السِّياط، وأحيانا تكاثر الطحالب الكبيرة (Teichberg and others, 2010)، بما في ذلك تكاثر الطحالب الضارة. وقد استقرت الحالة في البلدان المتقدمة النمو أو تشهد تعافيا جزئيا (مثل خليج تشيسابيك في الولايات المتحدة؛ وخليج أوساكا في اليابان) بالنظر إلى تحسن الصرف الصحي وانخفاض حمولة المغذيات (Lefcheck and others, 2018)، لكنها تزداد سوءا بسرعة على طول سواحل البلدان الآسيوية المكتظة بالسكان، بسبب سوء الصرف الصحي، وارتفاع تدفق المغذيات وزيادة النمو السكاني (Boesch, 2019). ويمكن أن يؤدي نقص الأكسجين في المياه القاعية إلى قتل الأسماك على نحو يؤثر على الاقتصادات المحلية (Breitburg and others, 2018a, 2018b؛ و Yasuhara and others, 2019).

2-1-3 - التغير العالمي

يؤثر التغير العالمي بالفعل على مصاب الأنهار والدلتات. ولوحظ اتساع في نطاق توزّع الأسماك والقشريات نحو القطب (Hallett and others, 2017؛ و Pecl and

others, 2017). وتؤثر العواصف والأحوال الجوية القصوى التي تزداد وتيرتها على درجة الملوحة والترسب (Prandle and Lane, 2015؛ و Day and Rybczyk, 2019). ويمكن أن تؤدي زيادة درجات الحرارة في المستقبل إلى حالات انقراض محلي وكذلك إلى تكثيف كميات تركيز العوامل المرضة الجرثومية وإلى مخاطر على الصحة العامة (Robins and others, 2016). وعندما يجتمع ارتفاع مستويات سطح البحر مع الفيضانات النهرية، سيؤدي ذلك إلى غمر مساحات شاسعة من المناطق الساحلية (Moftakhari and others, 2015, 2017؛ و Kumbier and others, 2018؛ و Ikeuchi and others, 2017؛ و Nichols and others, 2019). وقد تبلغ التكلفة السنوية للفيضانات في المدن الساحلية ما بين 60 و 63 بليون دولار بحلول عام 2050 (Hallegatte and others, 2013)، ومن المتوقع أن يتعرض 1,46 في المائة من سكان العالم للتشريد بسبب الفيضانات الدائمة بحلول 2200 (Desmet and others, 2018). وقد تؤدي الفيضانات إلى خسائر كبيرة في الموائل بسبب الضغط الساحلي، حيث تعوق البنى التحتية الثابتة هجرة النظم الإيكولوجية المدية نحو اليابسة (Doody, 2013؛ و Phan and others, 2015).

2-1-4 - انخساف الدلتات

تُحدث عوامل الإجهاد البشرية المنشأ تأثيراً معيناً على الدلتات بسبب ارتفاع معدلات ارتفاع مستوى سطح البحر النسبي والهشاشة الاجتماعية الاقتصادية (Tessler and others, 2015؛ Hiatt and others, 2019). ويتفاقم أثر ارتفاع مستويات سطح البحر بسبب الانخساف في الدلتات الكبيرة (الدلتات الضخمة) الناجم عن الأنشطة البشرية، وعن استخراج المياه الجوفية في المقام الأول (Syvitski and others, 2009؛ و Erban and others, 2014؛ و Auerbach and others, 2015؛ و Brown and Nicholls, 2015؛ و Schmidt, 2015؛ و Minderhoud and others, 2017, 2019؛ و Wright and Wu, 2019). وقد تكون البنى التحتية الوقائية قادرة على الحد من التهديدات القائمة اليوم؛ بيد أن الحلول الهندسية قد لا تكون مجدية في البلدان ذات الكثافة السكانية العالية أو ذات الدخل المنخفض (Tessler and others, 2016).

2-1-5 - الأنواع المُغيرة

تستضيف العديد من مصاب الأنهار والدلتات موانئ كبيرة وتعاني من مشاكل خطيرة تُعزى إلى الأنواع المغيرة التي يسببها تصريف مياه الصابورة من السفن (Astudillo and others, 2014؛ و Shalovenkov, 2019). ويمكن للأنواع المغيرة أن تؤثر بشكل مباشر على تراجع موارد مصاب الأنهار والدلتات وصحتها، حيث تؤثر على طبيعتها الإيكولوجية وتوازنها، وتشكل مخاطر كبيرة على التنوع البيولوجي لكلا النظامين. وقد تسارعت وتيرة إدخال الأنواع المغيرة، ويعكس ذلك زيادة النقل البحري (Seebens and others, 2017). وبشكل عام، تزيد أعداد الأنواع المغيرة في البلدان المرتفعة الدخل بنحو 30 مرة عن العدد المسجل في البلدان المنخفضة الدخل، ويُعزى ذلك إلى التجارة والسكان، وكذلك القدرة على اكتشاف هذه الأنواع المغيرة (Seebens and others, 2018). وبناء على ما تمت ملاحظته، يشهد معدل إدخال هذه الأنواع تباطؤا في البحار الأوروبية، بما في ذلك البحر الأبيض المتوسط (Korpinen and others, 2019).

2-1-6 - تدهور خدمات النظم الإيكولوجية واستعادتها

توفر مصاب الأنهار والدلتات خدمات النظم الإيكولوجية الأساسية فيما يتعلق بالإمداد والتنظيم والدعم والثقافة (انظر الفصل 44 من التقييم الأول). وتوفر هذه النظم خدمات الترفيه من خلال أنشطة منها ركوب القوارب والسباحة ومشاهدة الحياة البرية وصيد الأسماك (Whitfield, 2017). وتؤدي بعض الكائنات أدواراً هامة بوصفها أعضاء تأسيسية، وتنشئ الموائل وتعدّلها وتحافظ عليها. فالمحار، على سبيل المثال، يشكل الشعاب المرجانية التي تبني الموائل وتقلل من التحات وتحسن

نوعية المياه. ومع ذلك، ففي مصاب الأنهار التي تعاني من التدهور، يتأثر المحار بالصيد المفرط وحمولة الرواسب والأمراض، إلى جانب ارتفاع حموضة المحيطات (Janis and others, 2016؛ و Day and Rybczyk, 2019). ويؤدي فقدان الأعشاب البحرية والمستنقعات المالحة وأشجار المانغروف وتدهور نوعية المياه (Reynolds and others, 2016؛ و Schmidt and others, 2017) إلى انخفاض في تنوع فراخ الأسماك ووفرتها (Whitfield, 2017). وقد نجحت جهود الاستعادة في عدد قليل نسبيا من مصابّ الأنهار، غير أنه يمكن دمج هذه الجهود في استراتيجيات حماية السواحل بالوسائل الطبيعية (Bilkovic and other، 2016؛ و Ducrotoy and others، 2019).

2-2 - العوامل المرتبطة بالتغيرات: العوامل المحركة وعوامل الضغط والآثار والاستجابة

تسببت العديد من الأنشطة البشرية في تدهور صحة مصاب الأنهار والدلتات وإنتاجيتها، بدءاً من الآثار المباشرة مثل التنمية المدمرة للموائل إلى الآثار غير المباشرة على المدى الطويل بسبب تغير المناخ العالمي (Cavallaro and others, 2018). وهناك عوامل ضغط متزايدة تنبع من التجمعات السكنية البشرية، والبنية التحتية الساحلية الدخيلة، والترفيه، ومصائد الأسماك (الأسماك ذات الزعانف والصدفيات)، واستصلاح الأراضي، وردم الأراضي الرطبة (Sengupta and others, 2018)، ويؤدي ذلك إلى تدهور بيئي وفقدان الكائنات البحرية الحساسة (Buttigieg and others, 2018)، مما أدى إلى زيادة الجهود الرامية إلى حماية النظم الإيكولوجية من أجل قيمتها المتأصلة، ولأغراض الصحة البشرية والاستخدام المستدام للموارد. وتتسبب أيضاً عوامل ضغط بشرية إضافية، مثل تطوير موانئ الحاويات الكبيرة الحجم التي تستقبل سفن نقل عميقة الغاطس، في تعديل بيئات مصاب الأنهار من خلال الجرف واستخدام مخلفات الجرف لتغذية الشواطئ أو تعديل السواحل (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019).

ولا يزال من الصعب التنبؤ بحدة العوامل المحركة وعوامل الضغط ونطاقها، أو بالاستجابة على صعيد المجتمعات البيولوجية وعمل النظم الإيكولوجية. وتتسبب درجات الحرارة، والاختلالات في هطول الأمطار، وارتفاع مستوى سطح البحر في آثار كبيرة على النظم الإيكولوجية لمصاب الأنهار سواء على المدى القصير أو الطويل (Elliott and Whitfield, 2011؛ و McLeod and others, 2011؛ و Condie and others, 2012؛ و Turra and others, 2013؛ و Bernardino and others, 2015, 2016). وكل من المعدلات المتوسطة في الأجل الطويل وحالات التجاوز في الأجل القصير فيما يتعلق بنطاق التشكيلات الفسيولوجية ستؤثر على عملية الاستقلاب لدى الكائنات الحية في مصاب الأنهار ونموها وتكاثرها، وعندما تجتمع هذه العوامل مع فرط المغذيات على المستوى المحلي يمكن أن تؤدي إلى نضوب شديد في الأكسجين ونفوق جماعي للكائنات (Gillanders and others, 2011). وعلى فترات زمنية أطول، تؤثر عوامل الضغط الإيكولوجية الناجمة عن أنشطة الصيد على المجموعات السمكية والنظم الإيكولوجية (Muniz and others, 2019). فعلى سبيل المثال، في ريو دي لابلاتا، ظل حجم أنشطة الصيد التي تقوم بها الأساطيل التقليدية والصناعية ثابتاً أو حتى انخفض قليلا، لكن المصيد من أهم نوعين من المصائد وصل إلى أدنى مستوى له في السنوات الـ 35 الماضية (Gianelli and Defeo 2017؛ و García-Alonso and others, 2019).

وعلى الرغم من أن العديد من الأنشطة البشرية يخلّف آثارا سلبية على صحة فرادى مصاب الأنهار والدلتات، بُذلت جهود في الآونة الأخيرة لاستعادة إنتاجية المياه الساحلية، لا سيما من خلال وضع خطط لإدارة المغذيات والملوثات، واستعادة النظم الإيكولوجية والأنواع الرئيسية، وحماية مصاب الأنهار والدلتات في الحدائق والمناطق المحمية البحرية (Lefcheck and others, 2018؛ و Boesch, 2019). وفي بعض الأماكن، مثل

الولايات المتحدة وهونغ كونغ، الصين، تمت استعادة شعاب المحار، فأصبحت الآن تحمي السواحل وتصفي العمود المائي (Morris and others, 2019). وفي مواقع أخرى، قد تخدم الأعشاب البحرية أو المستنقعات المالحة أو أشجار المانغروف أغراضاً مماثلة في حماية السواحل من العواصف وارتفاع مستوى سطح البحر، فضلاً عن توفير الموئل البالغ الأهمية لصغار السمك والكائنات الحية الأخرى.

3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

تكتسي مصاب الأنهار والدلتات أهمية اجتماعية واقتصادية وثقافية لأنها توفر السلع والخدمات، بما في ذلك موارد صيد الأسماك ووظائف النظم الإيكولوجية. وهناك مجتمعات تقليدية محلية تعتمد على هذه الموارد في كسب عيشها، بما في ذلك صيد الأسماك الكفافي والدخل المتأتي من الأنشطة السياحية. ولذلك، يستلزم فهم التغيرات وإدارة آثارها على مصاب الأنهار والدلتات دراسةً متكاملةً للمسائل البيئية والبيولوجية والثقافية والاقتصادية والأنثروبولوجية.

وقد روجت منظمة الصحة العالمية لمفهوم "توحيد الأداء في مجال الصحة" من أجل دمج التفاعل بين الإنسان والحيوان والنظام الإيكولوجي، بعد أن تم الإقرار بأن التغيرات في أي من هذه العناصر سيؤثر على العنصرين الآخرين. ويمكن أن يشكل تراجع صحة مصاب الأنهار بسبب زيادة الملوثات أو الأنواع المغيرة تهديدا مباشرا لصحة الإنسان. ويعتمد مستوى التأثير على البشر على العوامل الاجتماعية الإيكولوجية. ففي حين قد يعاني سكان الحضر من انخفاض الحماية من العواصف ومن استهلاك الأسماك الملوثة، قد تعاني المجتمعات المحلية الأصلية أيضا من ضياع القيم الثقافية، ومشاكل الصرف الصحي، وانعدام المساواة الاجتماعية. وقد طوّرت الشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية الساحلية معارف ومهارات تقليدية في مجال حفظ مصاب الأنهار واستخدامها وإدارتها على نحو مستدام (Breitburg and others, 2018b). ويمكن أن تؤدي التغيرات في مصاب الأنهار بسبب التوسع الحضري إلى فقدان الهوية والممارسات الثقافية في المجتمعات المحلية التي تعتمد على هذه الموارد في كسب العيش.

وثمة وعي متزايد الآن بخدمات النظم الإيكولوجية في مصاب الأنهار وبالنزاعات التي نشأت بسبب التغيرات في هذه النظم (Nicholls and others, 2018). ويمكن أن تكون العلوم أداة قوية في التفاعل مع السياسات العامة، عن طريق الاسترشاد بها في صنع القرار على الصعد المحلي والإقليمي والوطني وإدماجها في الأهداف العالمية، مثل خطة التنمية المستدامة لعام 2030[1] (Dietz, 2013؛ و Howarth and Painter, 2016). ويمكن أن يسهم تشجيع المشاركة العامة، بما في ذلك مشاركة الشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية، إلى جانب التحليلات العلمية، في فعالية التواصل العلمي والتفاعل الاجتماعي وصنع القرار. ويمكن أن يكفل تحسينُ التواصل بين أصحاب المصلحة فعاليةَ نقل المعرفة والإدارة التكيفية، على سبيل المثال، حيث يساعد علماء الاجتماع على بناء الثقة بين الجهات الفاعلة (Fischhoff, 2013). ويمكن للعلوم التشاركية، وهي مجال مبتكر يحمل فوائد للعلوم البيئية والاجتماعية، أن تربط المعارف التقليدية بالمعارف العلمية وتساعد على تطوير إدارة متكاملة في مصاب الأنهار عن طريق إشراك السكان الأصليين والمجتمعات المحلية في الدراسات العلمية. وبالنظر إلى تعقيد النظام الإيكولوجي والروابط مع الموائل الأخرى، تصبح الإدارة المشتركة والتعاون بين الحكومات والمجتمعات المحلية أمراً أساسياً للحفاظ على التنوع البيولوجي الساحلي وعمل النظام الإيكولوجي

[1] انظر قرار الجمعية العامة 1/70.

(Teixeira and others, 2013؛ و Brondizio and others, 2016).

وتُحدث التغيرات في بيئات مصاب الأنهار والدلتات، وخدمات النظم الإيكولوجية، والديناميات الاجتماعية والاقتصادية آثاراً على تحقيق أهداف التنمية المستدامة الواردة في خطة عام 2030. فعلى سبيل المثال، إن النزاعات الاجتماعية الإيكولوجية في مصابّ الأنهار، التي تعاني منها أساساً الشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية، ترتبط بالأهداف ذات الصلة بالفقر (الهدف 1 من أهداف التنمية المستدامة)، والمساواة بين الجنسين (الهدف 5)، والنظافة الصحية (الهدف 6)، والمدن القادرة على الصمود (الهدف 11)، وموارد الأغذية البحرية المأمونة (الهدف 12). وإذا تسنى عكس مسار الآثار عن طريق اتخاذ تدابير إيجابية تتسق مع خطة عام 2030، يمكن أن يجني المجتمع فوائد جمة في وقت قصير. ويكتسي حفظ مصاب الأنهار وتنوعها البيولوجي وتنوعها الثقافي أهمية خاصة بالنسبة للغايتين 14-2 و 14-5 من غايات أهداف التنمية المستدامة المتعلقتين بتعزيز حماية الموارد الساحلية وحفظها (Neumann and others, 2017)، ويمكن أن يوفر أيضاً خدمات أخرى، مثل زيادة السياحة البيئية. ويسهم تشجيع تواصل الإنسان مع الطبيعة في تعزيز الجهود الرامية إلى حفظ الطبيعة في النظم الإيكولوجية المرتبطة بها. ولتحقيق هذا الهدف، من الأهمية بمكان أن يعتمد صانعو القرار وأفراد المجتمع نهجاً مبتكراً من أجل دعم الإدارة التكيفية، وحفظ مصاب الأنهار واستخدامها المستدام بما يعود بالنفع على الرفاه البشري للأجيال المقبلة (Szabo and others, 2015).

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

تنتشر مصاب الأنهار والدلتات على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم، لكن لا يوجد لها جرد عالمي، وتشمل هذه الفئة مجموعة من الأنواع الجيومورفولوجية. وأشارت تقديرات التقييم العالمي الأول إلى أن عدد مصاب الأنهار قد يصل تقريبا إلى 500 4 مصب في المجموع. ومع ذلك، يعطي نموذج الارتفاعات الرقمي العالمي المشبك تقديرات أحدث تشير إلى وجود أكثر من 000 53 مصب نهري (McSweeney and others, 2017). ويقدَّر عدد البحيرات والبحيرات الشاطئية المالحة جزئيا والمغلقة على فترات متقطعة بحوالي 200 1 بحيرة، وتوجد على وجه الخصوص على طول السواحل التي تهيمن عليها الأمواج العريضة في الجنوب الأفريقي وشرق أستراليا. وستشهد هذه الأنواع من البحيرات في مواجهة تغير المناخ مجموعة من الاستجابات تختلف عن مصاب الأنهار المفتوحة باستمرار على البحر، بما في ذلك تغيير نظم الفتح، وزيادة الفيضانات، وتسرب المياه المالحة إلى المياه السطحية والمياه الجوفية (Carrasco and others, 2016). وقد أشارت دراسة حديثة، اعتمدت نهجاً مماثلاً، إلى وجود حوالي 000 11 دلتا في جميع أنحاء العالم؛ وقد شهدت 25 في المائة منها زيادة صافية من اليابسة على مدى العقود الأخيرة نتيجة للزيادات في إمدادات الرواسب النهرية الناجمة عن إزالة الغابات، في حين أدى بناء السدود إلى تقليص الرواسب وفقدان الأراضي في حوالي 000 1 من نظم الدلتات (Nienhuis and others, 2020).

وقدم التقييم العالمي الأول تقييما أوليا لحالة مجموعة مختارة من مصابّ الأنهار، مع تصنيفها حسب القارة. ولا تزال البيانات غير كافية لتحسين ذلك التقييم أو لدراسة مصاب الأنهار والدلتات باتباع الإطار الخاص بكل منطقة الذي يعتمده هذا التقييم. وتقدم عدة تجميعات حديثة بيانات عن عدة مناطق لم تكن في السابق موثقة على النحو المطلوب. فعلى سبيل المثال، لم تتوفر سوى معلومات قليلة عن مصاب الأنهار في القطب الشمالي، وهي مصابّ من المرجح أن تزداد أهميتها حيث سيتيح الاحترار العالمي إمكانية النقل البحري في تلك المناطق (Kosyan, 2017). وقد قدمت تجميعات

إقليمية مزيداً من المعلومات عن نصف الكرة الجنوبي، بما في ذلك التركيز على مصاب الأنهار في الساحل الشرقي لأفريقيا وغرب المحيط الهندي (Diop and others, 2016)، واستعراض لمصاب الأنهار البرازيلية (Lana and Bernardino, 2018). ولم تتوفر في السابق سوى معلومات قليلة نسبيا عن مصابّ الأنهار والدلتات العديدة على طول ساحل الصين الذي يمتد على طول 18 000 كيلومتر ويحتضن العديد من المدن الضخمة الكبيرة، مثل شنغهاي وغوانغشو، المعرضتين بشدة للمخاطر الساحلية الناجمة عن ارتفاع مستوى سطح البحر والمد العاصفي (Yin and others, 2012؛ و Kuang and others, 2014؛ و Chen and others, 2018). وهذه الدلتات الضخمة الحضرية موطنٌ لملايين الناس، وغالبا ما تزخر بتنوع بيولوجي يواجه تهديدات من قبيل فرط المغذيات، والتلوث، وتغيير السواحل والأنواع الدخيلة المغيرة (Lai and others, 2016).

5 - آفاق المستقبل

استنادا إلى الاتجاهات التي شهدتها العقود الأخيرة، سيزداد عدد سكان المناطق الساحلية، مع استمرار التوسع الحضري الذي يركز على مصابّ الأنهار والدلتات. وستكون عوامل الإجهاد البشرية هذه هي عوامل الضغط الرئيسية التي يستمر تأثيرها على التنوع البيولوجي وصحة الموائل في هذه النظم الإيكولوجية الساحلية. وسوف يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم عوامل الإجهاد، إذ يُرجح أن يزداد تواتر العواصف ويُتوقع أن يتسارع ارتفاع مستوى سطح البحر، ولا سيما في حالة الدلتات الكبيرة التي تشهد انخسافا. لذلك، فاعتماد الحوكمة الرشيدة كفيل بالحفاظ على حالة النظم الإيكولوجية أو تحسينها، على الرغم من أن حماية الحواضر المنخفضة ستتطلب تحسين البنية التحتية الهندسية.

ويمكن النظر في استدامة مصاب الأنهار والدلتات من حيث العمليات الوظيفية باستخدام المنظورات الجيومورفولوجية أو الإيكولوجية أو الاقتصادية (Mahoney and Bishop, 2018). ويمكن أن تؤدي التغيرات إما إلى تعزيز الاستدامة أو تراجعها، لكن معظم التغيرات كانت ضارة (Day and others, 2016). وتشمل العواقب المترتبة على النظام الإيكولوجي التي يمكن توقعها تحوير الشبكات الغذائية بسبب فقدان الأنواع الأساسية أو الأنواع المفترسة العليا أو الأنواع التي تؤدي دور المصمِّمة الهندسية للنظم الإيكولوجية؛ وفقدان الموائل بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر واستصلاح الأراضي؛ وكذلك هجرة الأنواع البحرية نحو القطب سعيا إلى التكيف مع تغير المناخ. وقد حدث بالفعل انخفاض في الأراضي الرطبة بسبب أنشطة الضغط الساحلي وأنشطة تربية الأحياء المائية في العديد من مصاب الأنهار والدلتات. ومن المحتمل أن تحدث زيادات أخرى في الأنواع المغيرة، على الرغم من إحراز تقدم كبير في تحديد الكائنات المغيرة، وتحديد الأولويات بشأنها والقضاء عليها.

وتزداد صعوبة التنبؤ بالعواقب الاجتماعية والاقتصادية الناجمة عن استمرار التغير في النظم. ومع ذلك، فإن زيادة عوامل الضغط السكانية واستمرار التوسع الحضري في المناطق المحيطة بمصاب الأنهار والدلتات من المرجح أن تُترجم إلى زيادة في أعمال الجرف للحفاظ على قابلية الملاحة، وتراكم الطمي في القنوات، وتآكل الشواطئ، فضلا عن الخسائر في الأراضي الرطبة، إلى جانب تقليل فرص الوصول إلى أنشطة الترفيه وأماكن صيد الأسماك والمياه النظيفة. والرغبة في حماية المناطق التي تشهد كثافة سكانية وصناعية وزراعية من المد العاصفي وارتفاع مستوى سطح البحر ستستلزم استثمارات ضخمة في الحلول الهندسية وتبدو مخاطر فشل هذه البنى التحتية كارثية. وفي كثير من المناطق، سيصبح من الضروري في نهاية المطاف التوغل في اليابسة. وحتى في الأماكن التي يمكن فيها احتواء عوامل الضغط الناجمة عن زيادة أعداد البشر، ثمة حاجة إلى

استثمارات كبيرة لاستعادة الموائل البالغة الأهمية. وستستفيد عمليات تقييم خدمات النظم الإيكولوجية المتغيرة والآثار المترتبة على رفاه الإنسان من تحسين الرصد والاستثمار في البحث العلمي. وثمة حاجة إلى التخطيط الساحلي المتكامل من أجل كفالة الاستخدام المستدام وتوسيع نطاق الحفظ إلى ما هو أبعد من المناطق المحمية، الأمر الذي قد يتطلب استراتيجيات أوسع نطاقا بشأن التمويل، على سبيل المثال من المصادر العامة والتعاون المتعدد القطاعات. وقد يتعين أن تشمل الإدارة الساحلية معايير جديدة في مجال البناء والتشييد، والتوسيم الإيكولوجي، والأدوات الاقتصادية المبتكرة لتمويل الحفظ، والمدفوعات مقابل خدمات النظم الإيكولوجية، مثل عزل الكربون الأزرق.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف ومجال بناء القدرات

هناك تحديات كبيرة في إدارة استخدام الأراضي في مصاب الأنهار والدلتات على نحو يتيح للأجيال القادمة أن تتمتع أيضاً بما تقدمه من خدمات جمالية وثقافية وخدمات لازمة للاستدامة (Elliott and others, 2019). وتفتقر النماذج الحالية إلى ما يكفي من الدقة المكانية والزمنية لمحاكاة الظواهر القصوى المستقبلية (Haigh and others, 2016؛ و Robins and others, 2018)، بما في ذلك الفيضانات المركبة سواء كان مصدرها الأنهار أو المحيطات. وتؤدي هذه الفيضانات إلى تدهور بيئي، بما في ذلك تحات الأراضي الرطبة وفرط المغذيات، وتعرِّض الناس لمسببات الأمراض الضارة التي تنقلها المياه (Yin and others, 2018). ولا يُعرف سوى القليل نسبياً عن الآثار الطويلة الأجل التي تحدثها التدخلات البشرية السريعة في الدلتات. وسيتعين تحسين توصيف نقاط التحول الاقتصادية الاجتماعية من أجل تفادي حدوث تغييرات غير مقبولة. وهناك حاجة إلى مزيد من الأدلة من أجل استهداف حفظ الأراضي الرطبة الساحلية في المناطق التي تتحقق فيها أكبر استفادة أو حيث يمكن تخفيف الحاجة إلى أعمال الحماية الهندسية (Van Coppenolle and others, 2018؛ و Van Coppenolle and Temmerman, 2019). وستعتمد قدرة الدلتات الضخمة على الصمود، والمدن الضخمة داخلها، على أوجه التقدم في استراتيجيات الموارد واستراتيجيات الطوارئ والاستثمارات في الحماية من الفيضانات من خلال إقامة حماية طبيعية للسواحل أو حمايتها بالمباني الهندسية. وينبغي دمج النمذجة والهندسة والعلوم الطبيعية مع العلوم الاجتماعية والتوعية العامة (Bonebrake and others, 2018). وتساعد التكنولوجيا المبتكرة والحلول المستمدة من الطبيعة بالفعل على الحد من الهشاشة أمام المخاطر الساحلية لكن هناك حاجة إلى العلوم التعاونية بحيث يكون لدى الأشخاص الذين يعيشون في مواقع مصاب الأنهار والدلتات معلومات بيئية وتنبؤات موثوقة على المدى القصير والطويل وملاحظات مناسبة للموافقة على النماذج، ومن ثم يمكن تحسين النهج القائمة على البيانات فيما يتعلق بقدرة السواحل على الصمود (Nichols and others, 2019).

المراجع

Anthony, Edward J., and others (2015). Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Scientific Reports*, vol. 5, art. 14745.

Astudillo, Juan-Carlos, and others (2014). Status of six non-native marine species in the coastal environment of Hong Kong, 30 years after their first record. *BioInvasions Records*, vol. 3, No. 3, pp. 123–37. https://doi.org/10.3391/bir.2014.3.3.01.

Auerbach, L.W., and others (2015). Flood risk of natural and embanked landscapes on the Ganges–Brahmaputra tidal delta plain. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 2, p. 153.

Bernardino, Angelo Fraga, and others (2015). Predicting ecological changes on benthic estuarine assemblages through decadal climate trends along Brazilian Marine Ecoregions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 166, pp. 74–82.

Bernardino, Angelo Fraga, and others (2016). Benthic estuarine communities in Brazil: moving forward to long term studies to assess climate change impacts. *Brazilian Journal of Oceanography*, vol. 64, No. SPE2, pp. 81–96.

Bilkovic, Donna, and others (2016). The role of living shorelines as estuarine habitat conservation strategies. *Coastal Management*, vol. 44, No. 3, pp. 161–174.

Boesch, Donald F. (2019). Barriers and bridges in abating coastal eutrophication. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 123. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00123.

Bonebrake, Timothy C., and others (2018). Managing consequences of climate-driven species redistribution requires integration of ecology, conservation and social science. *Biological Reviews*, vol. 93, No. 1, pp. 284–305.

Breitburg, Denise and others (2018a). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, vol. 359, No. 6371, eaam7240.

Breitburg, Denise and others (2018b). *The Ocean Is Losing Its Breath: Declining Oxygen in the World's Ocean and Coastal Waters; Summary for Policy Makers*. IOC/2018/TS/137 REV. Paris.

Brondizio, Eduardo S., and others (2016). Catalyzing action towards the sustainability of deltas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 19, pp. 182–94. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.05.001.

Brown, S., and R.J. Nicholls (2015). Subsidence and human influences in mega deltas: the case of the Ganges–Brahmaputra–Meghna. *Science of the Total Environment*, vol. 527, pp. 362–374.

Buttigieg, Pier Luigi, and others (2018). Marine microbes in 4D—using time series observation to assess the dynamics of the ocean microbiome and its links to ocean health. *Current Opinion in Microbiology*, vol. 43, pp. 169–185.

Carrasco, A. Rita, and others (2016). Coastal lagoons and rising sea level: a review. *Earth-Science Reviews*, vol. 154, pp. 356–368.

Cavallaro, N., and others (2018). *USGCRP, 2018: Second State of the Carbon Cycle Report (SOCCR2): A Sustained Assessment Report*. Washington, D.C.: U.S. Global Change Research Program.

Chen, Shihong, and others (2018). Assessment of tropical cyclone disaster loss in Guangdong Province based on combined model. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, vol. 9, No. 1, pp. 431–441.

Condie, Scott A., and others (2012). Modelling ecological change over half a century in a subtropical estuary: impacts of climate change, land-use, urbanization and freshwater extraction. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 457, pp. 43–66.

Day, John W., and John M. Rybczyk (2019). Chapter 36 – Global Change Impacts on the Future of Coastal Systems: Perverse Interactions Among Climate Change, Ecosystem Degradation, Energy Scarcity, and

Population. In *Coasts and Estuaries*, Eric Wolanski and others, eds., pp. 621–39. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00036-8.

Day, John W., and others (2016). Approaches to defining deltaic sustainability in the 21st century. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 183, pp. 275–291.

Day, John W., and others (2019). Chapter 9 – Delta Winners and Losers in the Anthropocene. In *Coasts and Estuaries*, Eric Wolanski, and others, eds., pp. 149–65. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00009-5.

Desmet, Klaus, and others (2018). Evaluating the Economic Cost of Coastal Flooding. Working Paper 24918. National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w24918.

Dietz, Thomas (2013). Bringing values and deliberation to science communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. Supplement 3, pp. 14081–14087.

Diop, Salif, and others (2016). *Estuaries: A Lifeline of Ecosystem Services in the Western Indian Ocean*. Springer.

Doney, Scott C., and others (2012). Climate change impacts on marine ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, vol. 4, No. 1, pp. 11–37. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-041911-111611.

Doody, J. Patrick (2013). Coastal squeeze and managed realignment in southeast England, does it tell us anything about the future? *Ocean & Coastal Management*, vol. 79, pp. 34–41.

Ducrotoy, J-P., and others (2019). Temperate estuaries: their ecology under future environmental changes. In *Coasts and Estuaries*, pp. 577–594. Elsevier.

Dunn, Frances E., and others (2019). Projections of declining fluvial sediment delivery to major deltas worldwide in response to climate change and anthropogenic stress. *Environmental Research Letters*, vol. 14, No. 8, 084034.

Elliott, Michael, and Alan K. Whitfield (2011). Challenging paradigms in estuarine ecology and management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 94, No. 4, pp. 306–314.

Elliott, Michael, and others (2019). A Synthesis: What Is the Future for Coasts, Estuaries, Deltas and Other Transitional Habitats in 2050 and Beyond? In *Coasts and Estuaries*, pp. 1–28. Elsevier.

Erban, Laura E., and others (2014). Groundwater extraction, land subsidence, and sea level rise in the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Research Letters*, vol. 9, No. 8, 084010.

Fischhoff, Baruch (2013). The sciences of science communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. Supplement 3, pp. 14033–14039.

Freeman, Lauren, and others (2019). Impacts of urbanization and development on estuarine ecosystems and water quality. *Estuaries and Coasts*, vol. 42, pp. 1821–1838.

García-Alonso, Javier, and others (2019). Río de la Plata: A Neotropical Estuarine System. In *Coasts and Estuaries*, pp. 45–56. Elsevier.

Gianelli, Ignacio, and Omar Defeo (2017). Uruguayan fisheries under an increasingly globalized scenario: long-term landings and bioeconomic trends. *Fisheries Research*, vol. 190, pp. 53–60.

Gillanders, Bronwyn M., and others (2011). Potential effects of climate change on Australian estuaries and fish utilising estuaries: a review. *Marine and Freshwater Research*, vol. 62, No. 9, pp. 1115–1131.

Haigh, Ivan D., and others (2016). Spatial and temporal analysis of extreme sea level and storm surge events around the coastline of the UK. *Scientific Data*, vol. 3, art. 160107.

Hallegatte, Stephane, and others (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, vol. 3, No. 9, p. 802.

Hallett, Chris S., and others (2017). Observed and predicted impacts of climate change on the estuaries of south–western Australia, a Mediterranean climate region. *Regional Environmental Change*, vol. 18, pp. 1357–73.

Harris, Rebecca M.B., and others (2018). Biological responses to the press and pulse of climate trends and extreme events. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 7, p. 579.

Hiatt, Matthew, and others (2019). Drivers and impacts of water level fluctuations in the Mississippi River delta: Implications for delta restoration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 224, pp. 117–137.

Howarth, Candice, and James Painter (2016). Exploring the science–policy interface on climate change: the role of the IPCC in informing local decision–making in the UK. *Palgrave Communications*, vol. 2, No. 1, art. 16058.

Ikeuchi, Hiroaki, and others (2017). Compound simulation of fluvial floods and storm surges in a global coupled river–coast flood model: Model development and its application to 2007 Cyclone Sidr in Bangladesh. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, vol. 9, No. 4, pp. 1847–1862.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.

Janis, Samuel, and others (2016). Billion oyster project: linking public school teaching and learning to ecological restoration of New York Harbor using innovative applications of environmental and digital technologies. *International Journal of Digital Content Technology and Its Applications*, vol. 10, No. 1.

Korpinen, Samuli, and others (2019) *Multiple pressures and their combined effects in Europe's seas*. ETC/ICM Technical Report 4/2019: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine waters.

Kosyan, Ruben (2017). *The Diversity of Russian Estuaries and Lagoons Exposed to Human Influence*. Springer.

Kuang, Cuiping, and others (2014). Numerical assessment of the impacts of potential future sea level rise on hydrodynamics of the Yangtze River Estuary, China. *Journal of Coastal Research*, vol. 30, No. 3, pp. 586–597.

Kumbier, Kristian, and others (2018). Investigating compound flooding in an estuary using hydrodynamic modelling: a case study from the Shoalhaven River, Australia.

Lai, Racliffe W.S., and others (2016). Hong Kong's marine environments: History, challenges and opportunities. *Regional Studies in Marine Science*, vol. 8, pp. 259–273.

Lana, Paulo da Cunha, and Angelo F. Bernardino (2018). *Brazilian Estuaries: A Benthic Perspective*. 1st ed. Brazilian Marine Biodiversity. Springer International Publishing.

Lefcheck, Jonathan S., and others (2018). Long–term nutrient reductions lead to the unprecedented recovery of a temperate coastal region. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 14, pp. 3658–3662.

Li, Tong, and others (2018). Driving forces and their contribution to the recent decrease in sediment flux to ocean of major rivers in China. *Science of the Total Environment*, vol. 634, pp. 534–541.

Mahoney, Peter C., and Melanie J. Bishop (2018). Are geomorphological typologies for estuaries also useful for classifying their ecosystems? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 28, No. 5, pp. 1200–1208.

Mcleod, Elizabeth, and others (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO_2. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 9, No. 10, pp. 552–560.

McSweeney, S.L., and others (2017). Intermittently closed/open lakes and lagoons: their global distribution and boundary conditions. *Geomorphology*, vol. 292, pp. 142–152.

Minderhoud, P.S.J., and others (2017). Impacts of 25 years of groundwater extraction on subsidence in the Mekong delta, Vietnam. *Environmental Research Letters*, vol. 12, No. 6, 064006.

Minderhoud, P.S.J., and others (2019). Mekong delta much lower than previously assumed in sea level rise impact assessments. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, art. 3847. https://doi.org/10.1038/s41467-019-11602-1.

Moftakhari, Hamed R., and others (2015). Increased nuisance flooding along the coasts of the United States due to sea level rise: past and future. *Geophysical Research Letters*, vol. 42, No. 22, pp. 9846–9852.

Moftakhari, Hamed R., and others (2017). Cumulative hazard: The case of nuisance flooding. *Earth's Future*, vol. 5, No. 2, pp. 214–223.

Morris, Rebecca L., and others (2019). Design options, implementation issues and evaluating success of ecologically engineered shorelines.

Muniz, Pablo, and others (2019). Río de la Plata: Uruguay. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, pp. 703–724. Elsevier.

Neumann, Barbara, and others (2017). Strong sustainability in coastal areas: a conceptual interpretation of SDG 14. *Sustainability Science*, vol. 12, No. 6, pp. 1019–1035.

Nicholls, Robert J., and others (2018). Erratum to: Ecosystem Services for Well-Being in Deltas: Integrated Assessment for Policy Analysis. In *Ecosystem Services for Well-Being in Deltas*, pp. E1–E1. Springer.

Nichols, Charles Reid, and others (2019). Collaborative science to enhance coastal resilience and adaptation. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 404.

Nienhuis, J. H., and others (2020). Global-scale human impact on delta morphology has led to net land area gain. *Nature*, vol. 577, No. 7791, pp. 514–18. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1905-9.

Pecl, Gretta T., and others (2017). Biodiversity redistribution under climate change: impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, vol. 355, No. 6332, eaai9214.

Pesce, M., and others (2018). Modelling climate change impacts on nutrients and primary production in coastal waters. *Science of the Total Environment*, vol. 628, pp. 919–937.

Phan, Linh K., and others (2015). Coastal mangrove squeeze in the Mekong Delta. *Journal of Coastal Research*, vol. 31, No. 2, pp. 233–243. https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-14-00049.1.

Prandle, David, and Andrew Lane (2015). Sensitivity of estuaries to sea level rise: vulnerability indices. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 160, pp. 60–68.

Renaud, Fabrice G., and others (2013). Tipping from the Holocene to the Anthropocene: How threatened are major world deltas? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 5, No. 6, pp. 644–654.

Reynolds, Laura, and others (2016) Ecosystem services returned through seagrass restoration. *Restoration Ecology,* vol. 24, No. 5, pp. 583–588.

Robins, Peter E., and others (2016). Impact of climate change on UK estuaries: A review of past trends and potential projections. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 169, pp. 119–135.

Robins, Peter E., and others (2018). Improving estuary models by reducing uncertainties associated with river flows. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 207, pp. 63–73.

Schmidt, Allison L., and others (2017). Regional-scale differences in eutrophication effects on eelgrass-associated (*Zostera marina*) macrofauna. *Estuaries and Coasts*, vol. 40, No. 4, pp. 1096–1112.

Schmidt, Charles W. (2015). *Delta Subsidence: An Imminent Threat to Coastal Populations*. NLM-Export.

Seebens, Hanno, and others (2017). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, vol. 8, art. 14435.

Seebens, Hanno, and others (2018). Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 10, pp. E2264–E2273.

Sengupta, Dhritiraj, and others (2018). Building beyond land: an overview of coastal land reclamation in 16 global megacities. *Applied Geography*, vol. 90, pp. 229–238.

Shalovenkov, Nickolai (2019). Alien Species Invasion: Case Study of the Black Sea. In *Coasts and Estuaries*, pp. 547–568. Elsevier.

Syvitski, James, and others (2009) Sinking deltas due to human activities. *Nature Geoscience*, vol. 2, pp. 681–686.

Szabo, Sylvia, and others (2015). Sustainable development goals offer new opportunities for tropical delta regions. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 57, No. 4, pp. 16–23.

Teichberg, Mirta, and others (2010). Eutrophication and macroalgal blooms in temperate and tropical coastal waters: nutrient enrichment experiments with *Ulva* spp. *Global Change Biology*, vol. 16, No. 9, pp. 2624–37. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02108.x.

Teixeira, João Batista, and others (2013). Traditional ecological knowledge and the mapping of benthic marine habitats. *Journal of Environmental Management*, vol. 115, pp. 241–250.

Tessler, Z.D., and others (2015). Profiling risk and sustainability in coastal deltas of the world. *Science*, vol. 349, No. 6248, pp. 638–643. https://doi.org/10.1126/science.aab3574.

Tessler, Z.D., and others (2016). A global empirical typology of anthropogenic drivers of environmental change in deltas. *Sustainability Science*, vol. 11, No. 4, pp. 525–537.

Todd, Peter A., and others (2019). Towards an urban marine ecology: characterizing the drivers, patterns and processes of marine ecosystems in coastal cities. *Oikos*.

Turra, Alexander, and others (2013). Global environmental changes: setting priorities for Latin American coastal habitats. *Global Change Biology*, vol. 19, No. 7, pp. 1965–1969.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Van Coppenolle, Rebecca, and others (2018). Contribution of mangroves and salt marshes to nature-based mitigation of coastal flood risks in major deltas of the world. *Estuaries and Coasts*, vol. 41, No. 6, pp. 1699–1711.

Van Coppenolle, Rebecca, and Stijn Temmerman (2019). A global exploration of tidal wetland creation for nature-based flood risk mitigation in coastal cities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 226, art. 106262.

Whitfield, Alan K. (2017). The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 27, No. 1, pp. 75–110.

Wright, Lynn Donelson, and Wei Wu (2019). Pearl River Delta and Guangzhou (Canton) China. In *Tomorrow's Coasts: Complex and Impermanent*, pp. 193–205. Springer.

Yasuhara, Moriaki, and others (2017). Combining marine macroecology and palaeoecology in understanding biodiversity: microfossils as a model. *Biological Reviews*, vol. 92, No. 1, pp. 199–215.

Yasuhara, Moriaki, and others (2019). Palaeo-records of histories of deoxygenation and its ecosystem impact. Ocean deoxygenation: Everyone's problem. IUCN.

Yin, Jie, and others (2012). National assessment of coastal vulnerability to sea level rise for the Chinese coast. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 16, No. 1, pp. 123–133.

Yin, Jiabo, and others (2018). Large increase in global storm runoff extremes driven by climate and anthropogenic changes. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 4389.

الفصل 7 زاي
مروج الأعشاب البحرية

المساهمون: هيو كيركمان (منظم الاجتماعات)، وإليزابيث سنكلير، وبول لافري.

النقاط الرئيسية

- يستمر تقلص مروج الأعشاب البحرية بمعدلات مثيرة للقلق، لا سيما في المناطق التي تتعارض فيها مع الأنشطة البشرية.
- أعيد تشكيل النظم الإيكولوجية البحرية نتيجة للتغيرات في توزيع الأنواع بسبب تغير المناخ، حيث من المتوقع أن تنقرض بعض الأنواع من الناحية الوظيفية بحلول عام 2100.
- سيؤدي عزل الكربون الأزرق دوراً في التخفيف من آثار تغير المناخ.
- سيتطلب وضع حلول ناجحة طويلة الأجل بشأن الحفظ والاستعادة كفالة التوازن بين العوامل المحركة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

1 - مقدمة

الأعشاب البحرية نباتات بحرية مزهرة تستوطن المياه الساحلية. وكشف أحدث تقييم عالمي أن الأعشاب البحرية تنقرض بمعدل 110 كيلومتر مربع في السنة منذ عام 1980، وأن نسبة 29 في المائة من امتدادها المساحي المعروف اختفت منذ أن سُجلت مناطق الأعشاب البحرية للمرة الأولى في عام 1879 (Waycott and others، 2009). وتسارعت معدلات الانخفاض من قيمة وسيطة نسبتها 0,9 في المائة في السنة قبل عام 1940 إلى 7 في المائة في السنة منذ عام 1990. وتضاهي معدلات فقدان الأعشاب البحرية المعدلات التي أُبلغ عنها فيما يتعلق بغابات المانغروف والشعاب المرجانية والغابات المدارية المطيرة، وذلك ما يجعل مروج الأعشاب البحرية ضمن النظم الإيكولوجية الأكثر عرضة للتهديد على وجه الأرض. وتتدهور صحة الأعشاب البحرية نتيجةً لتحول الظروف البيئية الذي يرجع أساسا إلى التنمية الساحلية، واستصلاح الأراضي، وإزالة الغابات، والطحالب البحرية، وتربية الأسماك، والإفراط في استغلال الموارد السمكية، وإلقاء القمامة. وهناك أربعة عوامل رئيسية مسؤولة عن تدهور الأعشاب البحرية وهي: سوء نوعية المياه؛ والاضطراب المادي؛ وتدهور الشبكات الغذائية؛ والكائنات الآكلة للأعشاب.

وعلى الصعيد العالمي، استمر تراجع مروج الأعشاب البحرية منذ إجراء التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations، 2017؛ وانظر أيضا Unsworth and others، 2019). وينبغي تنفيذ استراتيجيات إدارية فعالة من أجل عكس اتجاه فقدان هذه الأعشاب وتعزيز دور مروج الأعشاب البحرية الأساسي في موائل المناطق البحرية الساحلية. ومن الأهمية بمكان اعتماد منظور متعدد الأوجه ومتعدد التخصصات لتحقيق الحفظ العالمي لمروج الأعشاب البحرية (انظر الإطار أدناه). وستتطلب الحلول الطويلة الأجل كفالة التوازن بين العوامل المحركة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية. وثمة أمثلة جيدة آخذة في الظهور، لا سيما عندما يجري التشاور مع المالكين التقليديين والأوصياء ويجري تمكينهم بهدف استئناف أدوار الوصاية الأوسع نطاقاً. وللسكان الأصليين ثقافة تتعامل مع الأرض والبحر بطريقة شاملة تراعي أيضاً الروابط بالأماكن الغنية بالإمكانات والمهمة (National Oceans Office, 2002).

التحديات والحلول الممكنة للحد من فقدان الأعشاب البحرية

التحدي 1: الاعتراف المجتمعي بأهمية الأعشاب البحرية – شرح ماهية الأعشاب البحرية وأهميتها في النظم الساحلية.

التحدي 2: المعلومات المستكملة عن المركز والحالة – شرح وتسجيل مركز وحالة العديد من مروج الأعشاب البحرية.

التحدي 3: تحديد الأنشطة المنطوية على تهديد على الصعيد المحلي من أجل تحديد أهداف إجراءات الإدارة وفقاً لذلك – اقتراح الأنشطة المحلية المنطوية على تهديد التي يمكن إدارتها.

التحدي 4: تحقيق التوازن بين احتياجات الناس والكوكب – تعميق فهم التفاعلات بين العناصر الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لنظم الأعشاب البحرية.

التحدي 5: توليد البحوث العلمية من أجل دعم تدابير الحفظ – استخدام البحوث الحالية الرفيعة المستوى في مجال الأعشاب البحرية (الأمن الغذائي والكربون الأزرق) من أجل إشراك مجالات بحثية أوسع نطاقا.

التحدي 6: تدابير الحفظ في عصر تغير المناخ – استخدام المؤشرات التي تعطي إنذارا مبكراً بآثار تغير المناخ على الأعشاب البحرية. الابتكار في تقنيات الاستعادة.

المصدر: مقتبس بتصرف من Unsworth and others, 2019.

وتؤثر التغيرات البيئية العالمية على المجتمعات البشرية التي تعيش بالقرب من البحر أو تعتمد على الموارد البحرية. ويعني فقدان مروج الأعشاب البحرية وتدهورها أن ضياع مناطق صيد الأسماك ومناطق التفريخ سيستمر، وأن المناطق الساحلية ستصبح أقل استقطابا للسياحة، وأقل ملاءمة لمكافحة التحات، وللتعليم البحري، ولتوفير المناطق الحاضنة لمصائد الأسماك وتوفير المياه النظيفة والصفاء. وتُعاني المجتمعات الساحلية في جميع أنحاء العالم من آثار المد العاصفي والتحات والغمر. ويتخذ العلم موقفا واضحاً مفاده أن حماية الموائل الطبيعية واستعادتها يمكن أن يكون مكملاً فعالا من حيث التكلفة لنُهج تشييد البنية التحتية بهدف حماية المجتمعات المحلية (Ruckelshaus and others, 2016). ويصعب التحديد الكميّ للتحولات التي تحدث في نطاق توزّع الأعشاب البحرية (والعديد من الأنواع البحرية القاعية) بسبب تغير المناخ ويُعزى ذلك إلى عدم وجود مصنفات بيانات طويلة الأجل بشأن التوزيع الكامل للأنواع. وقد يؤدي تحول نطاق التوزّع الذي يصاحب تغير المناخ إلى عواقب غير متوقعة ووخيمة في كثير من الأحيان، وقد يؤدي ذلك في نهاية المطاف إلى فقدان التنوع البيولوجي وإلى تجانس المجتمعات المحلية (Brustolin and others, 2019). ويمكن أن يؤدي التأثير المشترك لكل من هجرة الأنواع المعدِّلة للموائل نحو القطب بسبب تغير المناخ (H. Kirkman, personal communication) والضغط الذي تحدثه أنشطة الصيد إلى انخفاض قدرة النظام الإيكولوجي على الصمود (مثل Ling and Keane, 2018).

ومن الصعب بوجه خاص إجراء قياس كمي لسبل التعافي بعد فقدان الأعشاب البحرية. وقد بيّن أوبراين وآخرون (O'Brien and others (2018)) أربعة سيناريوهات مختلفة لتدهور النظم الإيكولوجية للأعشاب البحرية وتعافيها. فالتعافي يمكن أن يكون سريعا بمجرد تحسن الظروف، لكن غياب الأعشاب البحرية في المساحات الطبيعية قد يستمر لعقود عديدة. وقد اقترح أوبراين وآخرون (O'Brien and others (2018)) في هذا الصدد إطاراً لنموذج يحاكي القدرة على الصمود.

2 - العواقب الاجتماعية الاقتصادية

تسهم التنمية الساحلية في التدهور المستمر للنظم الإيكولوجية للبحار ومصابّ الأنهار على الصعيد العالمي. وثمة حاجة إلى إدارة أكثر تأنيا واستدامة في ظل زيادة النشاط السياحي والتنمية الصناعية والحضرية في المناطق الساحلية. وتعتمد العديد من النظم الاجتماعية الإيكولوجية على مروج الأعشاب البحرية الصحية لدعم العديد من خدمات النظم الإيكولوجية الهامة (Cullen-Unsworth and others, 2014). وقد يبدو فقدان الأعشاب البحرية في منطقة صغيرة واحدة أو مصب واحد غير ذا أهمية، ولكن بالنسبة لساحل بأكمله، لا يمكن غض البصر عن الأثر التراكمي للاضطرابات العديدة.

وتنمو الأعشاب البحرية في العديد من مناطق مصابّ الأنهار، حيث تتطلب التنمية والموانئ في كثير من الأحيان عمليات جرف واسعة النطاق لأغراض الصيانة. وتكون الإزالة المادية للأعشاب البحرية أثناء الجرف طفيفة، لأن الإزالة تتم فقط في القناة المجروفة، مقارنة بالضرر الناجم عما يتناثر من الانبعاث العمودي الذي يُحدثه الجرف وخنق النباتات بواسطة الرواسب التي تم تحريكها أثناء الجرف. وقد تم تقييم فرص التخفيف من المخاطر من أجل الحد من التأثير على الأعشاب البحرية (Wu and others, 2018). وينبغي اعتماد النهج الوقائي في النظر في التغييرات المقترحة المتعلقة بالتنمية وغيرها من التغييرات البشرية المنشأ. وينبغي النظر في عمليات التعويض أو الزراعات الجديدة في الأماكن التي يُحتمل أن تُفقد فيها مروج الأعشاب البحرية أو أن تشهد المساحة التي تشغلها انخفاضا. ومع ذلك، لا ينبغي تشجيع عمليات التعويض لأنها نادراً ما تكون مكافئة للموائل المفقودة. وعلاوة على ذلك، قد لا تكون هناك أماكن مناسبة في العديد من المناطق لإعادة زراعة الأعشاب البحرية، ويؤدي ذلك إلى خسارة صافية في مروج الأعشاب البحرية، ولا يكون نجاح الاستعادة مضمونا.

ولم تكن هناك عمليات واسعة النطاق لتحديد القيمة الاقتصادية لنظم الأعشاب البحرية (Constanza and others 2014)، وهي تُحسب في معظم التقديرات بأقل من قيمتها. ومن الأهمية بمكان وضع مزيد من النماذج القائمة على المشتقات والتي تربط الهيكل والوظيفة الإيكولوجيين بجميع الخدمات الاقتصادية المتصلة بها، بهدف وضع تقديرات دقيقة لقيمة الأعشاب البحرية بالدولار (Dewsbury and others, 2016).

وتعمل الشعاب المرجانية (الفصل 7 دال) بشكل متضافر مع أشجار المانغروف (الفصل 7 حاء) على إنتاج الأغذية المفيدة اقتصاديا، من خلال الربط بين المغذيات والكائنات الحية. وتتعزز الصحة البحرية أيضاً بالأعشاب البحرية وما يرتبط بذلك من تصفية طبيعية لمسببات الأمراض. وقد كشف لامب وآخرون (Lamb and others (2017)) أنه كلما وُجدت مروج الأعشاب البحرية، تنخفض الوفرة النسبية للمسببات الجرثومية المحتملة للأمراض بالنسبة للبشر والكائنات البحرية بنسبة 50 في المائة. وأظهرت دراسات استقصائية ميدانية شملت أكثر من 8 000 من المرجانيات البانية للشعاب المرجانية بالقرب من مروج الأعشاب البحرية أن مستويات الإصابة بالأمراض تنخفض بضعفين مقارنة بالمرجانيات في المناطق المرجعية التي لا تحاذيها مروج الأعشاب البحرية.

وتقدم مروج الأعشاب البحرية خدمة ثقافية مهمة؛ فهي تضطلع بدور مركزي متميز في الحفاظ على التراث الأثري والتاريخي المغمور الثمين (Krause-Jensen and others, 2016). ويمكن تحديد عمر الجذامير ومعدلات نموها من خلال تحديد عمر الجِرار الأثرية المغمورة، وهو جانب من الخدمات التي تقدمها الأعشاب البحرية لم يحظ بما يستحق من الاهتمام.

3 - التغيرات الخاصة بكل منطقة

ثمة نقص في البيانات الخاصة بالعديد من المناطق، أو هناك افتقار إلى جمع البيانات على الصعيد العالمي.

ويتجلى نقص البيانات بأوضح صوره في أمثلة من الجزر في جميع أنحاء بحار شرق آسيا. ويوجد في جنوب شرق آسيا وأستراليا أعلى درجة تنوع في أنواع الأعشاب البحرية وأنواع الموائل، لكن المعلومات الأساسية عن موائل الأعشاب البحرية لا تزال غير متاحة. وأشار فورتيس وآخرون ((Fortes and others (2018) إلى أن ما يُعرف حاليا عن توزيع الأعشاب البحرية في جنوب شرق آسيا، وانتشارها، وتنوعها على صعيد الأنواع، والثغرات البحثية والمعرفية المتصلة بها ليس معروضا بشكل جيد. وأوضحوا في تقديراتهم أن هذه المنطقة البيولوجية الجغرافية من المناطق الإيكولوجية البحرية الموجودة في العالم تمتد على حوالي 700 36 كيلومتر مربع، لكن من المرجح أن تكون هذه التقديرات أقل من الواقع لأن بعض المناطق الإيكولوجية لم تكن ممثلة تمثيلا جيداً، ولم تكن هناك معلومات مستكملة.

وتحتوي الموائل الأحيائية الضحلة في جزر شرق آسيا على شعاب مرجانية كثيفة تحدها الأعشاب البحرية وأشجار المانغروف. وتنمو مروج الأعشاب البحرية الرئيسية في الهند على طول الساحل الجنوبي الشرقي في خليج مانار بين الهند وسريلانكا وخليج بالك وفي البحيرات الشاطئية لجزر لاكشادويب في بحر العرب إلى جزيرتي أندمان ونيكوبار في خليج البنغال. وهذا الخليج حديقة بحرية وطنية، يمتد على مساحة 500 10 كيلومتر مربع تقريبا، ويضم 21 جزيرة تقع بالموازاة مع الساحل. وثمة حاجة إلى الإدارة ورسم الخرائط والرصد من أجل كفالة الحفاظ على مناطق التفريخ القيِّمة بالنسبة للسكان المحليين الذين يستخدمون المروج منطقةً لصيد الأسماك. وينبغي إذكاء وعي السكان المحليين بطرق استخدام الأعشاب البحرية وبأهمية هذه النظم الإيكولوجية. وتؤدي الأعشاب البحرية دورا أساسيا في دعم إندونيسيا بوصفها ثاني أكبر منتج للأغذية البحرية في العالم. وستُضر خطورة حالة الأعشاب البحرية بقدرة هذا النوع البحري على الصمود أمام تغير المناخ وستؤدي إلى فقدان ما يقدمه من خدمات النظام الإيكولوجي العالية القيمة (Unsworth and others, 2018).

ويضم الأرخبيل المكوّن من نحو 800 جزيرة قبالة ميك، ميانمار، شعاباً مرجانية وأشجار المانغروف وكذلك أعشابا بحرية على جانبه المحجوب من الرياح. ولم يتم بعد رسم خرائط لهذه الموائل القيمة للأعشاب البحرية، ولكن من المحتمل أنها تعاني من استغلال مفرط بسبب صيد الأسماك والقشريات (H. Kirkman, personal communication).

وأبلغ آرياس - أورتيز وآخرون (Arias-Ortiz and others (2018) عن أضرار لحقت بنسبة 36 في المائة من مروج الأعشاب البحرية في خليج شارك، غرب أستراليا، في أعقاب موجة حر بحرية شهدتها الفترة 2010-2011. ويضم خليج شارك أكبر مخزون من الكربون تم الإبلاغ عنه في نظام إيكولوجي للأعشاب البحرية، إذ يحتوي على ما يصل إلى 1,3 في المائة من مجموع الكربون المخزن في المتر العلوي من رواسب الأعشاب البحرية في جميع أنحاء العالم.

وقد فُقدت مساحات كبيرة من الأعشاب البحرية على طول ساحل كوينزلاند في شرق أستراليا نتيجة للأعاصير وما يرتبط بها من زيادة في التعكر وانتشار الملوثات. ومن المتوقع أن تصبح هذه الأعاصير أكثر حدة نتيجة لتغير المناخ. ومروج طحالب بوسيدونيا المحيطية (Posidonia oceanica) في البحر الأبيض المتوسط آخذة في التراجع أيضاً بمعدلات مثيرة للقلق بسبب تغير المناخ والأنشطة البشرية (Telesca and others, 2015).

وهناك أيضا نقص في التنسيق بشأن أنواع البيانات التي يتم جمعها وكيفية جمعها، مما يؤدي إلى توليد مجموعات بيانات غير قابلة للتحليل بين المناطق.

وهناك خسائر في الأعشاب البحرية على الصعيد العالمي، وليس في أستراليا وآسيا فقط. وتشهد منطقة البحر الكاريبي تغيرات رئيسية مع انتشار أحد الأنواع المغيرة وهو الأذيني المحب للملح (Halophila stipulacea). ويُتوقع أيضاً أن تشهد منطقة البحر الأبيض المتوسط تحولا إلى المناخ المداري (Hyndes and others, 2016).

4 - آفاق المستقبل

إن الوعي العام بالأعشاب البحرية وخدمات النظم الإيكولوجية الهامة التي تقدمها آخذ في التحسن على الصعيد العالمي. ويستعين المكلفون بالإدارة بالنماذج المفاهيمية والرياضية من أجل وضع عملية إدارة قائمة على العلم فيما يتعلق بالأعشاب البحرية. ويمكن تنظيم خدمات الأعشاب البحرية اعتماداً على إطار مكون من سلسلة العوامل المحركة وعوامل الضغط والحالة والآثار والاستجابة، وقد اعتُمد هذا الإطار في بعض النظم الإيكولوجية للأعشاب البحرية في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك الاتحاد الأوروبي، من أجل الإبلاغ عن حالة البيئة (Kelble and others, 2013). والهدف من هذا الإطار هو التوصل إلى توافق في الآراء يقوم على أساس علمي في تحديد خصائص النظم الإيكولوجية للأعشاب البحرية وعمليات تنظيمها الأساسية، بما يجعلها مستدامة وقادرة على توفير خدمات متنوعة من النظم الإيكولوجية. ولتحقيق هذا الهدف، من الضروري النظر في العوامل الإقليمية والاجتماعية والسياسية والثقافية والاقتصادية والعوامل المرتبطة بالصحة العامة، في سياق البحث والإدارة، إلى جانب المتغيرات الإيكولوجية.

والرصد والتقييم وتقديم التقارير إلى المكلفين بالإدارة وسائل أساسية تفيد في التأكد من اتخاذ إجراءات على مستوى الإدارة أو الإبلاغ عن حدوث أي تعاف أو تدهور. وينبغي اعتماد نهج رصد متدرج يصممه العلماء والمكلفون بالإدارة معا حيثما كانت هناك حاجة إلى إدارة مسائل الأعشاب البحرية. وقدم نكلز وآخرون (Neckles and others (2012) نموذجا مفاهيميا لهذا النهج. واستخدم زيمرمان وآخرون (Zimmerman and others (2015) نموذجًا رياضياً يساعد على التنبؤ بآثار احترار المحيطات وتحمضها ونوعية مياهها على ثعبان البحر في منطقة تشيسابيك.

5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

أسفر تقييم للثغرات في المعارف المتعلقة بالأعشاب البحرية ركز على حالة أستراليا عن وجود أوجه قصور في العديد من مجالات البحث بما في ذلك التصنيف الأحيائي والمنهجيات، والفيسيولوجيا، وبيولوجيا المجموعات، والكيمياء البيولوجية الجيولوجية للرواسب والبيولوجيا المجهرية للرواسب، ووظيفة النظم الإيكولوجية، وموائل الكائنات الحيوانية، والتهديدات، وإعادة التأهيل والاستعادة، ورسم الخرائط وأدوات الرصد والإدارة (York and others, 2017). وهذه الثغرات المعرفية موجودة أيضاً على الصعيد العالمي، وينبغي معالجتها إذا أريد لهذه النظم أن تدار بفعالية وأن تكون قادرة على توفير خدمات النظم الإيكولوجية المتنوعة. ولتحقيق هذه الأهداف، من الضروري النظر في العوامل الإقليمية والاجتماعية والسياسية والثقافية والاقتصادية والعوامل المرتبطة بالصحة العامة، في سياق البحث والإدارة، إلى جانب المتغيرات الإيكولوجية. وينبغي الاهتمام ببرامج البحوث التي تتناول التفاعلات بين العديد من عوامل الإجهاد في وقت واحد. فهذه النظم شديدة التعقيد ومن الصعب حقا التنبؤ بدقة بجميع الآثار التي تحدث في أسفل السلسلة نتيجة لتجارب قائمة على عوامل إجهاد متعددة. وسيعتمد التقدم في سد الثغرات المعرفية على أوجه التقدم التكنولوجي في مجالات الاستشعار عن بعد،

وعلم الجينوم، وأجهزة الاستشعار الدقيقة، والنمذجة الحاسوبية، والتحليلات الإحصائية. وستواصل النُّهج المتعددة التخصصات توسيع فهمنا للتفاعلات المعقدة بين الأعشاب البحرية وبيئتها. وينبغي أن تكون خدمات النظم الإيكولوجية التي تقدمها مروج الأعشاب البحرية، مع التركيز على أماكن صيد الأسماك، والأنشطة الضارة التي تهدد وجودها، حافزاً على تكوين الرأي الخبير بشأن الحلول المحتملة لمنع مزيد من الخسائر. ومن المتوقع أن تزداد الحاجة إلى استعادة الأعشاب البحرية من أجل تخفيف الاضطرابات التي تعاني منها (Statton and others, 2018).

وهناك أيضا فجوات معرفية في البحوث المواضيعية الاجتماعية والثقافية والاقتصادية، على الرغم من تزايد الوعي بأهمية العلاقات بين الأعشاب البحرية والإنسان. وتشمل الحلول المقترحة زيادة التوعية في المجتمعات المحلية التي لا تدرك فائدة الأعشاب البحرية، مثل التوعية بالتدمير المستمر للأعشاب البحرية في جزر المالديف وغيرها من الوجهات السياحية[1] والتكديس المفرط لحطام الشواطئ نتيجة لتشييد بنية تحتية شاطئية غير ملائمة مثل مراطم الأمواج أو الشواطئ الترفيهية.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

6-1 - رسم الخرائط

ينبغي تحسين تفاصيل وتعريف خرائط توزيع الأعشاب البحرية. فأحدث خريطة عالمية لتوزيع الأعشاب البحرية رسمت منذ ما يقرب من عشر سنوات. لذا ينبغي استكمالها برسم مزيد من خرائط مروج الأعشاب البحرية والموائل المرتبطة بها. ويجري رسم خرائط مروج الأعشاب البحرية في العديد من أنحاء العالم المختلفة، ومع ذلك لا توجد مراكز لدمج النواتج في خريطة عالمية وجمع البيانات الوصفية. وستفيد الخرائط في توضيح ما استجد من خسائر أو مكاسب في مناطق الأعشاب البحرية، وتنوع الأعشاب البحرية، وتلبية الحاجة إلى مزيد من المعلومات. وتكنولوجيا السواتل آخذة في التحسن أيضاً ويجري استخدامها بطريقة أكثر تواتراً في جهود رسم خرائط الأعشاب البحرية.

إن مروج الأعشاب البحرية نظمٌ دينامية تزيد من التحديات المرتبطة برسم الخرائط والرصد، خاصة وأن بعض الأنواع سريعة الزوال (مستعمِرة أو انتهازية) و/أو عرضة لأضرار العواصف. وقد وضع دافي وآخرون (Duffy and others (2019)) تصوراً لخريطة للنظام الإيكولوجي مع شبكة لرصد التنوع البيولوجي البحري تربط التنوع البيولوجي بالمتغيرات الجيوفيزيائية البيئية.

ولا يوجد حاليا مستودع يتيح تبادل المعلومات وتتبع التغيرات على مستويات ذات أهمية إيكولوجية. وسيتطلب هذا الأمر أن يحدد علماء البيئة والمكلفون بالإدارة المتخصصون في الأعشاب البحرية مجموعة من المقاييس ومنهجيات أخذ العينات من أجل إنتاج بيانات يمكن تبادلها ومقارنتها بين المناطق. ويمكن رسم خرائط مفصلة باستخدام الطائرات دون طيار أو السونار المتعدد النطاقات الجانبية. وقد استخدم همانا وكوماتسو (Hamana and Komatsu (2016)) نظام سونار متعدد الشعاعات الضيقة للكشف عن مروج الأعشاب البحرية وتقدير مدى وفرتها النسبية. واستعرض غوموساي وآخرون (Gumusay and others (2019)) المؤلفات المتعلقة برسم خرائط الأعشاب البحرية، وتطبيقات الرصد والكشف باستخدام النظم الصوتية. ويمكن لقواعد بيانات الصور الجوية العالية الجودة أن ترصد التغير المحلي إلى الإقليمي في

[1] متوفر على الرابط التالي: www.maldivesresilientreefs.com/campaigns/seagrass.

انتشار الأعشاب البحرية (مثل، Evans and others, 2018). ومع ذلك، ليس من بين هذه الخيارات أي خيار مرتبط بنوع محدد، لذلك ينبغي إجراء مطابقة ميدانية للبيانات. ويكون صفاء المياه مشكلة أيضاً بعد العواصف، وأثناء عمليات الجرف، ونتيجة للتلوث البري وفرط المغذيات. ويحدث فرط المغذيات عندما تدخل المغذيات بمستويات مرتفعة إلى البحر وتلتقطها الطحالب الكبيرة، التي تنمو على أوراق الأعشاب البحرية ويمكنها أن تخنقها وتمنعها من إجراء التمثيل الضوئي.

6-2 - احتجاز الكربون

تتمتع النظم الإيكولوجية للأعشاب البحرية بقدرة أكبر على احتجاز الكربون مقارنة بالنظم الإيكولوجية البرية (Macreadie and others, 2019). فإلى جانب المستنقعات المتأثرة بالحركة المدية وأشجار المانغروف، تساهم الأعشاب البحرية بنسبة 50 في المائة تقريبا من مجموع معدل احتجاز الكربون في الرواسب البحرية (الكربون الأزرق)، على الرغم من أنها لا تشغل سوى 0,2 في المائة من منطقة المحيطات، وتتجاوز معدلات احتجازها للكربون العضوي المعدلات التي تحتجزها الغابات البرية، لكل وحدة من وحدات المساحة، بمقدار 1 إلى 2 من القيمة الأسية. وتحتجز مروج الأعشاب البحرية ثاني أكسيد الكربون من خلال التمثيل الضوئي وتخزن كميات كبيرة في النباتات، ولكن الأهم من ذلك هو أنها تحتجزه في الرواسب في الأسفل (Mcleod and others, 2011؛ و Fourqurean and others, 2012). وتختلف درجة احتجاز الرواسب اختلافا كبيراً فيما بين الأنواع. فالأعشاب البحرية الكبيرة، مثل أنواع الطحالب من جنس Posidoni، تبني مسطحات شبكية على عمق عدة أمتار يمكنها أن تظل مخزنة لآلاف السنين (Mateo and others 1997). وأشارت تقديرات مازاراسا وآخرين (Mazarrasa and others (2015)) إلى أن متوسط معدل تراكم الكربون الجسيمي غير العضوي في رواسب الأعشاب البحرية يصل إلى 126,3 ± 31,05 غرام من الكربون الجسيمي غير العضوي في السنة لكل متر مربع. واستناداً إلى الانتشار العالمي لمروج الأعشاب البحرية (177 000 إلى 600 000 كيلومتر مربع)، تخزن هذه النظم الإيكولوجية على الصعيد العالمي ما بين 11 و 39 بيكوغراما من الكربون الجسيمي غير العضوي في المتر العلوي من الرواسب وتساهم في تراكم ما بين 22 و 75 تيراغراما من الكربون الجسيمي غير العضوي في السنة. ولسوء الحظ، تعاني هذه المروج الكثيفة من تهديد مستمر (انظر ما ورد سابقاً بشأن تقديرات معدل الفقدان على الصعيد العالمي) ويصاحب هذا الفقدان انبعاث ثاني أكسيد الكربون المخزن داخل المروج. فعلى سبيل المثال، تشير التقديرات إلى أن الفقدان المستمر للأعشاب البحرية في أستراليا ينبعث منه ما يصل إلى 3 ملايين طن من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي كل عام، وأن زيادة الانبعاثات السنوية من ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن استخدام الأراضي تتغير بنسبة تتراوح بين 12 و 21 في المائة (Serrano and others, 2019). وعلاوة على ذلك، سيتسبب الضرر والتدهور في مروج الأعشاب البحرية في تخفيض مستوى الاحتجاز المستمر لثاني أكسيد الكربون.

وتوجد إمكانية لتجنب انبعاثات غازات الدفيئة، وتعزيز احتجازها، من خلال حفظ النظم الإيكولوجية الساحلية النباتية واستعادتها، وهو ما اعترف به العديد من الدول باعتباره وسيلة لتحقيق أهداف سياساتها فيما يتعلق بخفض غازات الدفيئة (Martin and others, 2016). غير أن تحقق هذه الإمكانية رهين بمعالجة عدد من الثغرات الرئيسية في المعلومات والمسائل المتعلقة بالسياسات. ويقدم ماكريدي وآخرون (Macreadie and others (2019)) في لمحة عامة حديثة خريطةَ طريق شاملة للعقود المقبلة بشأن الأبحاث المستقبلية في علوم الكربون الأزرق.

6-3 - تغير المناخ

يؤثر تغير ظروف المناخ والمحيطات على الموارد البحرية القيّمة والمجتمعات المحلية التي تعتمد عليها. ويؤثر تغير المناخ على مروج الأعشاب البحرية في عدد من

الجوانب. ومن المتوقع أن تصبح الظواهر المناخية القصوى أكثر تواتراً وقساوة (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013)، وسيتسبب ذلك في تغير سريع في النظام الإيكولوجي، ومن المرجح أن يكون مستوى هذا التغير أكبر من التغير الذي يسببه تغير المناخ التدريجي (Wernberg and others, 2016). وينبغي إجراء تقييمات لقابلية تأثر الأنواع البحرية والموائل بالمناخ من أجل فهم أفضل للأنواع الأكثر عرضة للخطر والتي قد تتطلب إدارتها استراتيجيات مبتكرة[2]. ومن المتوقع أن يكون لإعادة تشكيل النظم الإيكولوجية الناتجة عن التغيرات في توزيع الأنواع بسبب المناخ آثارٌ بيئية واجتماعية واقتصادية عميقة، حيث تحل محل النظم الإيكولوجية المعتدلة أنواع مدارية (Vergés and others, 2014). ويمكن أيضا أن تحدث تحولات في نطاق التوزّع بسبب الأنواع المغيرة التي تغيِّر خدمات النظم الإيكولوجية المقدمة. فعلى سبيل المثال، أصبحت منطقة البحر الكاريبي موبوءة بالأعشاب البحرية من نوع محب الملح الأذيني (Halophila stipulacea) على مدى السنوات العشرين الماضية، وتظهِر الأبحاث تحولات هائلة في التجمعات السمكية وكذلك تأثير هذا النوع المُغير على السلاحف. وأحدثت الأعشاب البحرية غير المحلية من نوع الحزامية اليابانية (Zostera japonica) أيضاً تغييراً على مجتمعات الكائنات في مصابّ الأنهار التي تستعمرها (Vergés and others, 2014). ومن المتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى عواصف أقل عدداً وأكثر حدة في العديد من الأماكن (Gera and others, 2014) ومن ثم يؤدي إلى اضطراب محلي وفقدان نوعية المياه لأسابيع وأشهر في كل مرة. وهذا من شأنه أن يُحدث اضطراباً في مروج الأعشاب البحرية ويسبب تغييرات في الإدارة والسياسات. وعلى الرغم من أن فقدان النباتات الكلسية التي تنمو فوق الأعشاب البحرية قد يكون مفيداً عن طريق الحموضة (يرجى الرجوع إلى الفصل 5 للاطلاع على التفاصيل بشأن تحمض المحيطات)، في ظل ارتفاع كميات ثاني أكسيد الكربون والمواد المغذية وارتفاع درجة الحرارة، يتوقع ألستربرغ وآخرون (Alsterberg and others (2013)) زيادة في النباتات الفوقية غير الكلسية مثل الطحالب الخيطية وطحالب الدياتوم. وهذا قد يؤدي إلى تحولات في بنية سلسلة النباتات الفوقية إذ تتحول من طحالب جيرية غير سائغة للأكل إلى طحالب سائغة للأكل. وبالإضافة إلى ذلك، فإن انخفاض ما تنتجه الأعشاب البحرية من المركبات الفينولية الرادعة للكائنات الآكلة للأعشاب في ظل ارتفاع ثاني أكسيد الكربون (Arnold and others, 2012) قد يزيد من استساغة أوراق الأعشاب البحرية لعدد من الكائنات الآكلة للأعشاب من اللافقاريات والأسماك. وقد تساعد الآثار الإيجابية لزيادة ثاني أكسيد الكربون على فيزيولوجيا الأعشاب البحرية في تخفيف الآثار السلبية الناجمة عن عوامل الإجهاد البيئية الأخرى المعروفة بتأثيرها على نمو الأعشاب البحرية وبقائها، على الرغم من أن الجمع بين الزيادة في درجات الحرارة وانخفاض الضوء من المرجح أن يبطل الزيادات في الكربون المتاح (Collier and others, 2018).

وقد يحدث أيضاً تحول في نطاق التوزّع لدى بعض الأنواع، أي الاستعاضة عن أنواع من الأعشاب البحرية المعتدلة بأنواع مدارية، إلى جانب تغيرات في بنية المجتمعات. وتوجد حاليا أدلة محدودة على تحول في نطاق التوزّع لدى الأعشاب البحرية، على الرغم من أن التوقعات الحالية بشأن حدود نطاق الاحترار، في مناطق مثل البحر الأبيض المتوسط وخليج شارك في أستراليا، تشير إلى انقراض وظيفي لأنواع من الأعشاب البحرية المعتدلة الكبيرة بحلول عام 2100 مع تسارع الاحترار (Hyndes and others, 2016).

6-4 - الاستعادة والتعافي

عادة ما كان التعافي والتخفيف من نظم الاضطرابات خط الدفاع الأول (والأقل تكلفة)، لكن الاستعادة

[2] انظر www.fisheries.noaa.gov/national/climate/climate-vulnerability-assessments.

الإيكولوجية أو التدخل الإيكولوجي يُصبحان ضروريين بشكل متزايد في بيئة سريعة التغير وربما تكون استراتيجية إدارية أكثر فعالية في الأماكن التي فُقدت فيها بالفعل موائل الأعشاب البحرية أو تدهورت بشدة (Statton and others, 2018). وقد تحسن مستوى نجاح الاستعادة لكنه لا يزال محدودا في الواقع. وتمثل استعادة مروج الأعشاب البحرية وتعافيها نشاطاً مهماً، حيث تم توثيق بعض أوجه التقدم الكبيرة في حالات نجاح الاستعادة (مثل، Orth and others, 2017؛ Wendländer and others, 2019). وعلى الرغم من أن الاستعادة ستكون ضرورية بشكل متزايد للتخفيف من اضطراب الأعشاب البحرية، فمن المهم التأكيد على أن الاستعادة لا تنجح أبداً بنسبة 100 في المائة، وغالبا ما تقل نسبة النجاح عن 50 في المائة. وعلاوة على ذلك، نادرا ما يوفر قاع البحار المستعاد والمتدهور نفس مستوى خدمات النظم الإيكولوجية. ومن ثم فالاعتماد على الاستعادة سيؤدي إلى استمرار فقدان الأعشاب البحرية على الصعيد العالمي. وستكون حماية المروج القائمة من المزيد من التدمير بالجملة طريقة أفضل بكثير لاستخدام الموارد.

المراجع

Alsterberg, Christian, and others (2013). Consumers mediate the effects of experimental ocean acidification and warming on primary producers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 21, pp. 8603–8608.

Arias-Ortiz, Ariane, and others (2018). A marine heatwave drives massive losses from the world's largest seagrass carbon stocks. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 4, p. 338.

Arnold, Thomas, and others (2012). Ocean acidification and the loss of phenolic substances in marine plants. *PLoS One*, vol. 7, No. 4, e35107.

Brustolin, Marco Colossi, and others (2019). Future ocean climate homogenizes communities across habitats through diversity loss and rise of generalist species. *Global Change Biology*, vol. 25, No. 10, pp. 3539–3548.

Collier, Catherine J., and others (2018). Losing a winner: thermal stress and local pressures outweigh the positive effects of ocean acidification for tropical seagrasses. *New Phytologist*, vol. 219, No. 3, pp. 1005–1017.

Constanza, Robert, and others (2014) Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, vol. 26, pp. 152–158.

Cullen-Unsworth, L.C., and others (2014). Seagrass meadows globally as a coupled social-ecological system: Implications for human wellbeing. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 83, pp. 387–397. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.001.

Dewsbury, Bryan M., and others (2016). A review of seagrass economic valuations: Gaps and progress in valuation approaches. *Ecosystem Services*, vol. 18, pp. 68–77.

Duffy, J. Emmett, and others (2019). Toward a coordinated global observing system for seagrasses and marine macroalgae. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 317.

Evans, Suzanna M., and others (2018). Seagrass on the brink: decline of threatened seagrass *Posidonia australis* continues following protection. *PloS One*, vol. 13, No. 4.

Fortes, Miguel D., and others (2018). Seagrass in Southeast Asia: a review of status and knowledge gaps, and a road map for conservation. *Botanica Marina*, vol. 61, No. 3, pp. 269–288.

Fourqurean, James W., and others (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, vol. 5, No. 7, p. 505.

Gera, Alessandro, and others (2014). The effect of a centenary storm on the long–lived seagrass *Posidonia oceanica. Limnology Oceanography*, vol. 59, pp. 1910–1918.

Gumusay, Mustafa Umit, and others (2019). A review of seagrass detection, mapping and monitoring applications using acoustic systems. *European Journal of Remote Sensing*, vol. 52, No. 1, pp. 1–29.

Hamana, Masahiro, and Teruhisa Komatsu (2016). Real–time classification of seagrass meadows on flat bottom with bathymetric data measured by a narrow multibeam sonar system. *Remote Sensing*, vol. 8, No. 2, art. 96.

Hyndes, Glenn A., and others (2016). Accelerating tropicalization and the transformation of temperate seagrass meadows. *Bioscience*, vol. 66, No. 11, pp. 938–948.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate, T.F. Stocker and others, eds. Cambridge and New York: Cambridge University Press.

Kelble, Christopher R., and others (2013). The EBM–DPSER Conceptual Model: Integrating Ecosystem Services into the DPSIR Framework. *PLOS ONE*, vol. 8, No. 8, pp. 1–12. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070766.

Krause–Jensen, Dorte, and others (2016). Seagrass sedimentary deposits as security vaults and time capsules of the human past. *Ambio*, vol. 48, No. 4, pp. 325–335.

Lamb, Joleah B., and others (2017). Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science*, vol. 355, No. 6326, pp. 731–733.

Ling, Scott D., and John P. Keane (2018). Resurvey of the Longspined Sea Urchin (*Centrostephanus rodgersii*) and associated barren reef in Tasmania. Institute for Marine and Antarctic Studies Report. University of Tasmania, Hobart, 52 p.

Macreadie, Peter I., and others (2019). The future of Blue Carbon science. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, pp. 1–13.

Martin, A., and others (2016). Blue Carbon – Nationally Determined Contributions Inventory. Appendix to: Coastal blue carbon ecosystems. Opportunities for Nationally Determined Contributions. Published by GRID–Arendal, Norway. ISBN: 978–82–7701–161–5.

Mateo, Miguel A., and others (1997). Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 44, No. 1, pp. 103–110.

Mazarrasa, I., and others (2015). Seagrass meadows as a globally significant carbonate reservoir. *Biogeosciences*, vol. 12, No. 16, pp. 4993–5003. https://doi.org/10.5194/bg–12–4993–2015.

Mcleod, Elizabeth, and others (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO_2. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 9, No. 10, pp. 552–560.

National Oceans Office (2002). *Sea Country: An Indigenous Perspective: The South–East Regional Marine Plan*. Assessment Reports.

Neckles, Hilary A., and others (2012). Integrating scales of seagrass monitoring to meet conservation needs. *Estuaries and Coasts*, vol. 35, No. 1, pp. 23–46. https://doi.org/10.1007/s12237–011–9410–x.

O'Brien, Katherine R., and others (2018). Seagrass ecosystem trajectory depends on the relative timescales of resistance, recovery and disturbance. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 134, pp. 166–176.

Orth, Robert J., and others (2017). Submersed aquatic vegetation in Chesapeake Bay: sentinel species in a changing world. *Bioscience*, vol. 67, No. 8, pp. 698–712.

Ruckelshaus, Mary H., and others (2016). Evaluating the benefits of green infrastructure for coastal areas: location, location, location. *Coastal Management*, vol. 44, No. 5, pp. 504–16. https://doi.org/10.1080/08920753.2016.1208882.

Serrano, Oscar, and others (2019). Australian vegetated coastal ecosystems as global hotspots for climate change mitigation. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, pp. 1–10.

Statton, John, and others (2018). Decline and restoration ecology of Australian seagrasses. In *Seagrasses of Australia*, pp. 665–704. Springer.

Telesca, Luca, and others (2015). Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. *Scientific Reports*, vol. 5, art. 12505.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Unsworth, Richard K.F., and others (2018). Indonesia's globally significant seagrass meadows are under widespread threat. *Science of the Total Environment*, vol. 634, pp. 279–286.

Unsworth, Richard, K.F., and others (2019). Global challenges for seagrass conservation. *Ambio*, vol. 48, No. 8, pp. 801–815.

Vergés, Adriana, and others (2014). The tropicalization of temperate marine ecosystems: climate–mediated changes in herbivory and community phase shifts. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281, No. 1789, p20140846.

Waycott, Michelle, and others (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, No. 30, pp. 12377–12381.

Wendländer, Nele Svenja, and others (2019). Assessing methods for restoring seagrass (*Zostera muelleri*) in Australia's subtropical waters. *Marine and Freshwater Research*.

Wernberg, Thomas, and others (2016). Climate–driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science*, vol. 353, No. 6295, pp. 169–172.

Wu, Paul Pao–Yen, and others (2018). Managing seagrass resilience under cumulative dredging affecting light: Predicting risk using dynamic Bayesian networks. *Journal of Applied Ecology*, vol. 55, No. 3, pp. 1339–1350.

York, Paul H., and others (2017). Identifying knowledge gaps in seagrass research and management: an Australian perspective. *Marine Environmental Research*, vol. 127, pp. 163–172.

Zimmerman, Richard C., and others. (2015) Predicting effects of ocean warming, acidification, and water quality on Chesapeake region eelgrass. *Limnology and Oceanography*, vol. 60, No. 5, pp.1781–1804.

الفصل 7 حاء
أشجار المانغروف

المساهمون: خوسيه سوتو روزا فيلهو (منظم الاجتماعات)، وناهد عبد الرحيم عثمان، وكولن د. وودروف.

النقاط الرئيسية

- إن مناطق غابات المانغروف آخذة في التناقص سنويا، على الرغم من أهميتها الإيكولوجية والاجتماعية الاقتصادية، لا سيما بوصفها بالوعات للكربون.
- على الرغم من استمرار إزالة الغابات في معظم المناطق، فإن التشجير وإعادة زراعة أشجار المانغروف في جميع القارات قد خفضا جزئياً من سرعة فقدان مناطق أشجار المانغروف من نسبة 2 في المائة في السنة تقريبا إلى أقل من 0,4 في المائة في السنة.
- تشكل زيادة الكثافة السكانية البشرية والتنمية غير المخطط لها في المناطق الساحلية التهديدات الرئيسية لغابات المانغروف.
- يتسبب تغير المناخ العالمي، مثل ارتفاع مستويات سطح البحر ودرجة الحرارة، في توسع نطاق أشجار المانغروف نحو القطبين وباتجاه البر في المستنقعات المالحة في بعض المناطق.
- ساعدت الإجراءات المحلية والاتفاقات الدولية على الحفاظ على أشجار المانغروف، لكن نجاحها كان محدوداً بسبب البيروقراطية وعدم التزام الحكومات المحلية والوطنية وحكومات الولايات والمجتمعات المحلية.

1 - مقدمة

توجد أشجار المانغروف في 118 بلداً وتستوطن مصابّ الأنهار والشواطئ في المناطق المدارية وشبه المدارية (Tomlinson, 2016)، وهي موطن لـ 73 من الأنواع الأصلية والأنواع الهجينة المسجلة، وتشهد آسيا أعلى درجات التنوع وأوسعها نطاقاً (Spalding, 2010). وأشجار المانغروف نظم إيكولوجية رئيسية في الواجهة بين البحر والبر، وتوثر على معظم الأنشطة البشرية وتتأثر بها (United Nations, 2017b؛ و Feller and others, 2017).

وعلى الرغم من أن غابات المانغروف لا تمثل سوى 0,7 في المائة من مجموع الغابات المدارية في العالم، فإنها توفر الأغذية البحرية والحطب والأخشاب، وكذلك خدمات مثل حماية السواحل، ونقل الكربون إلى قاع البحر واحتجازه، والإصلاح البيولوجي للنفايات، حسبما ورد بيانه في الفصل 48 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a). وإلى جانب السلع والخدمات، تقدم أشجار المانغروف أيضاً خدمات النظم الإيكولوجية الثقافية التي تشكل جزءاً هاماً من حياة المجتمعات المحلية وأصحاب المصلحة الرئيسيين وسبل عيشهم وهويتهم الثقافية (Mitra, 2020a).

وعلى الرغم من قيمة أشجار المانغروف الإيكولوجية والاجتماعية والاقتصادية والثقافية، فهي من أكثر النظم الإيكولوجية عرضة للتهديد على هذا الكوكب. وتتعرض أشجار المانغروف للتدمير بمعدلات تزيد بثلاث إلى خمس مرات عن متوسط معدلات فقدان الغابات، وقد اختفى بالفعل أكثر من ربع الغطاء الأصلي بغابات المانغروف (United Nations Environment Programme (UNEP), 2014؛ و Richards and Friess, 2016). وعلى الرغم من أن أشجار المانغروف لا زالت تتدهور وفُقدت من مناطق معينة، فإن مبادرات الحفظ وجهود إعادة التأهيل والتجديد الطبيعي والتوسع المرتبط بتغير المناخ قد أسفرت عن مكاسب في أماكن أخرى (Feller and others, 2017).

وقد لوحظت تغيرات كبيرة في المساحة التي تشغلها غابات المانغروف استجابة لعوامل محركة بيئية طبيعية في مناطق بعيدة عن الآثار البشرية المباشرة

(Rioja-Nieto and others, 2017؛ و Lucas and others, 2018). وأشار سبالدنغ وآخرون (Spalding and others (1997)) في تقديراتهم إلى أن غطاء المانغروف على الصعيد العالمي يمتد على مساحة 181 000 كيلومتر مربع، لكن جيري وآخرين (Giri and others (2011)) نقحوا هذه القيمة فخفضوها إلى 760 137 كيلومتراً مربعاً، وهو ما يتسق مع التقديرات التي قدمتها منظمة رصد المانغروف على الصعيد العالمي (Bunting and others, 2018).

وتشكل الكثافة السكانية البشرية المتزايدة في المنطقة الساحلية التهديد الرئيسي لغابات المانغروف، ولا سيما التنمية الحضرية غير المخطط لها، وتربية الأحياء المائية، والتحول إلى الاستخدام الزراعي مثل زراعة الأرز، والاستغلال المفرط للأخشاب (United Nations, 2017b؛ و Ferreira and Lacerda، 2016؛ و Thomas and others، 2018؛ و Romañach and others، 2018). ومع ذلك، انخفضت معدلات فقدان أشجار المانغروف على الصعيد العالمي من حوالي 2 في المائة سنويا إلى أقل من 0,4 في المائة سنوياً بين أواخر القرن العشرين وأوائل القرن الحادي والعشرين (Friess and others, 2019b, 2020).

وفي العقد الماضي، تحسنت نوعية بيانات توزيع المانغروف على الصعيد العالمي وتوافر هذه البيانات (Hamilton and Casey, 2016؛ و Ferreira and Lacerda, 2016؛ و Thomas and others, 2018؛ و Romañach and others, 2018؛ و Saintilan and others, 2019؛ و Lucas and others, 2020) وتم الشروع في العديد من المبادرات الوطنية (سواء في إطار الشراكات العامة و/أو الشراكات بين القطاعين العام والخاص) من أجل محاولة تحسين فهم التغيرات التي تشهدها أشجار المانغروف (Schaffer-Novelli and others, 2016). وكان استخدام البيانات الساتلية أحدَ النهج الرئيسية في تقييم غابات المانغروف (Giri and others, 2011؛ و Li and others, 2013؛ و Duncan and others, 2017؛ و Jayakumar, 2019؛ و Lymburner and others, 2019).

وفي الآونة الأخيرة، مكّن ظهور منصات الحوسبة السحابية، مثل محرك Google Earth (غوغل أورث) (Gorelick and others, 2017)، وخدمات Amazon Web (أمازون ويب) (Chen and others, 2017؛ و Lucas and others, 2020)، التي تجمع بين عدة وحدات بيتابايت من البيانات المدارية والجغرافية المكانية وموارد التحليل الإحصائي، من وضع تقديرات أكثر موثوقية لغطاء غابات المانغروف على الصعيد المحلي والإقليمي والعالمي وتغيراتها على مدى سنوات متتالية (Diniz and others, 2019).

ويستند هذا الفصل إلى الملاحظات الواردة في الفصل 48 من التقييم العالمي الأول. وأشجار المانغروف نباتات بحرية، يشملها الفصل 6 زاي من التقييم الحالي، وغالبا ما توجد في مصابّ الأنهار والدلتات، التي يناقشها الفصل 7 واو، وتشترك في العديد من الخصائص مع مستنقعات المياه المالحة (الفصل 7 طاء) ومروج الأعشاب البحرية (الفصل 7 زاي).

2 - التغير الموثق في حالة أشجار المانغروف بين عامي 2010 و 2020

تتناقص المساحة التي تشغلها أشجار المانغروف سنويا في جميع أنحاء العالم. وتختلف حالة غابات المانغروف باختلاف البلدان والمناطق (Romañach and others, 2018). ورغم استمرار إزالة الغابات في معظم المناطق، فإن التشجير وإعادة زراعة أشجار المانغروف في بعض المناطق قد خفضا من سرعة فقدان الغابات (Li and others, 2013؛ و Cavanaugh and others, 2014؛ و Ferreira and Lacerda, 2016؛ و Friess and others, 2019b, 2020). وأبلغ المهاشير وآخرون (Almahasheer and others (2016)) عن

زيادة بنسبة 12 في المائة في مساحة المانغروف في البحر الأحمر. وفي نيوزيلندا، اتسعت المساحة التي تشغلها أشجار المانغروف بسرعة خلال السنوات الخمسين إلى الثمانين الماضية، نتيجة لتسارع ملء مصاب الأنهار والتراكم العمودي للمسطحات المدية (Horstman and others, 2018).

وقد سُجِّل فقدان المانغروف بسبب الأنشطة البشرية في جميع المناطق التي توجد فيها هذه الأشجار. والعامل الرئيسي في تدمير أشجار المانغروف هو زيادة الكثافة البشرية في المناطق الساحلية (Branoff, 2017؛ Saifullah, 2017؛ Romañach and others, 2018). وكان النشاط البشري الأكثر شيوعاً في غابات المانغروف هو تحويل مناطق المانغروف إلى تربية الأحياء المائية أو الاستخدام الزراعي (Thomas and others, 2018؛ وانظر الفصل 16 من هذا التقييم). ومن العوامل الأخرى المرتبطة بفقدان المانغروف قطع الأشجار والتحات والترسب (انظر الفصل 13)، وإنتاج الملح (Feller and others, 2017)، ورعي الماشية (Ferreira and Lacerda, 2016؛ و Thomas and others, 2018).

ولا تحظى أشجار المانغروف بشعبية في بعض المجتمعات المحلية إذ غالبا ما يُنظر إليها على أنها "تستولي على المساحة" أو أنها "منخفضة القيمة" (إذ تعتبر أشجار المانغروف على سبيل المثال أنها "تُفسد" الشاطئ الرملي الجميل وتجعله موحلاً). ويتم تدمير غابات المانغروف في نيوزيلندا في الغالب على يد المجتمعات المحلية (عن قصد أو دون قصد) بسبب عدم وعي المجتمع المحلي أو السلطات بقيم المانغروف، أو الخوف من فقدان دعم أعضاء الحكومة المنتخبين أو المجتمع المحلي.

وارتبطت التغيرات المناخية العالمية أيضا بالتغيرات في توزيع أشجار المانغروف (انظر الفصلين 4 و 9)، مثل التوسع نحو القطبين واليابسة (Cavanaugh and others, 2014؛ و Saintilan and others, 2019)، إلا عندما تمنع البنية التحتية الصلبة التراجع، ويؤدي ذلك إلى انكماش الأراضي الرطبة، وهو ما يسمى الضغط الساحلي (Leo and others, 2019). ويمكن أن تزيد الظواهر المناخية الشديدة من حالات موت أشجار المانغروف الناجمة عن الجفاف الشديد (Sippo and others, 2018)، وزيادة ثاني أكسيد الكربون، ويمكن أن يؤدي إثراء النيتروجين إلى زيادة نمو نباتات أخرى، ومن ثم يكبح نمو شتلات المانغروف (McKee and Rooth, 2008؛ و Zhang and others, 2012).

وفي عامي 2015 و 2016، تم تسجيل سقم واسع النطاق أصاب أشجار المانغروف على طول 1 000 كم من جنوب خليج كاربنتاريا في أستراليا. وهذه منطقة قليلة الكثافة السكانية، ويبدو أن ما حدث ارتبط بفترة طال أمدها بشكل غير عادي من ظروف الجفاف الشديد، ودرجات الحرارة المرتفعة غير المسبوقة، وانخفاض مؤقت في مستوى سطح البحر (Duke and others, 2017). وحدث سقم مماثل في الفترة نفسها أيضا في مناطق أخرى من شمال أستراليا (Asbridge and others, 2019).

2-1 – آثار التغير على العناصر الأخرى للنظام البحري وتفاعلاته معها

2-1-1 – احتجاز الكربون في أشجار المانغروف

أشجار المانغروف معروفة بقدرتها على مراكمة كميات عالية من الكربون (Tomlinson, 2016؛ و Donato and others, 2011, 2012؛ و Estrada and Soares, 2017؛ و Kauffman and others, 2018؛ و Lagomasino and others, 2019)، وهي تحتجز في الواقع كمية كربون تفوق بأربعة أضعاف ما تحتجزه الغابات المطيرة (Rovai and others, 2018؛ و Twilley and others, 2018). وتشير التقييمات الحديثة إلى أن الكتلة الأحيائية العالمية لغابات المانغروف تتراوح بين 1,91 و 2,83 من البيتاغرامات (Hutchison and others, 2014a؛ و Tang and others, 2018)، في حين قدّر سيمارد وآخرون

((Simard and others (2018) أن مخزون الكربون في غابات المانغروف العالمية يصل إلى 5,03 بيتاغرامات. وعلى الصعيد العالمي، قُدِّر متوسط كثافة الكتلة الأحيائية السطحية بحوالي 1,46 من الميغاغرامات لكل كيلومتر مربع (Tang and others, 2018). وتوقع روفاي وآخرون ((Rovai and others (2018) أن تبلغ الكمية العالمية الإجمالية من الكربون في تربة المانغروف 2,26 من البيتاغرامات. وعلى الصعيد العالمي، خزنت أشجار المانغروف 4,19 بيتاغرامات من الكربون في عام 2012، حيث كانت نسبة 50 في المائة من المخزون العالمي تُعزى إلى إندونيسيا وبابوا غينيا الجديدة والبرازيل وماليزيا (Hamilton and Friess، 2018).

2-1-2 - فقدان التنوع البيولوجي

تُعد أشجار المانغروف من أكثر النظم الإيكولوجية إنتاجية في العالم (Alongi, 2008) وهي تُنتج كميات كبيرة من الفضلات (الأوراق المتساقطة، والفروع وغيرها من الحطام) التي تستخدمها الكائنات الحيوانية المتنوعة. وتوفر أشجار المانغروف أيضاً ركائز صلبة (الجذور الهوائية، والجذوع، والفروع، والجذور التنفسية، والأوراق) لعدد لا يحصى من اللافقاريات والنباتات (Hogarth, 2015؛ و Rosa Filho and others, 2018). وبالإضافة إلى المساهمة الكبيرة التي تقدمها أشجار المانغروف في النظم الإيكولوجية البحرية، فإن أكثر من 400 نوع من الثدييات البرية والبرمائيات والزواحف في جميع أنحاء العالم يستخدم هذه الأشجار (Rog and others, 2016)، إذ أنها توفر لهذه الكائنات ملجأ من الاضطرابات البشرية المنشأ. وقد أثر الانخفاض العالمي في موائل أشجار المانغروف تأثيرا سلبيا على التنوع البيولوجي، مع حدوث آثار متتالية على الوظيفة البيئية الطبيعية لما يرتبط بها من نظم إيكولوجية أخرى لمصابّ الأنهار ونظم إيكولوجية ساحلية، ومن ثم تؤثر على ما لا يقل عن ثلاث خدمات بالغة الأهمية للنظام الإيكولوجي: عدد أنشطة صيد الأسماك القادرة على البقاء (انخفاض بنسبة 33 في المائة)؛ وتوفير موائل للتفريخ (انخفاض بنسبة 69 في المائة)؛ وخدمات إزالة السموم التي تقدمها الأراضي الرطبة (انخفاض بنسبة 63 في المائة) (Worm and others 2006؛ و Barbier and others, 2011).

2-1-3 - الآثار على مجموعات اللافقاريات والأسماك في الموائل المجاورة

إن ارتفاع الإنتاجية الأولية وتعقيد الموائل في غابات المانغروف يجعلانها مناطق هامة ليرقات وصغار اللافقاريات والأسماك (Saenger and others, 2012؛ و Lee and others, 2014). وتحتاج بعض أنواع القشريات والأسماك التي تعيش في الأنهار ومياه المحيطات في عرض البحر أو الشعاب المرجانية إلى أشجار المانغروف من أجل التوالد و/أو نمو صغارها (Sheaves and others, 2012؛ و Bertini and others, 2014؛ و Hogarth, 2015). وبعض القشريات والرخويات التي تعتمد على أشجار المانغروف، تكتسي، بالإضافة إلى أهميتها البيئية، قيمة اقتصادية وثقافية عالية في عدة بلدان (Abdullah and others, 2016؛ و Beitl, 2018؛ و Figueira and others, 2020). وفي السنوات الأخيرة، أُحرز تقدم كبير في التنقيب الأحيائي عن الميكروبات المشتقة من أشجار المانغروف (Mitra, 2020b)، والإنتاج الأولي للكائنات الدقيقة القاعية في غابات المانغروف (Kwon and others, 2020).

2-1-4 - انخفاض الحماية الساحلية

يمكن لأشجار المانغروف أن تخفف بشكل مباشر من حدة الأمواج، ومن ثم تعزز القدرة على المقاومة في مواجهة طاقة الأمواج، بالنظر إلى كثافة جذوعها ونظم الجذور، مثل الجذور التنفسية أو الجذور الداعمة. ونظمها الجذرية المعقدة، التي تعد مهمة لتثبيت الرواسب، تقلل أيضا من آثار العواصف العاتية وموجات التسونامي في البر (Marois and Mitch, 2015؛ و Sheng and Zou, 2017). وفُقد حاجز المانغروف الواقي في فييت نام في العقود الأخيرة، وذلك في البداية بسبب إزالة الأعشاب باستخدام مبيدات الأعشاب، وبعد

ذلك بسبب التحول إلى تربية الأحياء المائية والتنمية الساحلية (Phan and others, 2015؛ Thinh and Hens, 2017؛ Truong and others, 2017؛ Fagherazzi and others, 2017؛ و Veettil and others, 2019).

5-1-2 - إزاحة مستنقعات المياه المالحة

جاء توسع أشجار المانغروف باتجاه القطب واليابسة نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر على حساب مستنقعات المياه المالحة، وقد سُجِّلت هذه الظاهرة بالفعل في عدة مناطق (Record and others, 2013؛ و Saintilan and others, 2014، و Kelleway and others, 2016؛ و Hickey and others, 2017؛ و Feller and others, 2017؛ و Osland and others, 2017). وتواصل أشجار المانغروف التوسع في مناطق المستنقعات المالحة المجاورة حيث يلتقي النوعان من الأراضي الرطبة (Yando and others, 2016؛ و Pérez and others, 2017)، مما يمكن أن يؤدي إلى مزيد من تخزين الكربون، وكذلك إلى حدوث تغيرات في الكائنات الحيوانية المرتبطة بها (Smee and others, 2017)، على الرغم من أنه في بعض الحالات لا يزال من غير الواضح ما إذا كان ذلك نتيجة لتغير المناخ أو لأسباب أخرى بشرية المنشأ (Boon, 2017).

3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

تؤدي أشجار المانغروف دوراً ثقافياً واجتماعياً اقتصاديا هاماً للمجتمعات المحلية التي تعيش في المناطق المدارية (Walters and others, 2008؛ و UNEP, 2014). وقُدِّرت قيمة خدمات النظم الإيكولوجية التي تقدمها غابات المانغروف والمستنقعات المتأثرة بالحركة المدية على الصعيد العالمي بـ 19,4 دولارا لكل كيلومتر مربع في السنة (Costanza and others, 2014). وترتبط عواقب تدمير غابات المانغروف أساسا، ولكن ليس حصرا، بفقدان التنوع البيولوجي والآثار ذات الصلة المترتبة على صيد الأسماك والرخويات واللافقاريات، وبانخفاض الحماية الساحلية، مما يؤثر على المنشآت الساحلية والموائل البحرية المجاورة (Bertini and others, 2014؛ و Hogarth, 2015؛ و Sheng and Zou, 2017).

وسيؤدي انخفاض مساحة المانغروف إلى انخفاض في الإنتاج الأولي للمانغروف والتنوع البيولوجي ووفرة الكائنات الحيوانية المرتبطة بها، ومن ثم، سيؤثر على أنشطة صيد الأسماك الساحلية وفي عرض البحر. وأظهر تحليل تجميعي عالمي يهدف إلى اختبار العلاقة بين أشجار المانغروف والمصيد من الموارد السمكية البحرية بشكل رسمي وإحصائي أن أشجار المانغروف لها تأثير قوي على المصيد من الأسماك في مجموعة متنوعة من بيئات المانغروف في جميع أنحاء العالم (Carrasquilla-Henau and Juanes, 2017). وتشير التقديرات إلى أن كل هكتار من أشجار المانغروف يُنتج أسماكا تتراوح قيمتها بين 0,2 و 305 12 من الدولارات وأنواعا مختلطة تتراوح قيمتها بين 17,5 و 412 3 من الدولارات (Hutchinson and others, 2014b).

وقد أظهرت الدراسات أن أشجار المانغروف قادرة على حماية المناطق والموائل الساحلية (الشعاب المرجانية و/أو مروج الأعشاب البحرية) من الأمواج والأعاصير وأمواج التسونامي والفيضانات (Marois and Mitsch, 2015؛ و Sheng and Zou, 2017؛ و Veettil and others, 2019). وسيؤدي تجزؤ أشجار المانغروف إلى تراجع دورها في حماية المناطق الساحلية (Lee and others, 2019). ويمكن لحاجز مكتمل تماماً من أشجار المانغروف أن يخفض طاقة الأمواج بنسبة 20 في المائة لكل 100 متر من أشجار المانغروف (Mazda and others, 2006). ولغابات المانغروف أيضا تأثير كبير على مدى الغمر والأضرار الناجمة عن الفيضانات الساحلية. وتشير التقديرات إلى أنه إذا فُقدت جميع

أشجار المانغروف، فإن 18 مليون شخص إضافي سيتعرضون للفيضانات كل عام في المتوسط، بزيادة قدرها 40 في المائة تقريبا، وستزيد الأضرار السنوية التي تلحق بالممتلكات بنسبة 16 في المائة وبمقدار 82 بليون دولار (Reguero and others, 2018).

ولا تزال آثار التوسع المتوقع في انتشار أشجار المانغروف غير مفهومة بشكل جيد. وقد أظهرت دراسات النمذجة أن تغير المناخ سيسبب تحولات في نطاق توزع الأنواع، إذ سيوسع مدى التوزيع الجغرافي لبعض الأنواع، ويعزز عدد الأنواع الموجودة في بعض المناطق (Record and others, 2013؛ و Saintilan and others, 2014, 2019؛ و Simard and others, 2018). وقد تؤدي التغيرات إلى زيادة الإنتاج الأولي وتعقيد الموائل في المناطق الساحلية الخالية حالياً من المانغروف، وقد يؤدي ذلك بدوره إلى إتاحة بيئة ملائمة للتنوع البيولوجي المحلي، وأنشطة الصيد، وحماية السواحل (Lee and others, 2014).

وغالباً ما تتناقض الدراسات المحلية بشأن احتجاز الكربون في غابات المانغروف مع النماذج الإقليمية للاستجابة المحتملة للكربون (Hayes and others, 2017؛ و Sasmito and others, 2020). وعلى مدى فترات زمنية قصيرة، قد يصعب تحديد ما تقدمه أشجار المانغروف التي يتسع نطاق توزعها من مساهمة كبرى على صعيد تخزين الكربون الأزرق (Rogers and others, 2019a)، لكن على مدى فترات زمنية أطول، يبدو أن ارتفاع مستوى سطح البحر يزيد من احتجاز الكربون تحت سطح الأرض في الأراضي الرطبة الساحلية (Krauss and others, 2017؛ و Rogers and others, 2019b). ولا تستند إدارة مناطق المانغروف دائماً إلى نتائج البحوث؛ وغالبا ما يرى مديرو المواقع أن الاضطرابات البشرية المنشأ هي التهديدات الرئيسية، في حين أن معظم البحوث يركز في المقابل على عوامل الاضطرابات الطبيعية، بما في ذلك تغير المناخ وارتفاع مستوى سطح البحر (Canty and others, 2018). وعلى الرغم من أن ارتفاع مستوى سطح البحر طالما اعتُبر تهديداً رئيسياً لشواطئ المانغروف (Lovelock and others, 2015)، فقد أصبح من الواضح أن الترسب السريع تحت أشجار المانغروف يمكن أن يعوض هذه الآثار، على الأقل جزئيا (Woodroffe and others, 2016؛ و Schuerch and others, 2018).

وتكتسي أشجار المانغروف، التي لها صلة قوية بأنشطة الصيد الساحلية، أهمية خاصة بالنسبة للهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة (الحياة تحت الماء)[1]. ويمكن أن تساهم أشجار المانغروف أيضاً في تحقيق أهداف أخرى، بما في ذلك الهدف 2 (القضاء على الجوع) والهدف 13 (تغير المناخ) من أهداف التنمية المستدامة، من خلال توفير خدمات النظم الإيكولوجية مثل أماكن صيد الأسماك، واحتجاز الكربون وتخزينه (Friess and others, 2019b). ومن المتوقع أن تستفيد المجتمعات المحلية التي تستمد سبل العيش المباشرة وغير المباشرة من أشجار المانغروف من تحقيق عدد من الأهداف الأخرى، بما في ذلك الهدف 1 (القضاء على الفقر)، والهدف 11 (المدن والمجتمعات المحلية المستدامة)، والهدف 15 (الحياة على الأرض) من أهداف التنمية المستدامة.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

إن المساحة التي تشغلها أشجار المانغروف آخذة في التناقص على الصعيد العالمي، حسبما ورد في الفروع السابقة، ويترتب على ذلك آثار اقتصادية وإيكولوجية واجتماعية خطيرة (Lee and others, 2014؛ و Branoff, 2017؛ و Saifullah, 2017؛ و Romañach and others, 2018؛ و Mitra, 2020a). وقد تعرضت

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

غابات المانغروف للتهديد في جميع أنحاء العالم، ويرجع ذلك أساسا إلى الآثار البشرية المنشأ، بما في ذلك قطع الأشجار، والتحول إلى تربية الأحياء المائية والاستخدام الزراعي، والتوسع الحضري، والتلوث، وتغير المناخ (UNEP, 2014؛ و Ward and others, 2016؛ و Thomas and others, 2018).

وفي الأعمال الأساسية التي حذرت من "عالم مجرد من أشجار المانغروف"، تنبأ ديوك وآخرون (Duke and others (2007)) بأن العالم قد يُحرم من أشجار المانغروف ومن خدماتها الإيكولوجية بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين، إذا لم يتم اتخاذ أي تدابير. بيد أنه منذ ذلك الحين، تم بذل جهود جبارة، بما في ذلك العمل على الصعيد المحلي وإبرام الاتفاقات الدولية، من أجل إعادة تأهيل وزرع أشجار المانغروف (Feller and others, 2017). وعلى الصعيد العالمي، انخفضت معدلات فقدان أشجار المانغروف بشكل كبير (Friess and others, 2019b). وأثارت هذه النتائج تكهنات بأن الحفاظ على أشجار المانغروف ربما تحول من منظور متشائم إلى منظور أكثر تفاؤلاً (Friess and others, 2020).

وعلى الرغم من النجاحات الأخيرة في مجال حفظ أشجار المانغروف، فلا يزال من السابق لأوانه افتراض حدوث انخفاض عام في فقدان هذه الأشجار، بالنظر إلى وجود اختلاف في التقدم في جميع أنحاء العالم. وفي بعض بلدان جنوب شرق آسيا، دُمرت أشجار المانغروف بمعدلات تتراوح بين 0,70 و 0,41 في المائة سنوياً (Friess and others, 2019b). كما بدأت تظهر حدود جديدة لإزالة الغابات في مناطق لم تشهد من قبل خسائر كبيرة في أشجار المانغروف، ولا سيما في جنوب شرق آسيا وغرب أفريقيا (Friess and others, 2020).

وقد ساعدت مختلف أدوات سياسات الحفظ الوطنية والدولية على الحد من فقدان أو زيادة مساحة المانغروف في بعض البلدان (Ferreira and Lacerda, 2016؛ و Friess and others, 2019a, 2020). ففي البرازيل، على سبيل المثال، لم تتغير نسبة 75 في المائة من أشجار المانغروف لمدة عقدين أو أكثر؛ وظلت نسبة 10 في المائة منها مستقرة لمدة عقد واحد أو عقدين، وظلت نسبة 15 في المائة منها مستقرة لمدة 10 سنوات أو أقل (Diniz and others, 2019). وأظهر تحليل لبيانات "لاندسات" المتعددة الفترات الزمنية (الأعوام 1972 و 2000 و 2013) أن المساحة التي تغطيها أشجار المانغروف في البحر الأحمر قد زادت بنسبة 0,29 في المائة سنوياً، مع توسع إجمالي بنسبة 12 في المائة على مدى 41 سنة من عام 1972 إلى عام 2013 (Almahasheer and others, 2016).

وفي بعض المناطق، بالإضافة إلى إعادة التأهيل بمساعدة الإنسان، سُجلت زيادات طبيعية في أشجار المانغروف. وأعيد أكثر من 15 في المائة من أشجار المانغروف التي أُزيلت في جنوب شرق آسيا بين عامي 2000 و 2012 إلى منطقة أشجار المانغروف (Friess and others, 2019b)، وذلك جزئيا عن طريق التوطين الطبيعي. وأدى التوطين العرضي لأشجار المانغروف أيضاً إلى زيادة المساحة التي تشغلها على الساحل الشمالي لأمريكا الجنوبية (Gardel and others, 2011) وعلى ساحل فيرث أوف ثيمز في نيوزيلندا (Swales and others, 2015).

وأسهم تغير المناخ، ولا سيما ارتفاع درجات الحرارة، والانخفاض في ظواهر درجات الحرارة المنخفضة وظواهر التجمد، والتغيرات في توافر المياه (Saintilan and others, 2014؛ و Cavanaugh and others, 2014)، في توسع أشجار المانغروف نحو القطبين، على نحو ما سُجّل سابقا في أستراليا وبيرو وجنوب أفريقيا والصين والمكسيك (ساحل المحيط الهادئ) والولايات المتحدة الأمريكية (ساحل المحيط الأطلسي) (Saintilan and others, 2014, 2019؛ و Cavanaugh and others, 2014؛ و Osland and others, 2017؛ و Smee and others, 2017). وعلى الرغم من أن الزيادات في مساحة المانغروف عند حدود نطاق توزّعها لا يُرجّح أن تؤدي إلى زيادة كبيرة في مساحة المانغروف الإجمالية على الصعيد العالمي، فإنها يمكن أن تسهم بشكل كبير في مدى انتشار المانغروف في تلك المناطق (Friess and others, 2019a).

5 - آفاق المستقبل

استنادا إلى المعلومات المتاحة حاليا، يمكن التنبؤ باستمرار انخفاض مناطق المانغروف، نظرا لاستمرار الأعمال البشرية التي أدت إلى فقدان غابات المانغروف في معظم المناطق حول العالم (Friess and others, 2020). وفي المناطق التي يجري فيها تنفيذ مبادرات لإعادة التحريج وتدابير للإدارة والحفظ، قد يحدث انخفاض في سرعة تدمير أشجار المانغروف.

ونتيجة لزيادة تدمير غابات المانغروف، يُتوقع أن يحدث انخفاض في الإنتاجية في مناطق مصابّ الأنهار، وسيكون لذلك تداعيات متتالية. وبناء على ذلك، من المرجح أن يستمر فقدان التنوع البيولوجي في المناطق الساحلية، بما في ذلك أشجار المانغروف، ومروج الأعشاب البحرية، والشعاب المرجانية. وبالنظر إلى الدور الذي تلعبه أشجار المانغروف كأماكن تفريخ للافقاريات والأسماك، يمكن أن يُتوقع انخفاض في الأرصدة السمكية وذلك في مصيد الأسماك والقشريات والرخويات من المصائد الساحلية وحتى تلك الواقعة في عرض البحر (El-Regal and Ibrahim, 2014). وقد يؤدي ذلك إلى زيادة في الخسائر الاقتصادية الناجمة عن عدم وجود أشجار المانغروف.

كما أن تدمير أشجار المانغروف كلياً أو جزئياً (فقدان الهياكل)، سواء كان ذلك طبيعياً، عقب انخساف التربة المتصل بالزلازل مثلا (Albert and others, 2017)، أو بسبب أنشطة بشرية، سيقلل من وظيفتها في حماية السواحل. ومن المرجح أن يزيد فقدان أشجار المانغروف من الأضرار الناجمة عن الأعاصير (Cavanaugh and others, 2014؛ و Asbridge and others, 2018؛ و Montgomery and others, 2019؛ و Zhang and others, 2020)، ومن أمواج التسونامي والفياضانات (Asbridge and others, 2016؛ و Menéndez and others, 2020)، مما يزيد التكاليف المرتبطة بإعادة بناء وصيانة المرافق الساحلية، كما يزيد من التهديد المحدق بحياة السكان الذين يعيشون قرب الشواطئ.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف ومجال بناء القدرات

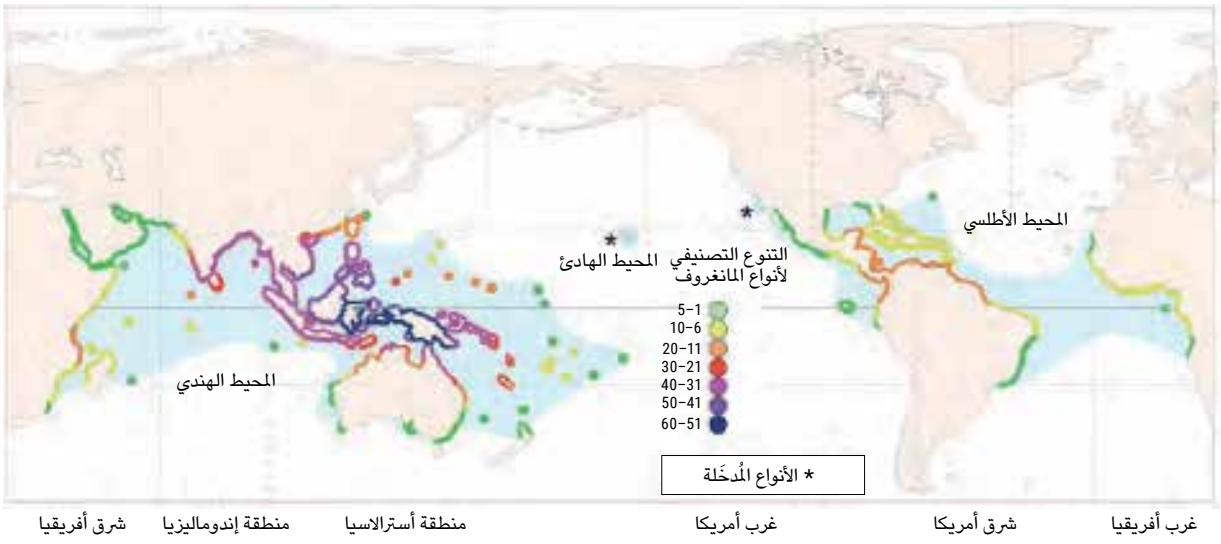
وُضعت مجموعة من المنهجيات الجديدة لدراسة غابات المانغروف، ومنها استخدام أجهزة الاستشعار الأرضية والمحمولة جواً والساتلية (Kamal and Phinn, 2011؛ و Koedsin and Vaiphasa, 2013؛ و Zhu and others, 2015؛ و Mackenzie and others, 2016؛ و Olagoke and others, 2016؛ و Duncan and others, 2017؛ و Owers and others, 2018؛ و Warfield and Leon, 2019؛ و Wang and others, 2020). ولكن لا يزال هناك نقص في الدراسات الاستقصائية الموثوقة عن حالة أشجار المانغروف على الصعيدين العالمي والإقليمي، وتفتقر أساليب تقييم أشجار المانغروف إلى التوحيد. وعلى الرغم من أن هناك محاولة في الآونة الأخيرة لمعالجة هذه الثغرات المعرفية، لا سيما في أمريكا الجنوبية وجنوب شرق آسيا، فلا بد من إجراء مزيد من البحوث لتمكين الباحثين من تحديد العمليات التي تؤثر على كل من قابلية التأثر بتغير المناخ والقدرة على التكيف معه (Ward and others, 2016). وتتجلى هذه الثغرة أكثر في أفقر البلدان النامية.

وهناك دراسات قليلة مفصلة (فئات تصنيفية منفصلة، ومقاييس زمنية ومكانية كبيرة) تُبين الترابط بين غابات المانغروف والتنوع البيولوجي للبيئات الساحلية المجاورة، والآليات التي ينطوي عليها هذا الترابط (Saunders and others, 2014). وينبغي إجراء مزيد من البحوث بشأن استدامة هذه الموائل وترابطها (المستنقعات والأعشاب البحرية والشعاب المرجانية) وبين أشجار المانغروف والمصيد من موارد الصيد

البحري (الساحلية والمحيطية) من أجل زيادة قدرات المسؤولين عن إدارة السواحل وتمكين المجتمعات المحلية من المحافظة على هذه الموارد بمزيد من الفعالية.

ولا تزال هناك ثغرة فيما يتعلق ببناء القدرات في مجال استعادة أشجار المانغروف المتدهورة وأحواض تربية الأحياء المائية المهجورة داخل مناطق المانغروف السابقة (Paul and others, 2017؛ و Worthington and Spalding, 2018؛ و Van Bijsterveldt and others, 2020). وينبغي اعتماد مناطق لاستعادة المانغروف على نطاق أوسع؛ وفي بعض الحالات، كان الفضل في جهود الاستعادة يعود إلى الحوافز الاقتصادية أكثر منه إلى أهداف الحفظ (Aheto and others, 2016). ويمكن أن تؤدي إعادة التأهيل على نطاق أوسع إلى تحسين صحة غابات المانغروف في جميع أنحاء المنطقة المدارية.

التوزيع العالمي لغابات المانغروف (التظليل الأزرق) الذي يظهر التنوع كأعداد من أصنوفات معينة (الأنواع والأنواع الهجينة الاسمية)



المصدر: UNEP, 2014.

المراجع

Abdullah, Abu Nasar, and others (2016). Economic dependence on mangrove forest resources for livelihoods in the Sundarbans, Bangladesh. *Forests Policy and Economics*, vol. 64, pp. 15–24.

Aheto, Denis Worlanyo, and others (2016). Community-based mangrove forest management: implications for local livelihoods and coastal resource conservation along the Volta estuary catchment area of Ghana. *Ocean & Coastal Management*, vol. 127, pp. 43–54.

Albert, Simon, and others (2017). Winners and losers as mangrove, coral and seagrass ecosystems respond to sea-level rise in Solomon Islands. *Environmental Research Letters*, vol. 12, No. 9, 094009.

Almahasheer, Hanan, and others (2016). Decadal stability of Red Sea mangroves. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 169, pp. 164–172.

Alongi, Daniel M. (2008). Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 76, No. 1, pp. 1–13.

Asbridge, Emma, and others (2016). Mangrove response to environmental change in Australia's Gulf of Carpentaria. *Ecology and Evolution*, vol. 6, No. 11, pp. 3523–3539.

Asbridge, Emma, and others (2018). The extent of mangrove change and potential for recovery following severe Tropical Cyclone Yasi, Hinchinbrook Island, Queensland, Australia. *Ecology and Evolution*, vol. 8, No. 21, pp. 10416–10434.

Asbridge, Emma, and others (2019). Assessing the distribution and drivers of mangrove dieback in Kakadu National Park, northern Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 228, art. 106353.

Barbier, Edward B., and others (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, vol. 81, No. 2, pp. 169–193.

Beitl, Christine (2018). Rights-based Approaches in Ecuador's Fishery for Mangrove Cockles. In FAO Case Study for Tenure and User Rights in Fisheries (2018). *Proceedings*.

Bertini, Giovana, and others (2014). A test of large-scale reproductive migration in females of the amphidromous shrimp *Macrobrachium acanthurus* (Caridea: Palaemonidae) from south-eastern Brazil. *Marine and Freshwater Research*, vol. 65, No. 1, pp. 81–93.

Boon, Paul I. (2017). Are mangroves in Victoria (south-eastern Australia) already responding to climate change? *Marine and Freshwater Research*, vol. 68, No. 12, pp. 2366–2374.

Branoff, Benjamin L. (2017). Quantifying the influence of urban land use on mangrove biology and ecology: a meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 26, No. 11, pp. 1339–1356.

Bunting, Pete, and others (2018). The global mangrove watch – a new 2010 global baseline of mangrove extent. *Remote Sensing*, vol. 10, No. 10, art. 1669.

Canty, Steven W.J., and others (2018). Dichotomy of mangrove management: a review of research and policy in the Mesoamerican reef region. *Ocean & Coastal Management*, vol. 157, pp. 40–49.

Carrasquilla-Henao, Mauricio, and Francis Juanes (2017). Mangroves enhance local fisheries catches: a global meta-analysis. *Fish and Fisheries*, vol. 18, No. 1, pp. 79–93.

Cavanaugh, Kyle C., and others (2014). Poleward expansion of mangroves is a threshold response to decreased frequency of extreme cold events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 2, pp. 723–727.

Chen, Xiuhong, and others (2017). Running climate model on a commercial cloud computing environment: a case study using Community Earth System Model (CESM) on Amazon AWS. *Computers & Geosciences*, vol. 98, pp. 21–25.

Costanza, Robert, and others (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, vol. 26, pp. 152–158.

Diniz, Cesar, and others (2019). Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. *Remote Sensing*, vol. 11, No. 7, art. 808.

Donato, Daniel C., and others (2011). Mangroves among the most carbon–rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, vol. 4, No. 5, pp. 293–297.

Donato, Daniel C., and others (2012). Whole–island carbon stocks in the tropical pacific: implications for mangrove conservation and upland restoration. *Journal of Environmental Management*, vol. 97, pp. 89–96. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.12.004.

Duke, Norman C., and others (2007). A world without mangroves? *Science*, vol. 317, pp. 41–42.

Duke, Norman C., and others (2017). Large–scale dieback of mangroves in Australia's Gulf of Carpentaria: a severe ecosystem response, coincidental with an unusually extreme weather event. *Marine and Freshwater Research*, vol. 68, No. 10, pp. 1816–1829.

Duncan, Clare, and others (2017). Satellite remote sensing to monitor mangrove forest resilience and resistance to sea level rise. *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 9, No. 8, pp. 1837–52. https://doi.org/10.1111/2041–210X.12923.

El–Regal, Mohamed A. Abu, and Nesreen K. Ibrahim (2014). Role of mangroves as a nursery ground for juvenile reef fishes in the southern Egyptian Red Sea. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, vol. 40, No. 1, pp. 71–78.

Estrada, Gustavo C.D., and Mario L.G. Soares (2017). Global patterns of aboveground carbon stock and sequestration in mangroves. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 89, No. 2, pp. 973–989.

Fagherazzi, Sergio, and others (2017). Buried alive or washed away: the challenging life of mangroves in the Mekong Delta. *Oceanography*, vol. 30, No. 3, pp. 48–59.

Feller, Ilka C., and others (2017). The state of the world's mangroves in the 21st century under climate change. *Hydrobiologia*, vol. 803, No. 1, pp. 1–12.

Ferreira, Alexander Cesar, and Luiz Drude Lacerda (2016). Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. *Ocean & Coastal Management*, vol. 125, pp. 38–46.

Friess, Daniel A., and others (2019a). SDG 14: Life below Water – Impacts on Mangroves. In *Sustainable Development Goals: Their Impacts on Forests and People*, P. Katila and others, eds., pp. 445–481. Cambridge: Cambridge University Press.

Friess, Daniel A., and others (2019b). The state of the world's mangrove forests: past, present, and future. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 44, pp. 89–115.

Friess, Daniel A., and others (2020). Mangroves give cause for conservation optimism, for now. *Current Biology*, vol. 30, No. 4, pp. R153–R154.

Gardel, Antonie, and others (2011). Wave–formed mud bars: their morphodynamics and role in opportunistic mangrove colonization. *Journal of Coastal Research*, Special issue 64: Proceedings of the 11th International Coastal Symposium, pp. 384–387.

Giri, Chandra, and others (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 20, No. 1, pp. 154–159.

Gorelick, Noel, and others (2017). Google Earth Engine: Planetary–scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, vol. 202, pp. 18–27.

Hamilton, Stuart E., and Daniel Casey (2016). Creation of a high spatio–temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC–21). *Global Ecology and Biogeography*, vol. 25, No. 6, pp. 729–738.

Hamilton, Stuart E., and Daniel A. Friess (2018). Global carbon stocks and potential emissions due to mangrove deforestation from 2000 to 2012. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 3, pp. 240–244.

Hayes, Matthew A., and others (2017). Dynamics of sediment carbon stocks across intertidal wetland habitats of Moreton Bay, Australia. *Global Change Biology*, vol. 23, No. 10, pp. 4222–4234.

Hickey, Sharyn M., and others (2017). Is climate change shifting the poleward limit of mangroves? *Estuaries and Coasts*, vol. 40, No. 5, pp. 1215–1226.

Hogarth, Peter J. (2015). *The Biology of Mangroves and Seagrasses.* 3rd ed. Oxford University Press.

Horstman, Erik M., and others (2018). The dynamics of expanding mangroves in *New Zealand. Threats to Mangrove Forests: Hazards, Vulnerability, and Management*, C. Makowski and C.W. Finkl, eds., pp. 23–52. Springer.

Hutchison, James, and others (2014a). Predicting global patterns in mangrove forest biomass. *Conservation Letters*, vol. 7, No. 3, pp. 233–240.

Hutchison, James, and others (2014b). *The Role of Mangroves in Fisheries Enhancement*. The Nature Conservancy and Wetlands International.

Jayakumar, K. (2019). Chapter 15 – Managing Mangrove Forests Using Open Source–Based WebGIS. In *Coastal Management*, R.R. Krishnamurthy, and others, eds., pp. 301–21. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810473-6.00016-9.

Kamal, Muhammad, and Stuart Phinn (2011). Hyperspectral data for mangrove species mapping: a comparison of pixel–based and object–based approach. *Remote Sensing*, vol. 3, No. 10, pp. 2222–2242.

Kauffman, J. Boone, and others (2018). Carbon stocks of mangroves and salt marshes of the Amazon region, Brazil. *Biology Letters*, vol. 14, No. 9, 20180208. https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0208.

Kelleway, Jeffrey J., and others (2016). Seventy years of continuous encroachment substantially increases 'blue carbon' capacity as mangroves replace intertidal salt marshes. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 3, pp. 1097–1109.

Kwon, Bong–Oh, and others (2020). Spatiotemporal variability in microphytobenthic primary production across bare intertidal flat, saltmarsh, and mangrove forest of Asia and Australia. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 151, p. 110707

Koedsin, Werapong, and Chaichoke Vaiphasa (2013). Discrimination of tropical mangroves at the species level with EO–1 Hyperion data. *Remote Sensing*, vol. 5, No. 7, pp. 3562–3582.

Krauss, Ken W., and others (2017). Created mangrove wetlands store belowground carbon and surface elevation change enables them to adjust to sea–level rise. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, pp. 1–11.

Lagomasino, David, and others (2019). Measuring mangrove carbon loss and gain in deltas. *Environmental Research Letters*, vol. 14, No. 2, 025002.

Lee, Shing Yip, and others (2014). Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 23, No. 7, pp. 726–43. https://doi.org/10.1111/geb.12155.

Lee, Shing Yip, and others (2019). Better restoration policies are needed to conserve mangrove ecosystems. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 3, No. 6, pp. 870–872.

Leo, Kelly L., and others (2019). Coastal habitat squeeze: a review of adaptation solutions for saltmarsh, mangrove and beach habitats. *Ocean & Coastal Management*, vol. 175, pp. 180–190.

Li, Mingshi S., and others (2013). Change and fragmentation trends of Zhanjiang mangrove forests in southern China using multi–temporal Landsat imagery (1977–2010). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 130, pp. 111–120.

Lovelock, Catherine E., and others (2015). The vulnerability of Indo–Pacific mangrove forests to sea–level rise. *Nature*, vol. 526, No. 7574, pp. 559–563.

Lucas, Richard and others (2018). Historical perspectives on the mangroves of Kakadu National Park. *Marine and Freshwater Research*, vol. 69, No. 7, pp. 1047–1063.

Lucas, Richard and others (2020). Structural characterisation of mangrove forests achieved through combining multiple sources of remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, vol. 237, p. 111543.

Lymburner, Leo, and others (2019). Mapping the multi–decadal mangrove dynamics of the Australian coastline. *Remote Sensing of Environment*, vol. 238, 111185.

MacKenzie, Richard A., and others (2016). Sedimentation and belowground carbon accumulation rates in mangrove forests that differ in diversity and land use: a tale of two mangroves. *Wetlands Ecology and Management*, vol. 24, No. 2, pp. 245–261.

Marois, Darryl E., and William J. Mitsch (2015). Coastal protection from tsunamis and cyclones provided by mangrove wetlands – a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, vol. 11, No. 1, pp. 71–83.

Mazda, Yoshihiro, and others (2006). Wave reduction in a mangrove forest dominated by *Sonneratia* sp. *Wetlands Ecology and Management*, vol. 14, No. 4, pp. 365–378.

McKee, Karen, and Jill E. Rooth (2008). Where temperate meets tropical: multi–factorial effects of elevated CO_2, nitrogen enrichment, and competition on a mangrove–salt marsh community. *Global Change Biology*, vol. 14, No. 5, pp. 971–984.

Menéndez, Pelayo, and others (2020). The global flood protection benefits of mangroves. *Scientific Reports*, vol. 10, No. 1, pp. 1–11.

Mitra, Abhijit (2020a). Mangroves: A Natural Ecosystem of Cultural and Religious Convergence. In *Mangrove Forests in India*, pp. 337–352. Cham, Switzerland: Springer.

_____ (2020b). Ecosystem services of mangroves: an overview. In *Mangrove Forests in India*, pp. 1–32. Cham, Switzerland: Springer.

Montgomery, John M., and others (2019). Attenuation of storm surges by coastal mangroves. *Geophysical Research Letters*, vol. 46, No. 5, pp. 2680–2689.

Olagoke, Adewole, and others (2016). Extended biomass allometric equations for large mangrove trees from terrestrial LiDAR data. *Tree*, vol. 30, No. 3, pp. 935–947.

Osland, Michael J. (2017). Mangrove expansion and contraction at a poleward range limit: climate extremes and land–ocean temperature gradients. *Ecology*, vol. 98, No. 1, pp. 125–137.

Owers, Christopher J., and others (2018). Terrestrial laser scanning to quantify above–ground biomass of structurally complex coastal wetland vegetation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 204, pp. 164–176.

Paul, Ashis K., and others (2017). Mangrove degradation in the Sundarbans. In *Coastal Wetlands: Alteration and Remediation*, pp. 357–392. Springer.

Pérez, Alexander, and others (2017). Changes in organic carbon accumulation driven by mangrove expansion and deforestation in a New Zealand estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 192, pp. 108–116.

Phan, Linh K., and others (2015). Coastal mangrove squeeze in the Mekong Delta. *Journal of Coastal Research*, vol. 31, No. 2, pp. 233–243.

Record, S., and others (2013). Projecting global mangrove species and community distributions under climate change. *Ecosphere*, vol. 4, No. 3, art. 34. https://doi.org/10.1890/ES12-00296.1.

Richards, Daniel R., and Daniel A. Friess (2016). Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000–2012. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, No. 2, pp. 344–349.

Rioja–Nieto, Rodolfo, and others (2017). Environmental drivers of decadal change of a mangrove forest in the North coast of the Yucatan peninsula, Mexico. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 21, No. 1, pp. 167–175.

Rog, Stefanie M., and others (2016). More than marine: revealing the critical importance of mangrove ecosystems for terrestrial vertebrates. *Diversity and Distributions*, vol. 23, No. 2, pp. 221–230.

Rogers, Kerrylee, and others (2019a). Mangrove dynamics and blue carbon sequestration. *Biology Letters*, vol. 15, No. 3, 20180471.

Rogers, Kerrylee, and others (2019b). Wetland carbon storage controlled by millennial–scale variation in relative sea–level rise. *Nature*, vol. 567, No. 7746, pp. 91–95.

Romañach, Stephanie S., and others (2018). Conservation and restoration of mangroves: global status, perspectives, and prognosis. *Ocean & Coastal Management*, vol. 154, pp. 72–82. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.01.009.

Rosa Filho, José Souto, and others (2018). Benthic Estuarine Assemblages of the Brazilian North Coast (Amazonia Ecoregion). In *Brazilian Estuaries: A Benthic Perspective*, Paulo da Cunha Lana and Angelo Fraga Bernardino, eds., pp. 39–74. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978–3–319–77779–5_2.

Rovai, André S., and others (2018). Global controls on carbon storage in mangrove soils. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 6, pp. 534–538.

Saenger, Peter, and others (2012). *A Review of Mangrove and Seagrass Ecosystems and Their Linkage to Fisheries and Fisheries Management*. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Saifullah, S.M. (2017). The effect of global warming (climate change) on mangroves of Indus Delta with relevance to other prevailing anthropogenic stresses a critical review. European Academic Research, vol. 5, pp. 2110–2138.

Saintilan, Neil, and others (2014). Mangrove expansion and salt marsh decline at mangrove poleward limits. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 1, pp. 147–157.

Saintilan, Neil, and others (2019). Climate change impacts on the coastal wetlands of Australia. *Wetlands*, vol. 39, No. 6, pp. 1145–1154.

Sasmito, Sigit D., and others (2020). Mangrove blue carbon stocks and dynamics are controlled by hydrogeomorphic settings and land–use change. *Global Change Biology*, vol. 26, No. 5, pp. 3028–3039.

Saunders, Megan I., and others (2014). Interdependency of tropical marine ecosystems in response to climate change. *Nature Climate Change*, vol. 4, No. 8, pp. 724–729.

Schaeffer–Novelli, Yara, and others (2016). Climate changes in mangrove forests and salt marshes. *Brazilian Journal of Oceanography*, vol. 64, No. Spe2, pp. 37–52.

Sheaves, Marcus, and others (2012). Importance of estuarine mangroves to juvenile banana prawns. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 114, pp. 208–219.

Sheng, Y. Peter, and Ruizhi Zou (2017). Assessing the role of mangrove forest in reducing coastal inundation during major hurricanes. *Hydrobiologia*, vol. 803, No. 1, pp. 87–103.

Simard, Marc, and others (2018). Mangrove canopy height globally related to precipitation, temperature and cyclone frequency. *Nature Geoscience*, vol. 12, No. 1, pp. 40–45.

Sippo, James Z., and others (2018). Mangrove mortality in a changing climate: an overview. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 215, pp. 241–249.

Smee, Delbert L., and others (2017). Mangrove expansion into salt marshes alters associated faunal communities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 187, pp. 306–313.

Spalding, Mark (2010). *World Atlas of Mangroves*. Routledge.

Spalding, M.D., and others (1997). *World Mangrove Alias*. Okinawa, Japan: The International Society for Mangrove Ecosystems.

Swales A., and others (2015). Mangrove–forest evolution in a sediment–rich estuarine system: opportunists or agents of geomorphic change? *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 40, No. 1, pp. 1672–1687.

Tang, Wenwu, and others (2018). Big geospatial data analytics for global mangrove biomass and carbon estimation. *Sustainability*, vol. 10, No. 2, art. 472.

Thinh, Nguyen An, and Luc Hens (2017). A Digital Shoreline Analysis System (DSAS) applied on mangrove shoreline changes along the Giao Thuy coastal area (Nam Dinh, Vietnam) during 2005–2014. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, vol. 39, No. 1, pp. 87–96.

Thomas, Nathan, and others (2018). Mapping mangrove extent and change: a globally applicable approach. *Remote Sensing*, vol. 10, No. 9, art. 1466.

Tomlinson, P. Barry (2016). *The Botany of Mangroves*. 2nd ed. Cambridge University Press.

Truong, Son Hong, and others (2017). Estuarine mangrove squeeze in the Mekong Delta, Vietnam. *Journal of Coastal Research*, vol. 33, No. 4, pp. 747–763.

Twilley, Robert R., and others (2018). Coastal morphology explains global blue carbon distributions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 16, No. 9, pp. 503–508.

United Nations (2017a). Chapter 48: Mangroves. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2014). The Importance of Mangroves to People: A Call to Action. Hanneke van Lavieren and others, eds. Cambridge: United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre.

Van Bijsterveldt, Celine E.J., and others (2020). How to restore mangroves for greenbelt creation along eroding coasts with abandoned aquaculture ponds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 235, art. 106576. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106576.

Walters, Bradley B., and others (2008). Ethnobiology, socio–economics and management of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany*, vol. 89, No. 2, pp. 220–236.

Wang, Dezhi, and others (2020). Estimating aboveground biomass of the mangrove forests on northeast Hainan Island in China using an upscaling method from field plots, UAV–LiDAR data and Sentinel–2 imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 85, 101986.

Ward, Raymond D., and others (2016). Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosystem Health and Sustainability*, vol. 2, No. 4, art. e01211.

Warfield, Angus D., and Javier X. Leon (2019). Estimating Mangrove Forest Volume Using Terrestrial Laser Scanning and UAV–Derived Structure–from–Motion. *Drones*, vol. 3, No. 2, art. 32.

Woodroffe, Colin D., and others (2016). Mangrove sedimentation and response to relative sea–level rise. *Annual Review of Marine Science*, vol. 8, pp. 243–266.

Worm, Boris, and others (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, vol. 314, No. 5800, pp. 787–790.

Worthington, Thomas, and Mark Spalding (2018). *Mangrove Restoration Potential: A Global Map Highlighting a Critical Opportunity*.

Yando, Erik S., and others (2016). Salt marsh–mangrove ecotones: using structural gradients to investigate the effects of woody plant encroachment on plant–soil interactions and ecosystem carbon pools. *Journal of Ecology*, vol. 104, No. 4, pp. 1020–1031.

Zhang, Caiyun, and others (2020). Modelling risk of mangroves to tropical cyclones: a case study of Hurricane Irma. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 224, pp. 108–116.

Zhang, Yihui, and others (2012). Interactions between mangroves and exotic *Spartina* in an anthropogenically disturbed estuary in southern China. *Ecology*, vol. 93, No. 3, pp. 588–597.

Zhu, Yuanhui, and others (2015). Retrieval of mangrove aboveground biomass at the individual species level with worldview–2 images. *Remote Sensing*, vol. 7, No. 9, pp. 12192–12214.

الفصل 7 طاء

مستنقعات المياه المالحة

المساهمون: جوديث س. وايس (منظمة الاجتماعات)، ولويس م. بينهيرو، وكاثرين إ. أ. سيغارا.

النقاط الرئيسية

- مسنتقعات المياه المالحة، حسب تعريفها في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017) هي نظم ساحلية مدية يغمرها الملح أو الماء المائل إلى الملوحة بانتظام وتطغى عليها نباتات تتحمل الملوحة وتتكيف مع الغمر المنتظم أو العرضي بالمد.
- مستنقعات المياه المالحة هي بمثابة أماكن تعشيش وتفريخ وتغذية للعديد من أنواع الطيور والأسماك والرخويات والقشريات، بما في ذلك بعض الأنواع ذات الأهمية التجارية.
- مستنقعات المياه المالحة بالوعات "كربون أزرق" فعالة جدا، لأنها تعزل ثاني أكسيد الكربون بسبب ما تشهده من ارتفاع مستويات الإنتاج الأولي وانخفاض معدلات التحلل، ولكنها يمكن أن تنتج أيضا انبعاثات غازات الدفيئة.
- مناطق مستنقعات المياه المالحة آخذة في الانخفاض على الصعيد العالمي على الرغم من تدابير الوقاية المتخذة في العديد من المناطق.
- يشكل ارتفاع مستوى سطح البحر أكبر تهديد، ويجب أن تزيد المستنقعات ارتفاعها لمواكبة ارتفاع مستوى سطح البحر أو أن تنتقل إلى الداخل. ومنذ التقييم العالمي الأول، تحولت هذه القضية من قضية مستقبلية إلى واقع راهن. وإذا كانت تنمية السواحل أو القيود المفروضة على إمدادات الرواسب وتسليمها تجعل التكيف صعبا في كلتا الحالتين، تتحول مستنقعات المياه المالحة إلى مسطحات طينية ومياه مفتوحة.
- تبدو بالفعل علامات التشبع بالماء على العديد من المستنقعات في جميع أنحاء العالم، مما يدل على أنها لا ترتفع بسرعة كافية.
- تشير بعض الأدلة إلى أن المستنقعات التي فيها بعض النباتات المغيرة قد تكون أقدر على مواكبة ارتفاع مستوى سطح البحر.

1 - مقدمة

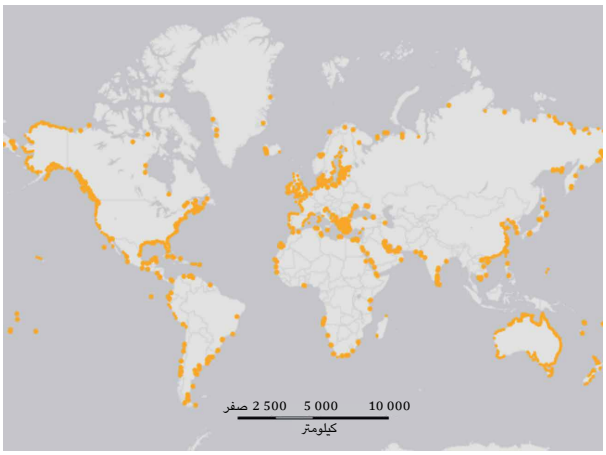
توجد مستنقعات المياه المالحة في كل قارة ما عدا أنتاركتيكا (Mcowen and others, 2017؛ وانظر الشكل أدناه). وهي أكثر انتشارا في المناخات المعتدلة منها في المناطق شبه المدارية والمناطق المدارية التي توجد فيها غابات المانغروف. ومستنقعات المياه المالحة نظم إيكولوجية عالية الإنتاجية توفر خدمات حيوية متعلقة بالنظم الإيكولوجية مثل حماية السواحل، ومنع التحات، وتدوير المغذيات، كما أنها موئل لمختلف أنواع الأسماك والطيور، وتوفر خدمات متصلة باحتجاز الكربون (Barbier and others, 2011).

ويشهد النطاق العالمي للمستنقعات المالحة تقلصا، ويرجع ذلك أساسا إلى ارتفاع مستوى سطح البحر، وإلى ازدياد تواتر العواصف الساحلية وشدتها (Cahoon, 2006؛ و Duarte and others, 2013). وانخفضت التغطية التاريخية العالمية بنسبة تتراوح بين 25 و 50 في المائة منذ عام 1980 (Crooks and others, 2011؛ و Duarte and others, 2008) بسبب عوامل عديدة، منها الردم لأغراض الزراعة والتنمية. وتبدي العديد من النظم الإيكولوجية المتبقية في الأراضي الرطبة علامات تدل على فرط المغذيات والتشبع بالمياه والأمراض (Short and others, 2016). وستتوقف الآثار على مستنقعات المياه المالحة إلى حد كبير على المعدل النسبي لارتفاع مستوى سطح البحر وعوامل أخرى، كتلك المذكورة أعلاه (Adam, 2002). وتتراجع مستنقعات المياه المالحة أمام أشجار المانغروف في مناطق توزعها عند خطوط العرض المنخفضة بسبب الاحترار

(Saintilan and others, 2014). وقد يؤدي توسع نطاق أشجار المانغروف وصولا إلى مستنقعات المياه المالحة إلى زيادة الحماية من العواصف وتخزين الكربون (Doughty and others, 2016) ولكنه قد يؤدي أيضا إلى انخفاض في موائل بعض الحيوانات.

ومستنقعات المياه المالحة نظم إيكولوجية ساحلية رئيسية توفر خدمات النظم الإيكولوجية للبشر، مثل الغذاء، والحماية من المد العاصفي والأمواج، بالتخفيف من الفيضانات (بسبب انخفاض ارتفاع الأمواج)، ومن خلال الحماية من الملوثات، واحتجاز "الكربون الأزرق". ووفقاً لماكريدي وآخرين ((2013) Macreadie and others)، يبدو أن دفن الكربون في مستنقعات المياه المالحة (حتى 9,6 ± 87,2 من تيراغرامات الكربون في السنة استناداً إلى التقييمات الأولية) يتجاوز ما هو عليه في الغابات المدارية المطيرة (53 من تيراغرامات الكربون في السنة)، على الرغم من أنها تحتل مساحة أصغر بكثير (0,1–2 في المائة). غير أن انبعاثات غازات الدفيئة يمكن أن تكون كبيرة أيضا في بعض المواقع، لا سيما في الأراضي الرطبة ذات الملوحة المنخفضة وذات المحتوى الكبير من المواد العضوية (Bartlett and others, 1987؛ و Poffenbarger and others, 2011؛ و Huertas and others, 2019). وفيما يتعلق بانبعاثات الميثان، يمكن للتدفقات عن طريق الفقاعات (الفوران) أن تؤدي أيضاً دوراً هاماً في المناطق الضحلة ذات التغيرات الكبيرة في المد والجزر، مما يعزز إطلاق الغاز في الجَزر، بسبب انخفاض ضغط المياه (Duarte and others, 2007؛ و Baulch and others, 2011؛ و Call and others, 2015؛ و Huertas and others, 2019). وتزداد احتمالات حدوث الاحترار العالمي نتيجة التدفقات الجوية لغازات الدفيئة، لا سيما الميثان وأكسيد النيتروز، أكثر منها نتيجة ثاني أكسيد الكربون (Duarte and others, 2007; Roughan and others, 2018). وقد تؤدي عوامل الإجهاد البشرية المنشأ، بما في ذلك تلوث المغذيات وتغيرات الملوحة، إلى زيادة تدفقات غازات الدفيئة في المستقبل (Chmura and others, 2016؛ و Yin and others, 2015؛ و Roughan and others, 2018؛ و Doroski and others, 2019).

التوزع العالمي لمستنقعات المياه المالحة



المصدر: بيانات مستمدة من ماكوين وآخرين (Mcowen and others, 2017). ملاحظة: تم توليدها باستخدام برمجية ArcGIS الإصدار 4.10.

وأفاد التقييم العالمي الأول بأن التهديدات الرئيسية التي تتعرض لها مستنقعات المياه المالحة هي استصلاح الأراضي، وتنمية السواحل، والجَرف، وارتفاع مستوى سطح البحر، وفرط المغذيات، وتبين أن ارتفاع مستوى سطح البحر هو أكبر تهديد متصل بالمناخ على المستنقعات المالحة. ووفقاً للادارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي التابعة للولايات المتحدة (2019)، ارتفع متوسط مستوى المياه في المحيط على صعيد العالم بمقدار 3,6 مليمترات سنوياً من الفترة من عام 2006 إلى عام 2015، وهو ما يزيد مرتين ونصف على متوسط المعدل السنوي المسجل خلال معظم القرن العشرين. وبنهاية القرن، من المرجح أن يرتفع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر بما لا يقل عن 0,3 متر فوق مستويات عام 2000، حتى لو اتبعت انبعاثات غازات الدفيئة مسارا منخفضا نسبيا في العقود المقبلة. ويتوقع نيكولز وآخرون ((1999) Nicholls and others) أن يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد إلى إزالة نسبة 46 في المائة من الأراضي الرطبة الساحلية في العالم. وتختلف درجات ارتفاع مستوى سطح البحر حسب المناطق ويمكن أن تتجاوز الاختلافات عن النطاق العالمي المتوسط المتوقع ±30 في المائة (Oppenheimer and others, in press). وقد تكون مستنقعات المياه المالحة قادرة على الانتقال إلى الداخل أو زيادة ارتفاعها في

مواجهة ارتفاع مستوى سطح البحر، ولكن ذلك يختلف باختلاف الظروف المحلية بما في ذلك انخساف التربة في بعض المناطق. ويُعزى انخساف التربة في المقام الأول إلى انسحاب المياه الجوفية ولكن يُعزى أيضا إلى إعادة تكيف التصحيح الإجهادي للتحركات الجليدية، وانضغاط التربة، وترسب المواد المستخدمة للردم (Eggleston and others, 2013). وقد تحول تنمية السواحل دون إجراء عملية منظمة لتعديل الخط الساحلي، إذ أنها تحد من المساحة الداخلية المتاحة للنقل. ويحدث هذا "الضغط الساحلي" عندما يرتفع مستوى سطح البحر إلى حد أقصى الجزر، بينما يُواجَهُ المد بواسطة الهياكل الساحلية (Doody, 2004). وقد أشار تحليل تجميعي أجراه كيروان وآخرون ((Kirwan and others (2016) إلى أن المستنقعات تتراكم عموماً بمعدلات مماثلة للارتفاع التاريخي لمستوى سطح البحر أو تتجاوزه، وأن النماذج القائمة على العمليات تتنبأ بمعدلات البقاء في إطار مجموعة واسعة من السيناريوهات المستقبلية المتصلة بمستوى سطح البحر. ويؤكدون أن ضعف المستنقعات غالبا ما يكون مبالغا فيه لأن أساليب التقييم لا تنظر في كثير من الأحيان في عمليات التغذية المرتدة التي تسرّع بناء التربة مع ارتفاع مستوى سطح البحر، واحتمال انتقال المستنقعات إلى الداخل، وهي ظاهرة أكدها تحليل عالمي أجراه روجرز وآخرون (Rogers and others (2019)) مؤخرا. ويقترن تعزيز معدلات التراكم هذه بتعزيز معدلات دفن الكربون، مما يشير إلى احتمال وجود انخفاض في معدل تغير المناخ (McTigue and others, 2019). وقد يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر أيضا إلى زيادة معدلات دفن الكربون. وخلص شنايدر وآخرون ((Scheider and others (2018) إلى أن فقدان المستنقعات تاريخيا في خليج تشيسابيك بالولايات المتحدة، عوّض عنه تحول المرتفعات إلى مستنقعات. وشدد سكوريتش وآخرون (Schuerch and others (2018)) على أهمية الحيز المتاح في المرتفعات ("حيز التسكين") لانتقال المستنقعات، الذي يتطلب عدم وجود بنية تحتية يبنيها الإنسان. ولو لم يكن الضغط الساحلي مشكلة، لكان انتقال المستنقعات إلى الداخل أسهل بكثير في معظم الأماكن ولكن يمكن أن تقيده المنحدرات الشديدة.

ومنذ التقييم العالمي الأول، أصبح فقدان المستنقعات أمام ارتفاع مستويات سطح البحر قضية راهنة وليست مستقبلية. وأدى استخدام جداول الارتفاعات السطحية وأدوات التقييم الحديثة لدراسة معدل تراكم المستقعات مقارنةً بارتفاع مستوى سطح البحر إلى توفير بيانات توثق هذا الفقدان. كما أن تقنيات الاستشعار عن بعد مثل أجهزة كشف المدى وتحديده بالضوء والتصوير الجوي تبين نطاق الخسائر، ويمكن استخدامها بشكل دوري لرصد معدلات التغير.

2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020

يشهد حجم المستقعات المالحة تقلصا على الصعيد العالمي. غير أن هناك اختلافات إقليمية، حيث إن معدل ارتفاع مستوى سطح البحر غير متطابق في جميع المواقع. وقام كروزبي وآخرون ((Crosby and others (2016) بتوليف البيانات المتاحة ووجدوا أن المعدل المحلي لارتفاع مستوى سطح البحر يتجاوز معدلات تراكم مستنقعات المياه المالحة في العديد من المواقع في أوروبا والولايات المتحدة، مما يشير إلى أنه حتى في أكثر السيناريوهات تفاؤلاً من بين سيناريوهات الانبعاثات التي وضعتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، ستتراكم نسبة 60 في المائة من المستنقعات التي تمت دراستها بمعدل أقل من معدل ارتفاع مستوى سطح البحر بحلول عام 2100. وتؤثر الزيادة الملحوظة في المد العاصفي في جميع أنحاء العالم خلال السنوات القليلة الماضية على مستوى المياه وملوحتها في مستنقعات المياه المالحة المدية، مما قد يؤثر بدوره على انبعاثات غازات الدفيئة (ثاني

أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز) من هذه المواقع (Capooci and others, 2019).

ولئن كان ارتفاع مستوى سطح البحر هو العامل الرئيسي المؤدي إلى فقدان الأراضي الرطبة، يمكن لفرط المغذيات أن يسهم أيضا في ذلك (Deegan and others, 2012). ويزيد فرط المغذيات من الكتلة الأحيائية السطحية، ويقلل من الكتلة الأحيائية الجذرية ويزيد من التحلل الجرثومي، مما يؤدي إلى عدم استقرار النبات، الذي يتسبب في انهيار ضفاف الجداول، مع تحويل مناطق المستنقعات إلى طين لا يحتوي على كائنات نباتية (انظر أيضا الفصل 10). وأدى الإفراط في صيد بعض أنواع الأسماك إلى زيادة عدد السرطانات العاشبة في المستنقعات (Sesarma reticulatum) التي تسبب استهلاكها لأعشاب المستنقعات في الموت التدريجي للمستنقعات في بعض المناطق (Bertness and others, 2014) (انظر أيضا الفصل 15 من هذا التقييم). كما أن موت الجذامير نتيجة التشبع بالمياه والجفاف هو المسؤول عن الموت التدريجي للمستنقعات في مناطق أخرى (Elmer and others, 2013). وتعتبر المستنقعات التي لا تتوفر فيها إمدادات كافية من الرواسب أكثر تأثرا بارتفاع مستوى سطح البحر (انظر الفصل 13).

ويؤثر فقدان المستنقعات الساحلية على بقية عناصر النظام البحري. ومع انخفاض المستنقعات، من المرجح أن تكون الإنتاجية العامة أقل في نظم مصاب الأنهار المرتبطة بها.

3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

خلص نارايان وآخرون (Narayan and others (2017)) إلى أن الأراضي الرطبة المدية في ولاية نيوجيرسي، بالولايات المتحدة الأمريكية، منعت أضرارا ناجمة عن الفيضانات قدرها 625 مليون دولار أمريكي في أعقاب إعصار ساندي. وبحسب تقديراتهم، فإن انخفاضا بنسبة 16 في المائة في الخسائر السنوية الناجمة عن الفيضانات يُعزى إلى المستنقعات المالحة، مع انخفاضات أكبر في المواقع الأقل ارتفاعا. وللأراضي الرطبة الساحلية القدرة على الحد من الأضرار المادية ومنع تكبد التكاليف المرتبطة بالمد العاصفي (Rezaie and others, 2020). ومع انخفاض مساحة المستنقعات وتزايد حدة وتواتر العواصف الساحلية والظواهر البالغة الشدة، ستقل حماية المجتمعات البشرية، وستزداد الأضرار الناجمة عن العواصف، وستقل القدرة على الصمود. وقد تنخفض الأرصدة السمكية أيضاً بتقلص موائل صغائر السمك واليرقات (انظر الفصل 15 المتعلق بمصائد الأسماك التجارية)، مما يسهم في حدوث حالات انقطاع في الدخل والأمن الغذائي للمجتمعات التي تعتمد على الأغذية البحرية.

وسيؤثر فقدان وتدهور مستنقعات المياه المالحة والحد من خدمات النظم الإيكولوجية والحماية التي توفرها على تحقيق أهداف التنمية المستدامة[1]، لا سيما الأهداف 1 و 2 و 8، من خلال انخفاض خدمات النظم الإيكولوجية والإمدادات الغذائية، والهدف 11، بسبب انخفاض حماية المناطق الساحلية من الظواهر البالغة الشدة، والهدف 13، من خلال قدرتها على عزل الكربون الأزرق، ولكن أيضا من خلال إمكاناتها فيما يتعلق بانبعاثات غازات الدفيئة، والهدفين 14 و 15، بسبب الآثار على النظم الإيكولوجية. وسيترتب على فقدان المستنقعات المدية عواقب اجتماعية اقتصادية أيضا. فمن المرجح أن يؤدي انخفاض عدد السلع المقدمة وأنواعها إلى انخفاض حصيلة الصيد، واحتجاز قدر أقل من الملوثات، وتخزين كمية أقل من الكربون، والحد من تخفيف شدة العواصف، وزيادة انبعاثات النيتروجين

[1] انظر قرار الجمعية العامة 1/70.

والميثان في الغلاف الجوي. وقد تتأثر صحة الإنسان أيضاً بزيادة الملوثات في حيوانات مستنقعات المياه المالحة المستخدمة للاستهلاك البشري، وكذلك من تردي نوعية المياه إذا لم تتخلص مستنقعات المياه المالحة من العوامل المرضة والملوثات من مياه المجاري.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

تحتل مستنقعات المياه المالحة مساحة كبيرة مع تغير الغطاء النباتي على طول السواحل الأوروبية. وتزداد حماية جزء كبير من منطقة مستنقعات المياه المالحة ضمن شبكة "ناتورا 2000" (European Commission, 2007). وفيما يتعلق بالغطاء النباتي، يسود في مستنقعات المياه المالحة في شمال المحيط الأطلسي أساسا أنواع من جنس Salicornia وحوليات أخرى، وكذلك أعشاب سبارتينا (Spartinion maritimae) (Bortolus and others, 2019)، في حين أن الأنواع التي تعيش في البحر الأبيض المتوسط في موقع أعلى على الشاطئ عادة ما تكون أقدر على مقاومة الجفاف. وبصفة عامة، تشهد مستنقعات المياه المالحة على طول البحر الأبيض المتوسط أدنى درجة من الفروق المدية وتعتبر الحركات المدية فيها بالغة الصغر، في حين أن المستنقعات الموجودة على شواطئ المحيط الأطلسي تشهد عموما فروقا كبيرة في الحركة المدية. وبوجه عام، ستتعرض المناطق التي تشهد نطاقا كبيرا للحركة الميدة لآثار أشد من ارتفاع مستوى سطح البحر (Devlin and others, 2017).

ويوجد من بين مستنقعات المياه المالحة في جنوب أفريقيا العديد من المستنقعات الواقعة فوق مناطق المد العالي التي نادراً ما تغمرها المياه والتي تدعم مجموعات الأنواع المقاومة للملوحة (Adams and others, 2016). ونظراً لحركات الأمواج وارتفاع درجة توافر الرواسب، توجد لدى أكثر من 90 في المائة من مصاب الأنهار أخوار مقيدة، يُغلق معظمها مؤقتاً عندما يتشكل شريط رملي (Cooper, 2001). وسيؤثر ارتفاع مستوى سطح البحر، وزيادة العواصف وارتفاع الأمواج، وتغير دفق المجرى المائي على أنماط الغمر، وتدرجات الملوحة، والكيمياء الحيوية للرواسب (Van Niekerk, 2018).

وإذا توفرت الأراضي، ستنتقل مستنقعات المياه المالحة إلى الداخل (Tabot and Adams, 2013؛ و Veldkornet and others, 2015). وسيهيئ ارتفاع مستوى سطح البحر ظروفاً أكثر انفتاحاً، لا سيما إذا كانت فوهة مصب النهر محمية من حركة الأمواج ولم يتوفر إلا القليل من الرواسب (Van Niekerk, 2018). بيد أن الجفاف وانخفاض تدفق المياه العذبة سيؤديان إلى إغلاق مصاب الأنهار وإلى الفيضانات والموت التدريجي لنباتات المستنقعات المالحة.

وتشهد مستنقعات المياه المالحة الصينية انتشارا للقيصوب الجنوبي (Phragmites australis) المحلي أو أعشاب سبارتينا المتبادلة الأوراق (Spartina alterniflora)، الآتية من إنكلترا وأمريكا الشمالية (Gu and others, 2018؛ و Wan and others, 2009). وانخفض نطاق المساحة التي تمتد عليها مستنقعات المياه المالحة بنحو 59 في المائة بين الثمانينيات من القرن الماضي والعقد الثاني من هذا القرن، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى استصلاح الأراضي (Gu and others 2018؛ Tian and others 2016). ولمكافحة هذا الاتجاه، نفذت الصين تدابير في مجال السياسة العامة لاستعادة مستنقعات المياه المالحة وحفظها، مثل إنشاء مناطق محمية، وتحديد خطوط حمراء الإيكولوجية، واتباع نهج صارم في تنظيم الاستصلاح. وهذه الاستراتيجيات الإدارية حديثة، وبالتالي لم تثبت فعاليتها بعد (Bai and others 2018).

5 - آفاق المستقبل

لكي يستمر وجود المستنقعات المالحة، يجب أن ترتفع بمعدل يساوي معدل ارتفاع مستوى سطح البحر، مما يتطلب الحصول على ما يكفي من الرواسب الجديدة، أو يجب أن تنتقل إلى الداخل، ويتطلب ذلك أرضا بوراً في الأراض المحاذية مباشرة للمستنقعات ومنحدرا مناسبا. ومن المتوقع أن يستمر فقدان المستنقعات، وأن يتزامن مع فقدان خدمات النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي، في العديد من المناطق. ومن ثم فإن انخفاض نطاقها المكاني سيقلل من توفير خدمات النظم الإيكولوجية. ولا يؤدي فقدان مستنقعات المياه المالحة إلى الحد من قدرتها على العمل كبالوعات كربون فحسب، بل يسهم التدهور والاختلال المتصلان بذلك في إعادة إطلاق الكربون في الغلاف الجوي في شكل ثاني أكسيد الكربون (Pendleton and others, 2012) وانبعاث غازات الدفيئة الأخرى مثل أكسيد النيروز والميثان.

وخلص بيتيت وآخرون ((Peteet and others (2018) إلى أن التنمية الحضرية خفضت بشكل كبير مدخلات الرواسب المعدنية، ولكن المواد العضوية أتاحت للتراكم العمودي أن يجرى بوتيرة أعلى من ارتفاع مستوى سطح البحر لفترة من الوقت. غير أن انخفاض المحتوى المعدني قد تسبب في ضعف هيكلي وتشقق الحواف، وخلصوا إلى أن بقاء المستنقعات سيتطلب إضافة رواسب معدنية. كما أبرز بورتشيرت وآخرون (Borchert and others (2018)) أن ممرات الانتقال ذات أهمية خاصة في مصاب الأنهار الحضرية التي تجري فيها تنمية السواحل حيث لا يوجد حيز يتيح انتقال الأراضي الرطبة إلى الداخل والتكيف مع ارتفاع مستوى سطح البحر.

وخلص تحليل تجميعي أجراه ديفيدسون وآخرون ((Davidson and others (2018) إلى أن بعض النباتات المغيرة تمكن زيادة الكتلة الحيوية وإمكانات تخزين الكربون بنسبة تزيد على 100 في المائة. ولأن النباتات مثل القيصوب الجنوبي (Phragmites australis) المغير تنمو بمعدلات أكبر وأسرع، يمكن للنظام الإيكولوجي تخزين مزيد من الكربون، كما يشجع هذا النبات زيادة ارتفاع المستنقعات. ووجد روث وستيفنسون (Rooth and Stevenson (2000) ارتفاعا في معدلات إنتاج الفضلات واحتباس الرواسب المعدنية والعضوية في القيصوب الجنوبي. ومن ثم، فإن هذا النوع قد يوفر استراتيجية لمكافحة ارتفاع مستوى سطح البحر، رغم انخفاض تنوع النباتات في المستنقعات وبعض التغيرات في الكائنات الحيوانية. ولم تؤد هذه المعلومات بعد إلى تغيير سياسات ومشاريع الاستعادة المتصلة بالمناطق التي أُزيل منها هذا النبات. وأسفر غزو أعشاب سبارينا المتبادلة الأوراق في مستنقعات المياه المالحة في الصين (Zhang and others, 2004؛ و Zuo and others, 2012) وأمريكا الجنوبية (Bortolus and others, 2015) عن نشوء مناطق نباتية جديدة، مما يقلل من فقدان الأراضي الرطبة.

وبما أن المستنقعات هي أحد أكثر النظم الإيكولوجية إنتاجية على الكوكب، وهي موطن للعديد من الأنواع المهددة بالانقراض، فسيكون لفقدانها انعكاسات كبيرة على الإنتاجية العامة والتنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية. ومن المتوقع أن تترتب آثار كبيرة على فقدان وظيفتها كأماكن لتفريخ صغار الأسماك واللافقاريات. كما أن فقدان المستنقعات سيؤثر على الطيور لأنها أماكن مهمة للتوليد، والبحث عن المأكل، والمكوث أثناء الشتاء، والتوقف أثناء الهجرة (United Nations Environment Programme (UNEP), 2019).

وتشير المؤشرات التي وضعها رابوزا وآخرون (Raposa and others (2016)) لقياس القدرة على الصمود في مستنقعات المياه المالحة المدية إلى أن مستنقعات المحيط الهادئ يُرجح أن تكون أقدر على الصمود من نظيراتها في المحيط الأطلسي، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى الاختلافات في النسبة المئوية للغطاء النباتي الموجود حالياً تحت متوسط المياه المرتفعة. وتوفر هذه المؤشرات طريقة لتقييم القدرة على الصمود، وتوجيه الإدارة، وتحديد أولويات مناطق استعادة المستنقعات.

وسيترتب على انخفاض موائل المستنقعات المدية عواقب اجتماعية اقتصادية، تشمل انخفاضا في الأرصدة السمكية، وفي الحماية من العواصف، وفي احتجاز الكربون والتلوث، وفي نوعية المياة.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

في حين أجريت بعض الدراسات عن تدفقات ثاني أكسيد الكربون في المستنقعات (Forbrich and Giblin, 2015؛ و Wei and others, 2020)، تلزم معرفة المزيد عن تدفقات غازات الدفيئة في الواجهات بين الرواسب والمياه وبين المياه والغلاف الجوي في مستنقعات المياه المالحة. وتم توثيق تأثير الحركات المدية على تسرب الميثان من الواجهة بين الرواسب والمياه (Duarte and others, 2007؛ و Poffenbarger and others, 2011؛ و Baulch and others, 2011؛ و Call and others, 2015؛ و Segarra and others, 2013؛ و Huertas and others, 2019) ولكن القياس الكمي لتدفقات غازات الدفيئة من هذه النظم لا يزال مجهولا إلى حد كبير. وينطبق الأمر نفسه على انبعاثات أكسيد النيتروز، الذي بينت دراسات تجريبية أُجريت بشأنه تأثير المدخلات من المغذيات (Bulseco and others, 2019)، ولكن، مرة أخرى، لم يتم قياس التدفقات المعنية وتحديد كميتها على نحو مستمر في الأجل الطويل. ودور مستنقعات المياه المالحة في الميزان العالمي للكربون وغازات الدفيئة غير معروف إلى حد كبير بسبب التغيرات المستمرة في نطاقها والنظم الهيدروغرافية ونظم المغذيات والملوحة الخاصة بها (Poffenbarger and others, 2011).

وهناك ثغرة أخرى تتعلق بكيفية زيادة قدرة مستنقعات المياه المالحة على الصمود أمام ارتفاع مستوى سطح البحر. ولم تتم حتى الآن معرفة أفضل التقنيات للإبقاء على بعض أنواع القيصوب الجنوبي (Phragmites australis) ومدى نجاح ذلك في تسريع ارتفاع المستنقعات. ومن المهم الحفاظ على ممرات انتقال المستنقعات إلى الداخل في العديد من المناطق، ويتطلب ذلك مزيدا من التحقيق والإرادة السياسية. ومن الطرق المكنة لزيادة ارتفاع المستنقعات "ترسيب الطبقة الرقيقة"، أي نثر الرواسب من الجداول المدية على سطح المستنقعات (Ford and others, 1999). وقد تشمل الإجراءات الإضافية الإمداد الاصطناعي بمواد التجريف لبلوغ معدل تراكم مرتفع بقدر كافٍ يتيح تكيف مسطّح المد والجزر مع ارتفاع مستوى سطح البحر (Mendelssohn and Kuhn, 2003). غير أن مدى فاعلية هذه الإجراءات على الأجل الطويل غير معروف ولا الوتيرة التي يجب أن تُنفذ بها. وعندما تتآكل المستنقعات عند الحافة، يمكن وضع "سواحل حية"، في شكل شعاب المحار، أو "كرات الشعاب المرجانية"، أو الصخور، على الحافة لمنع مزيد من التحات (Bilkovic and others, 2017). فقد أتاحت السواحل الحية تعزيز قدرة المستنقعات على الصمود أمام الأعاصير أكثر من الحواف الصلبة أو المستنقعات الطبيعية (Smith and others, 2016). وثمة نهج آخر هو إنشاء مستنقعات عائمة (Streb and others, 2019). بيد أن مدى استمرار فعالية هذه النهج في مواجهة ارتفاع مستوى سطح البحر غير معروف بعد، بالنظر إلى أنها نهج جديدة نسبيا.

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

اعتبارا من عام 2020، تم تعيين 985 من الأراضي الرطبة الساحلية مواقع مشمولة باتفاقية رامسار[2]. ويُعترف بما لهذه المواقع، التي تغطي قرابة 75 مليون هكتار، من قيمة كبيرة للبشرية، وينبغي إدارتها بطريقة تكفل المحافظة على طابعها الإيكولوجي وتشجع استخدامها بحكمة[3]. وازداد عدد مواقع رامسار باطراد منذ بدء نفاذ الاتفاقية في عام 1975. غير أن فعالية تنفيذ السياسة المحددة في اتفاقية رامسار مشكوك فيها، حيث إن نطاق الأراضي الرطبة في العالم قد انخفض بشكل ملحوظ خلال هذا الوقت (Finlayson، 2012). ويرى العلماء في جميع أنحاء العالم أن هناك حاجة ملحة إلى اتخاذ إجراءات فورية للانتقال إلى ممارسات أكثر استدامة (Ripple and others, 2017) والحد من فقدان الموائل الطبيعية البالغة الأهمية التي توفر خدمات النظم الإيكولوجية، مثل الأراضي الرطبة ومستنقعات المياه المالحة (Finlayson, 2019؛ و Finlayson and others, 2019).

ويفتقر بعض البلدان إلى الخبرة أو الموارد الكافية لدراسة مستنقعات المياه المالحة وإصلاحها. وفي الولايات المتحدة، توجد لدى ولاية لويزيانا واحدة من أشمل الخطط لاستعادة السواحل في أمريكا الشمالية، وهي أكبر استثمار في إنشاء المستنقعات (17,1 بليون دولار)، وستستخدم المواد المجروفة وتحويل الرواسب لبناء الأراضي الساحلية وصيانتها. وتكمن مثل هذه الاستثمارات وراء التكاليف النقدية والتنظيمية المرتفعة للمشاريع الكبرى في مجال استعادة السواحل. وفي مناطق كثيرة من العالم، سيفوق هذا التدخل قدرة فرادى الدول. كما أن لبعض البلدان القدرة على حفظ الأراضي الرطبة الساحلية ولكنها لم تعط لهذا الأمر الأولوية بعد. وسيتطلب ذلك تكريس قدر كبير من الوقت والموارد على الصعيد العالمي، مع وعي حكومي واسع النطاق، واتفاقات والتزامات مشتركة لعكس الاتجاهات الضارة التي تلاحَظ اليوم في المستنقعات المالحة. ويهدد ارتفاع مستوى سطح البحر، إلى جانب التنمية البشرية، نطاق المستنقعات على الصعيد العالمي. ويجب أن تعترف جهود الحفظ والاستعادة بأن موئل المستنقعات، بفعل تسارع ارتفاع مستوى سطح البحر، هدف متحرك. ويمكن أن تتحول الأراضي الساحلية البور إلى مستنقعات في القرن القادم؛ بيد أن التنمية البشرية هي العقبة الرئيسية التي تحول دون ذلك.

المراجع

Adams, J.B., and others (2016). Distribution of macrophyte species and habitats in South African estuaries. *South African Journal of Botany*, vol. 107, pp. 5–11.

Adam, P. (2002). Saltmarshes in a time of change. *Environmental Conservation*, vol. 29, No. 1, pp. 39–61.

Bai, Y., and others (2018). Developing China's ecological redline policy using ecosystem services assessments for land use planning. *Nature Communications*, vol. 9, art. 3034. https://doi.org/10.1038/s41467-018-05306-1.

Barbier, E.B., and others (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, vol. 81, No. 2, pp. 169–193.

Bartlett, K., and others (1987). Methane emissions along a salt marsh salinity gradient. *Biogeochemistry*, vol. 4, No. 3, pp. 183–202.

[2] اتفاقية الأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية وخاصة بوصفها موئلاً للطيور المائية (United Nations, *Treaty Series*, vol. 996, No. 14583).

[3] قائمة المواقع المتاحة على الموقع الشبكي: https://rsis.ramsar.org.

Baulch, H.M., and others (2011). Diffusive and ebullitive transport of methane and nitrous oxide from streams: are bubble-mediated fluxes important? *Journal of Geophysical Research*, vol. 116, G04028, https://doi.org/10.1029/2011JG001656.

Bertness, M.D., and others (2014). Experimental predator removal causes rapid salt marsh die-off. *Ecology Letters*, vol. 17, No. 7, pp. 830–835.

Bilkovic, D.M., and others (2017). *Living Shorelines: The Science and Management of Nature-Based Coastal Protection*. CRC Press.

Borchert, S.M., and others (2018). Coastal wetland adaptation to sea level rise: Quantifying potential for landward migration and coastal squeeze. *Journal of Applied Ecology*, vol. 55, No. 6, pp. 2876–2887.

Bortolus A., and others (2015). Reimagining South American coasts: unveiling the hidden invasion history of an iconic ecological engineer. *Diversity and Distributions*, vol. 21, pp. 1267–1283.

Bortolus A., and others (2019). Supporting *Spartina:* interdisciplinary perspective shows *Spartina* as a distinct solid genus. *Ecology*, vol. 100, No. 11, e02863. https://doi.org/10.1002/ecy.2863.

Bulseco, A.N., and others (2019). Nitrate addition stimulates microbial decomposition of organic matter in salt marsh sediments. *Global Change Biology*, vol. 25, No. 10, pp. 3224–3241.

Cahoon, D.R. (2006). A review of major storm impacts on coastal wetland elevations. *Estuaries and Coasts*, vol. 29, No. 6, pp. 889–898.

Call, M., and others (2015). Spatial and temporal variability of carbon dioxide and methane fluxes over semi-diurnal and spring-neap-spring timescales in a mangrove creek. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 150, pp. 211–225. https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.11.023.

Capooci, M., and others (2019). Experimental influence of storm-surge salinity on soil greenhouse gas emissions from a tidal salt marsh. *Science of the Total Environment*, vol. 686, pp. 1164–1172.

Chmura, G.L., and others (2016). Greenhouse gas fluxes from salt marshes exposed to chronic nutrient enrichment. *PloS One*, vol. 11, No. 2, e0149937.

Cooper, J.A.G. (2001). Geomorphological variability among microtidal estuaries from the wave-dominated South African coast. *Geomorphology*, vol. 40, Nos. 1–2, pp. 99–122.

Crooks, S., and others (2011). Mitigating Climate Change through Restoration and Management of Coastal Wetlands and Near-Shore Marine Ecosystems: Challenges and Opportunities. *Environment Department Papers; Marine Ecosystem Series*, No. 121.

Crosby, S., and others (2016). Salt marsh persistence is threatened by predicted sea-level rise. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 181, pp. 93–99.

Davidson, I.C., and others (2018). Differential effects of biological invasions on coastal blue carbon: a global review and meta-analysis. *Global Change Biology*, vol. 24, No. 11, pp. 5218–5230.

Deegan, L.A., and others (2012). Coastal eutrophication as a driver of salt marsh loss. *Nature*, vol. 490, No. 7420, pp. 388–392.

Devlin, A., and others (2017). Coupling of sea level and tidal range changes, with implications for future water levels. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 17021. https://doi.org/10.1038/s41598-017-17056-z.

Doody, J.P. (2004). "Coastal squeeze"—an historical perspective. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 10, No. 1, pp. 129–138.

Doroski, A.A., and others (2019). Greenhouse gas fluxes from coastal wetlands at the intersection of urban pollution and saltwater intrusion: a soil core experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 131, pp. 44–53.

Doughty, C.L., and others (2016). Mangrove range expansion rapidly increases coastal wetland carbon storage. *Estuaries and Coasts*, vol. 39, No. 2, pp. 385–396.

Duarte, C.M., and others (2008). The charisma of coastal ecosystems: addressing the imbalance. *Estuaries and Coasts*, vol. 31, No. 2, pp. 233–238.

Duarte, C.M., and others (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, vol. 3, No. 11, pp. 961–968.

Duarte, H., and others (2007). High-resolution seismic imaging of gas accumulations and seepage in the sediments of the Ria de Aveiro barrier lagoon (Portugal). *Geo-Marine Letters*, vol. 27, Nos. 2–4, pp. 115–126.

Eggleston, J., and others, 2013, Land subsidence and relative sea-level rise in the southern Chesapeake Bay region: U.S. Geological Survey Circular 1392. http://dx.doi.org/10.3133/cir1392.

Elmer, W.H., and others (2013). Sudden vegetation dieback in Atlantic and Gulf Coast salt marshes. *Plant Diseases*, vol. 97, No. 4, pp. 436–445.

European Commission (2007). *The Interpretation Manual of European Union Habitats–EUR27*. European Commission DG Environment, Brussels.

Finlayson, C.M. (2012). Forty years of wetland conservation and wise use. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 22, No. 2, pp. 139–143.

_____(2019). Addressing the decline in wetland biodiversity. *The Ecological Citizen*, vol. 2, pp. 139–40.

Finlayson, C.M., and others (2019). The second warning to humanity–providing a context for wetland management and policy. *Wetlands*, vol. 39, No. 1, pp. 1–5.

Forbrich I., and A. Giblin (2015) Marsh-atmosphere CO_2 exchange in a New England salt marsh. *JGR Biosciences*, vol. 20, No. 9, pp. 1825–1838.

Ford, M.A., and others (1999). Restoring marsh elevation in a rapidly subsiding salt marsh by thin-layer deposition of dredged material. *Ecological Engineering*, vol. 12, Nos. 3–4, pp. 189–205.

Gu, J., and others (2018). Losses of salt marsh in China: trends, threats and management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 214, pp. 98–109.

Huertas, I., and others (2019) Methane emissions from the salt marshes of Doñana Wetlands: spatio-temporal variability and controlling factors. *Frontiers in Ecology and Evolution.* https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00032.

Kirwan, M.L., and others (2016). Overestimation of marsh vulnerability to sea level rise. *Nature Climate Change*, vol. 6, No. 3, pp. 253–260.

Macreadie, P.I., and others (2013). Loss of 'Blue Carbon' from Coastal Salt Marshes Following Habitat Disturbance. *PLoS One*, vol. 8, No. 7, e69244. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069244.

Mcowen, C.J., and others (2017). A global map of saltmarshes. *Biodiversity Data Journal*, No. 5, e11764. Paper: https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e11764; Data URL: http://data.unep-wcmc.org/datasets/43 (v.6)

McTigue, N., and others (2019) Sea level rise explains changing carbon accumulation rates in a salt marsh over the past two millennia. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, vol. 124, No. 10, pp. 2945–2957.

Mendelssohn, I.A., and N.L. Kuhn (2003). Sediment subsidy: effects on soil-plant responses in a rapidly submerging coastal salt marsh. *Ecological Engineering*, vol. 21, Nos. 2–3, pp. 115–128.

Narayan, and others (2017). The value of coastal wetlands for flood damage reduction in the northeastern USA. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, pp. 1–12.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2019). Climate Change: Global Sea Level (www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level).

Nicholls, R.J., and others (1999). Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, vol. 9, pp. S69–S87.

Oppenheimer, M., and others (in press). Sea Level Rise and Implications for Low–Lying Islands, Coasts and Communities. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, H–O. Pörtner and others, eds.

Pendleton, L., and others (2012). Estimating global "blue carbon" emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PloS One*, vol. 7, No. 9.

Peteet, D.M., and others (2018). Sediment starvation destroys New York City marshes' resistance to sea level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 41, pp. 10281–10286.

Poffenbarger, H., and others (2011). Salinity influence on methane emissions from tidal marshes. *Wetlands*, vol. 31, pp. 831–842. https://doi.org/10.1007/s13157–011–0197–0.

Raposa, K.B., and others (2016). Assessing tidal marsh resilience to sea–level rise at broad geographic scales with multi–metric indices. *Biological Conservation*, vol. 204, pp. 263–275.

Rezaie, A., and others (2020). Valuing natural habitats for enhancing coastal resilience: wetlands reduce property damage from storm surge and sea level rise. *PLoS One*, vol. 15, No. 1, pp. 1–17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226275.

Ripple, William J., and others (2017). World scientists' warning to humanity: A second notice. *BioScience*, vol. 67, No. 12, pp. 1026–1028.

Rogers, K., and others (2019). Impacts and adaptation options for estuarine vegetation in a large city. *Landscape and Urban Planning*, vol. 182, pp. 1–11.

Rooth, J., and J.C. Stevenson (2000). Sediment deposition patterns in *Phragmites australis* communities: Implications for coastal areas threatened by rising sea–level. *Wetlands Ecology and Management*, vol. 8, Nos. 2–3, pp. 173–183.

Roughan, B.L., and others (2018). Nitrous oxide emissions could reduce the blue carbon value of marshes on eutrophic estuaries. *Environmental Research Letters*, vol. 13, No. 4, 044034.

Saintilan, N., and others (2014). Mangrove expansion and salt marsh decline at mangrove poleward limits. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 1, pp. 147–157.

Scheider N., and others (2018). Massive upland to wetland conversion compensated for historical marsh loss in Chesapeake Bay, USA. *Estuaries and Coasts*, vol. 41, pp. 940–951.

Schuerch, M., and others (2018) Future response of global coastal wetlands to sea level rise. *Nature*, vol. 561, pp. 231–234.

Segarra, K., and others (2013). Seasonal variations of methane fluxes from an unvegetated tidal freshwater mudflat (Hammersmith Creek, GA). *Biogeochemistry*, vol. 115, No. 1, pp. 349–61. https://doi.org/10.1007/s10533–013–9840–6.

Short, F.T., and others (2016). Impacts of climate change on submerged and emergent wetland plants. *Aquatic Botany*, vol. 135, pp. 3–17.

Smith, C.S., and others (2016). Living shorelines enhanced the resilience of saltmarshes to Hurricane Matthew (2016). *Ecological Applications*, vol. 28, No. 4, pp. 871–877.

Streb, C., and others (2019). Adapting floating wetland design to advance performance in urban waterfronts. *Wetland Science and Practice*, vol. 36, No. 2, pp. 106–113.

Tabot, P.T., and J.B. Adams (2013). Ecophysiology of salt marsh plants and predicted responses to climate change in South Africa. *Ocean & Coastal Management*, vol. 80, pp. 89–99.

Tian, B., and others (2016). Drivers, trends, and potential impacts of long–term coastal reclamation in China from 1985 to 2010. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 170, pp. 83–90.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2019). Biodiversity A–Z. 2019. www.biodiversitya–z.org.

Van Niekerk, L. (2018). Approaches to detecting and assessing patterns, processes and responses to change in South African estuaries. PhD thesis. Port Elizabeth, South Africa: Nelson Mandela University.

Veldkornet, D.A., and others (2015). Where do you draw the line? Determining the transition thresholds between estuarine salt marshes and terrestrial vegetation. *South African Journal of Botany*, vol. 101, pp. 153–159.

Wan, S.W., and others (2009). The positive and negative effects of exotic *Spartina alterniflora* in China. *Ecological Engineering*, vol. 35, pp. 444–452.

Wei, S., and others (2020). Effect of tidal flooding on ecosystem CO_2 and CH4 fluxes in a salt marsh in the Yellow River Delta. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, vol. 232, 106512.

Yin, S., and others (2015). *Spartina alterniflora* invasions impact CH_4 and N_2O fluxes from a salt marsh in eastern China. *Ecological Engineering*, vol. 81, pp. 192–199.

Zhang, R., and others (2004). Formation of *Spartina alterniflora* salt marshes on the coast of Jiangsu Province, China. *Ecological Engineering*, vol. 23, pp. 95–10.

Zuo, P., and others (2012). Distribution of *Spartina* spp. along China's coast. *Ecological Engineering*, vol. 40, pp. 160–166.

الفصل 7 ياء

المنحدرات القارية والأخاديد المغمورة

المساهمون: ليزا أ ليفن (منظمة الاجتماعات)، وبيتر أوستر، ومالكولم ر. كلارك، وجيسون م. هول – سبنسر، وراسل هوبكروفت، وجيرون إنغلز، وآنا ميتاكساس، وبهافاني إ. نارايانا سوامي، وجوشوا ت. توهوموار (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي)، وموریاكي یاسوهارا.

النقاط الرئيسية

- تمثل المنحدرات القارية 5,2 في المائة من المحيط، ويتألف أكثر من خُمس المنحدرات من أخاديد مغمورة؛ فهي مناطق عبور حرجة بين الجرف القاري وأعماق البحار كما أنها مهمة لدفن الكربون وتشكل موائل لأنواع ذات أهمية إيكولوجية واقتصادية.
- التدرجات الهيدروغرافية العمودية القوية، والمعالم الجيومورفية المعقدة، وتدفق السوائل من قاع البحر تجعل مجتمعات الكائنات الحيوية في المنحدرات والأخاديد شديدة التنوع.
- مئات من مواقع ارتشاح الميثان وموائل المرجانيات والإسفنجيات المكتشفة حديثا تعزز التنوع البيولوجي وتستضيف تفاعلات جديدة مع الرواسب المحيطة.
- يمكن أن تكون الأخاديد بؤرا للنشاط البيولوجي ولكن مجتمعاتها لا تختلف دائما عن تلك الموجودة على المنحدرات المجاورة التي هي ذات إنتاجية كبيرة أيضا؛ ويمكن أن تكون رواسب المنحدرات والأحواض مستودعا لمعلومات تاريخية عن آثار المناخ على التنوع البيولوجي.
- تكشف مناطق الحد الأدنى من الأكسجين التي توجد بشكل طبيعي أن التنوع البيولوجي شديد الحساسية إزاء الأكسجة؛ وسيقلل توسع المناطق منخفضة الأكسجين من التنوع البيولوجي؛ ومن المرجح أن تؤثر الانخفاضات المتوقعة في الرقم الهيدروجيني والإمدادات الغذائية على النظم الإيكولوجية لمرجانيات المياه الباردة.
- تشهد المنحدرات والأخاديد، نظرا لقربها من الشاطئ، توسعا في الأنشطة المتعلقة بالنفط والغاز في المياه العميقة، وفي منشآت الطاقة البحرية، والصيد في قاع البحار، وربما أنشطة تعدين المعادن، فضلا عن زيادة التلوث، بما في ذلك القمامة ومخلفات المناجم الآتية من البر.
- سرّعت الأنشطة الاستكشافية باكتشاف وظائف وخدمات جديدة للنظام الإيكولوجي، بما في ذلك آليات جديدة للإنتاجية ونقل الكربون، وأماكن تفريخ، وسبل لنقل الملوثات والنفايات. غير أن معظم مناطق الأخاديد والمنحدرات لا تزال غير مستكشفة إلى حد كبير، وثمة أسئلة رئيسية عن نطاقات توزع الأنواع، والترابط الإيكولوجي، والروابط المحيطية القاعية، والحساسية إزاء المناخ، والاختلالات المباشرة، لا تزال بلا إجابات، لا سيما في نصف الكرة الجنوبي وعلى طول حواف أفريقيا وأمريكا الجنوبية.
- من شأن تحسين التكامل بين علم المناخ، وبحوث الترابط، وبيولوجيا الحفظ، وإدارة الموارد، إلى جانب زيادة الخبرة التصنيفية والجغرافية، أن يحسن توزيع المعرفة والتكنولوجيا وأدوات التحليل والمنهجيات اللازمة للنهوض بالفهم العالمي وتعزيز استدامة النظم الإيكولوجية للمنحدرات والأخاديد.

1 - مقدمة

يمثل المنحدر القاري تعمّقاً لقاع البحر من حافة الرصيف القاري (عمق يناهز 200 متر) إلى الحد الأعلى للمرتفع القاري، حيث ينخفض الانحدار. وهو يغطي ما مجموعه 19,6 مليون كيلومتر مربع، مما يمثل 5,2 في المائة من المحيط (الجدول 1) (Harris and others, 2014). ونوقشت هذه البيئة بإيجاز في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017c)، في الفصل 36 واو (United Nations, 2017a) باعتبارها من عناصر هوامش أعماق البحار. وعادة ما يقطع المنحدرَ القاري أخاديدُ ذات جدران حادة (انظر United Nations, 2017b)، مع وجود ما يصل إلى 9 477 أخدودا معروفا تغطي قرابة 4,4 ملايين كيلومتر مربع (الجدول 1) وأخرى كثيرة غير مكتشفة. ويشمل المنحدر أيضاً معالم جيومورفية وجيوكيميائية أخرى

مثل الأحواض، والضفاف، والجُرف، والجبال المغمورة، ومواقع ارتشاح الميثان (انظر الشكل أدناه). والمنحدرات والأخاديد مناطق عبور رئيسية بين المياه الضحلة والعميقة، حيث تنقل (وتحوّل) الرواسب، والمواد العضوية، والمياه، والكائنات الحية، والملوثات، والحطام (Puig and others, 2014؛ و Leduc and others, 2018). ويمكن أن تكون المنحدرات القارية ذات إنتاجية كبيرة، حيث تشهد دفن الكربون وإعادة تدوير المغذيات على نطاق واسع، وبالتالي فهي مهمة في الرفاه المجتمعي (Levin and Sibuet, 2012).

الجدول 1

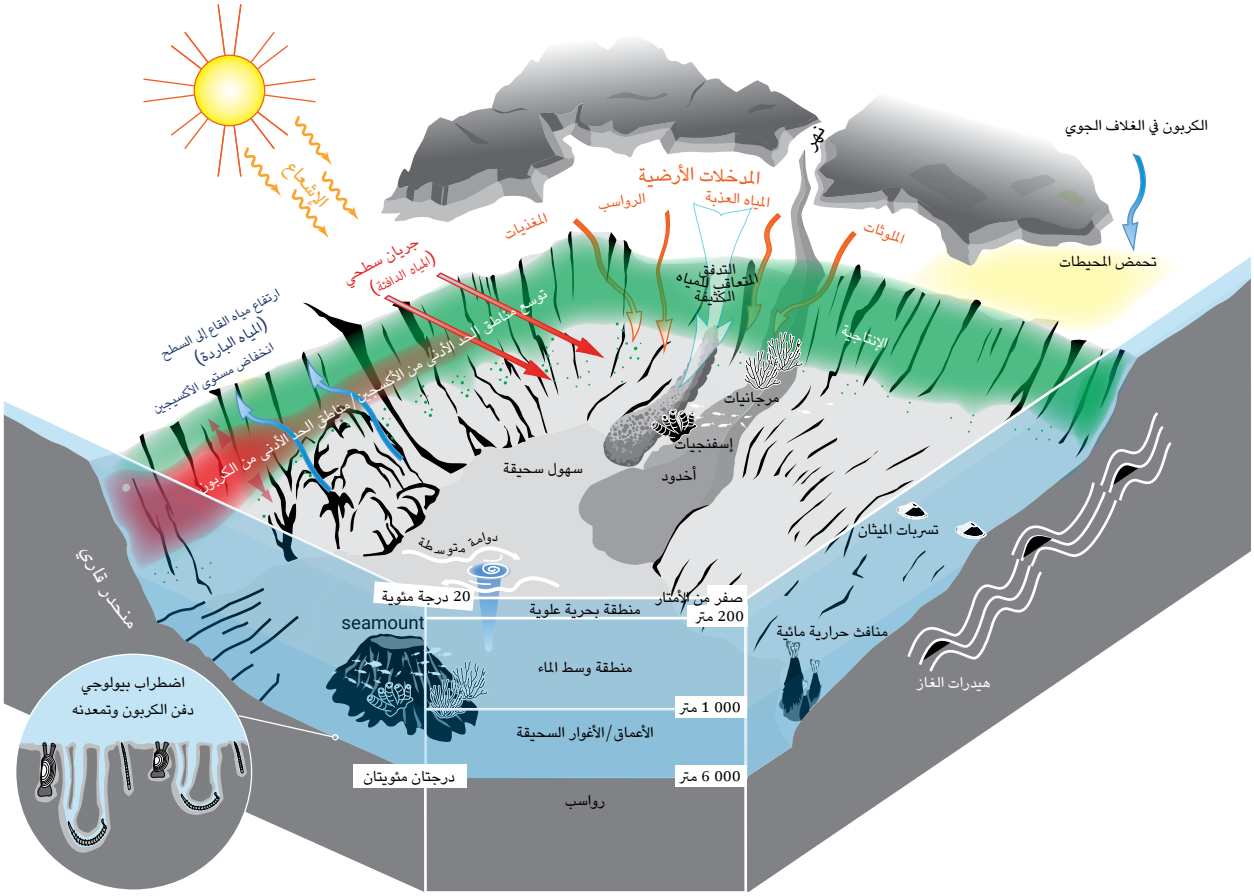
غطاء وعدد المنحدرات والأخاديد في المحيط العالمي

التضاريس	مجموع مساحة المحيط	المحيط المتجمد الشمالي	المحيط الهندي	البحر الأبيض المتوسط	شمال الأطلسي	شمال المحيط الهادئ	جنوب الأطلسي	جنوب المحيط الهادئ	المحيط الجنوبي
مساحة المنحدر (كم^2)	19 606 260	913 590	4 189 700	906 590	3 436 150	4 752 240	1 591 830	3 201 000	615 170
النسبة المئوية لمجموع مساحة المنحدر	100,00	7,03	5,88	30,00	7,68	5,80	3,94	3,67	3,03
مجموع مساحة الأخاديد (كم^2)	4 393 650	359 650	760 420	163 040	738 430	816 580	291 290	694 790	569 440
عدد الأخاديد	9 477	404	1 590	817	1 548	2 085	453	2 009	571
النسبية المئوية للمنحدرات التي تشكل أخاديد	22.4	16,1	11,2	13,8	10,4	10,2	8,9	10,2	15,1

المصدر: Harris and others, 2014.

إن التدرجات القوية (العمودية عادة) في درجة الحرارة والأكسجة وثاني أكسيد الكربون والهيدروديناميكية وتدفقات الجسيمات ونقل الرواسب التي تتسم بها المنحدرات والأخاديد تحدد شكل مجتمعاتها الأحيائية (انظر الشكل أدناه). كما أن تدفقات الكربون العضوي الجسيمي والشلالات العضوية الكبيرة (الثدييات البحرية الميتة، وجثث الأسماك، والخشب، والطحالب) من المياه السطحية ومياه الجروف، والتدفقات الجيوكيميائية (الميثان والكبريتيد والهيدروجين) من داخل قاع البحر، تؤدي إلى عدم تجانس كبير في مصادر الطاقة بالنسبة للنظم الإيكولوجية في المنحدرات والأخاديد. وينشأ عدم تجانس بيئي إضافي على المنحدرات بنطاقات تتراوح بين 10 أمتار و 100 كيلومتر، من التباين في مصادر الرواسب، والظروف الأوقيانوغرافية، والعمليات الجيولوجية الديناميكية، والهياكل التي أوجدتها الأنواع التي تشكل الموائل (Kelly and others, 2010).

سمات الموائل الموجودة على المنحدرات القارية والأخاديد، مع آثار الظروف المتغيرة



المصدر: بيانات معدّلة مستمدة من (Levin and Sibuet, 2012)، متاحة على https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120709-142714، بمساعدة أندريه ألغيريا.

وتتأثر المنحدرات والأخاديد تأثرا شديدا بتغير المناخ، ولأنها البيئة الأقرب من بين بيئات أعماق البحار إلى المجتمعات البشرية، فإن الأنشطة البشرية تسبب لها ضغوطا أكبر مما تسببه للنظم الأخرى في أعماق البحار. وتشمل التأثيرات البشرية الرئيسية الاختلالات المادية والبيولوجية الناجمة عن صيد الأسماك، والشحن، والتخلص عن قصد وعن غير قصد من نفايات البر (مثل التخلص من مخلفات المناجم والقمامة والملوثات)، وحمولة المواد العضوية (مثل مياه الصرف الصحي، والمغذيات والمدخلات الصناعية)، والأنشطة المتعلقة بالنفط والغاز، والتعدين المحتمل للمعادن. كما أن التغيرات المتصلة بالمناخ التي تؤدي إلى الاحترار، وفقدان الأكسجين، والتغيرات في شدة العواصف وتواترها تفرض آثارها على هذه الاضطرابات البشرية الأخرى.

2 - التطورات في فهم المنحدرات والأخاديد

2-1 - التنوع البيولوجي في المنحدرات

تتسم الكائنات الحيوانية في الحواف القارية بانقسام قوي حسب مناطق العمق، مع تغيرات كبيرة في التركيب عند الانتقال من الجروف إلى المنحدرات (عمق يتراوح بين 300 و 500 متر)، وعلى طول المنحدر العلوي (عمق 1000 متر) وفي الأعماق التي تتراوح ما بين 2 000 و 3 000 متر (Carney, 2005). وتساهم طبقات الكتل المائية عبر المنحدرات القارية في التقسيم إلى مناطق العمق وفي ارتفاع متوسط التنوع بيتا على صعيد القاعيات الكبيرة (على سبيل المثال، Narayanaswamy and others, 2010)، والقاعيات المتوسطة (Danovaro and others, 2009؛ و Bianchelli and others, 2010)، والأسماك (على سبيل المثال، Priede and others, 2010)، والكائنات الحيوانية الضخمة (على سبيل المثال، Hunter and others, 2011)، وفي انخفاض التنوع ألفا داخل الكتل المائية المنخفضة الأكسجين (Sellanes and others, 2010؛ و Gooday and others, 2010). ويبلغ التنوع الحيواني عموما أعلى مستوى في أعماق المنحدرات الوسطى (ما بين 1 500 و 2 500 متر) (Rex and Rowe, 1983؛ و Rex and Etter, 2010؛ و Menot and others, 2010)، وهو يرتبط بعدم تجانس الرواسب، والإنتاجية، وتدفق المياه (Levin and others, 2001). وتحدث الكثافة الحيوانية القصوى على المنحدرات (مثل القشريات ونجوم البحر القصيبة والإسفنجيات) عادة عند حواف الكتل المائية منخفضة الأكسجين تحت مناطق ارتفاع مياه القاع إلى السطح، وعلى المرتفعات الطبوغرافية وفي الأخاديد (Levin, 2003؛ و De Leo and others, 2010؛ و Domke and others, 2017)، حيث تعزز زيادة تدفقات الجسيمات الإمدادات الغذائية.

2-2 - الظروف البيئية المتغيرة على المنحدرات والأخاديد

2-2-1 - مناطق الحد الأدنى من الأكسجين وتناقص الأكسجين في المحيطات

تتعرض المنحدرات والأخاديد القارية الواقعة تحت المياه العالية الإنتاجية في مناطق ارتفاع مياه القاع إلى السطح لمياه ناقصة الأكسجين توجد بشكل طبيعي وتسمى مناطق الحد الأدنى من الأكسجين على أعماق تتراوح بين 100 و 1 200 متر في كثير من أنحاء شرقي المحيط الهادئ وشمال المحيط الهندي وقبالة ساحل غرب أفريقيا (Helly and Levin, 2004). ويتسم توافر الأكسجين على المنحدرات بدرجة عالية من الدينامية في الجداول الزمنية الموسمية والفصلية، والجليدية والفاصلة بين الفترات الجليدية (Levin and others, 2015a؛ و Huang and others, 2018, 2019). وتحدد المياه المنخفضة الأكسجين التكوين والتنوع والخصائص الوظيفية للعمود المائي والقاعيات (Levin, 2003) وكذلك حجم الجسم الفردي، والنمو، والتكلس والتكاثر (Sato and others, 2018)، وتتسبب في تقسيم الحيوانات الضخمة والمجموعة الحيوانية العيانية عبر المناطق وذلك بحسب تدرجات الأكسجين في مناطق الحد الأدنى من الأكسجين على المنحدرات (Wishner and others, 1995؛ و Levin, 2003؛ و Gooday and others, 2009, 2010؛ و Hunter and others, 2011؛ و Levin and Gallo, 2019) والأخاديد (De Leo and others, 2012)؛ و Domke and others, 2017). وينخفض تنوع الكائنات الحيوانية اللافقارية الكبيرة (Levin and Gage, 1998؛ و Sperling and others, 2016) وتنوع الأسماك (Gallo and others, 2020) انخفاضا كبيرا عند تركيزات الأكسجين التي تقل عن 7 من جزئيات الأكسجين الصغرية، ويمكن أن تختلف أنماط وفرة

الأسماك وكميات المصيد والجهد حسب توافر الأكسجين (Bertrand and others, 2011؛ و Keller and others, 2015؛ و Salvatteci and others, 2019؛ و De Leo and others, 2017).

كما أن مجتمعات العوالق في مناطق الحد الأدنى من الأكسجين تستجيب بقوة للأكسجة من حيث الزمان والمكان (Ekau and others, 2010؛ و Gilly and others, 2013؛ و Seibel and others, 2016؛ و Tutasi and Escribano, 2020)، وهي تتسم بتوزع متميز عبر المناطق، والآثار الحافية، وبحدود قصوى للكثافة، وعتبات تنوع حادة (Wishner and others, 2008, 2013). ويمكن أن تحدث تدرجات الأكسجين الصغيرة جداً تغييرات كبيرة في تكوين المجتمعات على نطاقات مكانية صغيرة نسبياً (Wishner and others, 2008, 2018). غير أن بعض الكائنات الهوامية من القشريات تبدي قدرة مدهشة على تحمل نقص الأكسجين (Seibel and others, 2016, 2018). ويتسم بعض الأسماك المجدافية الأطراف بالتوزع عبر مناطق مختلفة حسب مراحل نموها، مع ازدهار مختلف مراحل الحياة في مستويات مختلفة من الأكسجين (Wishner and others, 2000؛ و Hidalgo and others, 2005).

ويتوسع العديد من مناطق الحد الأدنى من الأكسجين نتيجة لتغير المناخ (Stramma and others, 2008, 2010؛ و Levin, 2018). وسيتسبب هذا التوسع في فقدان متوقع للتنوع (Sperling and others, 2016) سيتزامن مع انخفاض القدرة على الصمود (Levin and others, 2013)، وانخفاض الاضطراب البيولوجي (Smith and others, 2000؛ و Levin and others, 2009؛ و Schimmelmann and others, 2016)، والتحولات في تجهيز الكربون من الكائنات الحيوانية الكبيرة إلى الكائنات الوحيدة الخلية (Woulds and others, 2007, 2009) وتغير الشبكات الغذائية (Sperling and others, 2013؛ و Gallo, 2018). ويتبين من الرصد الطويل المدى في خليج جنوب كاليفورنيا انخفاض في وفرة يرقات أسماك المياه التي تعيش في الطبقة المتوسطة العمق (Koslow and others, 2011) وضحالة الحدود العليا والسفلى من طبقة تشتيت العمق خلال النهار (الأسماك واللافقاريات الكبيرة) (Netburn and Koslow, 2015) بالاقتران مع نقص الأكسجين بسبب الضحالة خلال السنوات الخمس والعشرين الماضية. ويمكن أن يعتل بصر يرقات الحبار والأخطبوطيات وسرطان البحر في جنوب كاليفورنيا بسبب انخفاض توافر الأكسجين (McCormick and others, 2019). وفي جنوب شرق المحيط الهادئ، تتسم مناطق الحد الأدنى من الأكسجين بشدة الحساسية إزاء تفاوت أحوال المناخ، مع تقلب موسمي إلى فصلي كبير في الأكسجين ناجم عن تيار النينيو – التذبذب الجنوبي، وتقلبات التيار التحتي في بيرو – شيلي، والتيار التحتي الاستوائي، والدوامات (Czeschel and others, 2015؛ و Pizarro-Koch and others, 2018؛ و Espinoza-Morriberón and others, 2019). وتبين عدة بدائل تمثيلية حدوث عملية أكسجة حديثة (مسجلة منذ عام 1999) ترافقت مع تعمق مناطق الحد الأدنى من الأكسجين (Graco and others, 2017؛ و Cardich and others, 2019).

2-2-2 - تحمُّض المحيطات

تتعرض المنحدرات والأخاديد بشكل متزايد لتحمض المحيطات. وبموجب مسار التركيز التمثيلي 8-5 (سيناريو بقاء الأمور على حاليها فيما يتعلق بالمناخ)، من المتوقع أن ينخفض متوسط الرقم الهيدروجيني بنسبة 0,14 وحدة على المنحدرات و 0,11 وحدة في الأخاديد بحلول عام 2100 (الجدول 2) (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019؛ و Bindoff and others, 2019). والمحيط الأطلسي الشمالي معرض بشكل خاص لأن تكوين المياه العميقة ينشر التغيرات الآتية من السطح في كيمياء الكربونات في باطن المحيط، كما أن التيار الغربي المتاخم ينقل هذه التغيرات بشكل أفقي على مسافة أبعد؛ ويتوقع مسار التركيز التمثيلي 8,5

انخفاض الرقم الهيدروجيني بمقدار 0,3 وحدة لنسبة قدرها 14 في المائة من المنحدرات تحت 500 متر و 15 في المائة من الأخاديد بحلول عام 2100 (Gehlen and others, 2014). وقد تكون الأصنوفات التي يحدث لديها انخفاض الأكسجين وارتفاع ثاني أكسيد الكربون بشكل طبيعي أقل عرضة لآثار تحمض المحيطات، ولكن الأحواض المحيطية تختلف. ففي المحيط الهندي، يتأثر التنوع البيولوجي للكائنات الحيوانية الكبيرة بارتفاع ثاني أكسيد الكربون أكثر مما يتأثر بانخفاض الأكسجين، في حين أن العكس صحيح في شرق المحيط الهادئ، حيث يفسر انخفاض الأكسجين اتجاهات التنوع البيولوجي بشكل أفضل (Taylor and others, 2014؛ و Sperling and others, 2016؛ و Sato and others, 2018). ومن الضروري تعزيز نظم الرصد مثل الشبكة العالمية لرصد تحمض المحيطات من أجل تقييم التغيرات في نظام كربونات مياه البحر على المنحدرات والأخاديد.

الجدول 2

التغيرات المناخية المتوقعة مبيّنة كمتوسط (حد أدنى، حد أقصى) في قاع البحر العميق بالنسبة للمنحدرات القارية والأخاديد ومرجانيات المياه الباردة التي تم تعيينها على عمق يتراوح بين 200 إلى 2 500 متر في إطار مساري التركيز التمثيلي 8,5 و 2,6 من الوقت الحالي إلى الفترة 2081–2100 باستخدام 3 نماذج لنظام الأرض

	درجة الحرارة (المئوية)	الرقم الهيدروجيني	الأكسجين المذاب (جزئية صغرية/كلغ)	تدفق الكربون العضوي الجسيمي
	مسار التركيز التمثيلي 2,6	مسار التركيز التمثيلي 2,6	مسار التركيز التمثيلي 2,6	مسار التركيز التمثيلي 2,6
المنحدرات القارية	0,30+ (2,30+ ،0,44–)	0,06– (0,02– ،0,19–)	3,1– (61,7+ ،49,3–)	0,39– (3,9+ ،16,0–)
الأخاديد	0,31+ (1,76+ ،0,27–)	0,05– (0,01+ ،0,13–)	3,54– (29,30+ ،44,66–)	0,33– (3,53+ ،10,53–)
مرجانيات المياه الباردة	4,3+ (1,85+ ،0,29–)	0,07– (0,0 ،0,13–)	3,5– (24,7+ ،25,6–)	0,7– (3,4+ ،10,5–)
	مسار التركيز التمثيلي 8,5	مسار التركيز التمثيلي 8,5	مسار التركيز التمثيلي 8,5	مسار التركيز التمثيلي 8,5
المنحدرات القارية	0,75+ (4,4+ ،8,4–)	0,14– (0,44– ،0,02–)	10,2– (53,82+ ،67,8–)	0,66– (10,3+ ،33,33–)
الأخاديد	0,19+ (1,14+ ،0,03–)	0,11– (0,02+ ،0,35–)	0,80– (10,07+ ،28,76–)	0,80– (10,07+ ،28,76–)
مرجانيات المياه الباردة	0,96+ (3,84+ ،0,42–)	0,15– (0,001+ ،0,39–)	10,6– (11,1+ ،59,2–)	1,69– (4,6+ ،20,1–)

المصدر: مقتبس من الجدول 5-5 (Bindoff, N.L., and others, 2019).

2-2-3 - الإمدادات الغذائية

الإمدادات الغذائية للنظم الإيكولوجية في المنحدرات والأخاديد تأتي إلى حد كبير من تدفق المواد العضوية من مياه المحيطات السطحية. ومن المتوقع أن تشهد المنحدرات والأخاديد انخفاضات في تدفق الكربون العضوي الجسيمي بحلول الفترة 2081–2100 في إطار مجموعة من سيناريوهات الانبعاثات (باستثناء المحيطين الجنوبي والمتجمد الشمالي) مع انخفاضات متزامنة في الكتلة الأحيائية القاعية (Jones and others, 2014؛ و Yool and others, 2017؛

و Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019)؛ بيد أن الانخفاضات في تدفق الكربون العضوي الجسيمي من المتوقع أن تقل بنسبة تتراوح بين 30 و 50 في المائة في إطار مسار التركيز التمثيلي 2,6 عما ستكون عليه في مسار التركيز التمثيلي 8,5 (IPCC, 2019; table 2). ولم يحدَّد بعد حجم المساهمات الإجمالية لإنتاج التخليق الكيميائي في الشبكات الغذائية للمنحدرات والأخاديد، ولكن انفصال الميثان في المستقبل عن هيدرات الغاز المدفونة بفعل الاحترار (Biastoch and others, 2011) يمكن أن يزيد من هذه المساهمة.

2-3 - المنحدرات القارية كمستودع فريد من نوعه في علم البيئات القديمة

يعد المنحدر القاري بيئة فريدة من نوعها، وهو ذو أهمية حاسمة لفهم ديناميات التنوع البيولوجي التاريخية في أعماق البحار. فالمناطق التي تشهد معدلات ترسب مرتفعة جدا تتيح إعادة تهيئة الظروف الأوقيانوغرافية السابقة واستجابة التنوع البيولوجي على مدى فترات تقدر بعقود وقرون لآلاف السنين الماضية استنادا إلى القشريات الصدفية الدقيقة (Yasuhara and Cronin, 2008؛ و Yasuhara and others, 2017؛ و Yasuhara, 2018). ففي المحيط الأطلسي الشمالي، على سبيل المثال، أثر التغير المفاجئ في درجة الحرارة على وفرة القاعيات في أعماق البحار وعلى التنوع البيولوجي استنادا إلى سجلات للبيئات القديمة تعود إلى 20 000 سنة خَلت (Yasuhara and others, 2008, 2014, 2016؛ و Yasuhara and Danovaro, 2016).

2-4 - عدم تجانس الموائل

2-4-1 - المقارنات بين المنحدرات والأخاديد

تعتبر الأخاديد مصدراً رئيسياً لعدم التجانس والتنوع البيولوجي. وتبدو مجتمعات العوالق الميكروبية البدائية النواة والوحيدة الخلية متماثلة في بيئات الأخاديد والمنحدرات المغمورة في البحر الأبيض المتوسط (Celussi and others, 2018؛ و Diociaiuti and others, 2019)، على الرغم من أنه تم توثيق قدر أكبر من الفيروسات والعدوى الفيروسية داخل أخدود بيسانيو مقارنة بالمنحدر المجاور (Corinaldesi and others, 2019a, 2019b). ويمكن أن تؤثر الصلة القوية بين العمليات المتوسطة النطاق والتدفق المتعاقب للمياه الكثيفة خصوصا على الكيمياء الجيولوجية الحيوية (Chiggiato and others, 2016)، والجراثيم (Luna and others, 2016)، وترسب المواد العضوية، والإنتاج الجرثومي والنشاط الفيروسي (Rastelli and others, 2018) للأخاديد، وقد تكتسي أهمية بالغة بشكل خاص في دعم موائل المرجانيات في المياه العميقة (Taviani and others, 2019). وتشير المقارنات التي أُجريت مؤخرا إلى عدم وجود اختلافات كبيرة في الكتلة الحيوية أو الكثافة أو التركيب في المنخربات (Di Bella and others, 2019)، والكائنات البحرية الحيوانية المتعددة الخلايا (Bianchelli and others, 2010؛ و Bianchelli and Danovaro, 2019؛ و Carugati and others, 2019) والمجموعة الحيوانية العيانية (Harriague and others, 2019) بين المنحدرات والأخاديد في البحر الأبيض المتوسط. وعلى النقيض من ذلك، توجد كثافات أكبر من الكائنات المتغذية على الرواسب (المزماريات وأنواع خياريات البحر) والكائنات البحرية الحيوانية داخل أخاديد نيوزيلندا (التي تعيش على عمق يتراوح بين 700 و 1500 متر) مقارنة بالمنحدر المجاور (Rowden and others, 2016؛ و Rosli and others, 2016)، ربما بسبب الفروق في التعقيد الطبوغرافي وارتفاع توافر المواد العضوية (Leduc and others, 2014, 2016؛ و Rowden and others, 2016). كما أن عدم التجانس الكبير يعزز التنوع محلياً وإقليمياً داخل أخاديد البحر المتوسط (Gambi and others, 2019؛ و Bianchelli and Danovaro, 2019؛ و Carugati and others, 2019) وشمال شرق المحيط الأطلسي (Ingels and Vanreusel, 2013؛ و Ingels and others, 2011)،

مع ارتفاع معدل تجدد الأنواع بين الأخاديد (Harriague and others, 2019). ووجود مرجانيات المياه العميقة غير الشعابية (المرجانيات الحجرية والمرجانيات الثمانية) في الأعماق اللجية يعزز الكثافة ويؤثر على تكوين وتنوع تجمعات أحياء الرواسب في خليج المكسيك (Demopoulos and others, 2014, 2016؛ و Bourque and Demopoulos, 2018)، مع وجود مرجانيات مختلفة مرتبطة بمختلف مجتمعات الكائنات الحيوانية التي تعيش في الوسط الرسوبي، ربما بواسطة الاختلافات في الموائل. ووجود المرجانيات في المياه العميقة يفك الارتباط بين الكثافة – العمق الطبيعي وأنماط التنوع في المنطقة (Wei and others, 2010). ولذلك من المرجح أن يؤثر اختلال موائل المرجانيات على حيوانات الوسط الرسوبي التي تعيش في المنحدرات المجاورة (Bourque and Demopoulos, 2018). وعموماً، فإن التباين بين الموائل في تكوين الأنواع القاعية ووفرتها حسب المنطقة (Bowden and others, 2016؛ و Leduc and others, 2016) يمكن أن يحد من القدرة على استخلاص استنتاجات عامة بشأن الاختلافات بين الأخاديد والمنحدرات. وغالبا ما يلاحظ وجود العوالق الحيوانية، لا سيما الكريل، بكميات أوفر على حافة الأرصفة القارية والمنحدرات (Lu and others, 2003؛ و Lowe and others, 2018). ويمكن أن تؤدي مجموعة متنوعة من العمليات إلى مثل هذه التجمعات من العوالق الحيوانية والأسماك (Genin 2004)، ويبدو أن الأخاديد قد تساهم أيضا بشكل كبير في تكوين بؤر الكريل (Santora and others, 2018)، على الرغم من أن تأثيرها على العوالق الحيوانية الصغيرة غير موثق توثيقا جيدا.

2-4-2 – عدم التجانس الجيومورفي

يمكن استخدام الجوانب الجيومورفولوجية الدقيقة للمنحدرات والأخاديد، بما في ذلك عمق المياه ونوع الرواسب، والتبعثر المرتد للرواسب، والتعرض للأمواج، وخشونة قاع البحار، لتحديد المنحدرات والأخاديد كموائل والتنبؤ بالمجتمعات القاعية في غياب أخذ العينات (Harris and Baker, 2020؛ و Kenchington and others, 2014؛ و Pierdomenico and others, 2015, 2019؛ و Fanelli and others, 2018؛ و Huang, Zhi, and others, 2018). ويمكن الآن رصد خريطة المعالم الجيومورفولوجية، التي تتشكل بفعل التحات، ونقل الرواسب، والترسب، وعدم الاستقرار التكتوني (Lastras and others, 2008)، وكذلك البيولوجيا (Marsh and others, 2018؛ و Lo Iacono and others, 2019) بشكل فعال بواسطة المركبات التي تشغل من بعد والمركبات الغواصة المستقلة (Huvenne and others, 2018). وقد يستند التخطيط المكاني وتصميم المناطق البحرية المحمية وتخطيط البحوث وتقييم الموارد الاقتصادية إلى المعالم الطبيعية الجيومورفية (Harris and Baker, 2020؛ و Ismail and others, 2015؛ و Hogg and others, 2016)، مع التأكيد على أهمية الجهود الجارية لرسم خريطة قاع البحر بأكمله (Mayer and others, 2018). ويمكن أن يؤدي تفاعل معالم الأعماق البحرية أو التكتونية الكبيرة مع التيارات القاعية إلى انكشاف أو ترسب الأراضي الصلبة المعدنية والقشور، والعقيدات، بما في ذلك تلك التي تتشكل من المنغنيز الحديدي والفوسفوريت (Muiños and others, 2013) وكذلك إلى عدم استقرار المنحدرات (Teixeira and others, 2019).

2-4-3 – عدم التجانس الجيوكيميائي

يتأثر التنوع البيولوجي للأنظمة الإيكولوجية في المنحدرات والأخاديد بارتشاح الميثان وغيره من السوائل الغنية بالهيدروكربونات في قاع البحر (Levin, 2005؛ و Egger and others, 2018). وتستضيف مواقع ارتشاح الميثان مجتمعات من الحيوانات الضخمة المتمايزة، وتهيمن عليها الكائنات الحيوانية ذاتية التغذية الكيميائية (انظر الفصل 7 صاد). وقد كشف ظهور أساليب الكشف الصوتي عن الانبعاث العمودي للفقاعات مؤخرا عن طبيعة أماكن الارتشاح الواسعة الانتشار ووفرتها الكبيرة (Riedel and others, 2018؛ و Skarke and others, 2014). وقد يؤدي

ارتفاع درجة حرارة المحيطات وتغير الدوران، اللذان قد يشجعان تصريف الغازات، إلى زيادة عدد مواقع الارتشاح في المنحدرات (Phrampus and Hornbach, 2012؛ و Johnson and others, 2015). وتبين الاستكشافات الجديدة التأثير الذي يخلّفه الارتشاح على المجتمعات التي تعيش في خلفية المنحدرات والأخاديد (Levin and others, 2016a) من خلال توفير مصادر تخليق كيميائي للأغذية (Seabrook and others, 2019؛ و Rathburn and others 2009؛ و Goffredi and others, 2020)، وموائل للتفريخ (Treude and others, 2011؛ و Sen and others, 2019) والأراضي الصلبة (الكربونات) كركائز (Levin and others, 2015b, 2017)، وعبر تحفيز إنتاج الأعمدة المائية (D'souza and others, 2016).

2-5 - ترابط المجموعات

يمكن أن تظل المجموعات والمجتمعات والنظم الإيكولوجية المجزأة قابلة للحياة أو التعافي من الاختلال من خلال الربط الإيكولوجي، الذي يُعرَّف بأنه تبادل الأفراد أو الأنواع أو الموارد. وعلى المنحدرات القارية والأخاديد، تدعم الركائز الصلبة الموزعة بشكل غير متجانس المرجانيات والإسفنجيات في المياه العميقة المعرضة للاختلال الناجم عن الصيد، وتتسم بخصائص دورة الحياة التي لا تفضي إلى قدرة المجموعات على الصمود أو التعافي، مثل طول العمر، وبطء النمو والإمداد (Reed and others, 2007؛ و Huvenne and others, 2016؛ و Bennecke and Metaxas, 2017). ويمكن لفهم التباين المكاني في احتمالات التكاثر (Fountain and others, 2019) واستخدام النماذج الهيدروديناميكية لتقييم أنماط الربط أن يساعدا في وضع استراتيجيات فعالة للحفظ (Kool and others, 2013, 2015؛ و Metaxas and others, 2019). وحققت الدراسات الوراثية الحديثة فهما متقدما لمسافات النثر وديناميات المصدر - المصرف (source-sink dynamics)، التي تتفاوت بين أنواع مرجانيات والإسفنجيات في المياه الباردة في بيئات المنحدرات بدءا من مستوى السمات الإقليمية وصولا إلى مستوى السمات الجيومورفية (Zeng and others, 2017, 2019؛ و Holland and others, 2019)، ويمكن أن تكون التيارات الإقليمية والمحلية بمثابة طرق أو حواجز لنثر اليرقات (Dueñas and others, 2016؛ و Holland and others, 2019؛ و Zeng and others, 2019).

3 - خدمات النظم الإيكولوجية وفوائدها على المنحدرات وفي الأخاديد

تشمل خدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها المنحدرات والأخاديد احتجاز الكربون وإعادة تدوير المغذيات، ومصائد الأسماك، ودعم التنوع البيولوجي، والتخلص من النفايات، مع الاهتمام المستجد في تعدين الموارد غير المتجددة (Fernandez-Arcaya and others, 2017).

3-1 - مصائد الأسماك

يعتمد العديد من مصائد الأسماك في المياه العميقة على الجرف الخارجية والمنحدرات اللجية، حتى داخل بعض مناطق الحد الأدنى من الأكسجين (Keller and others, 2015). وتعد الأخاديد أماكن رئيسية للتغذية والسرء والإمداد للأسماك ذات القيمة الاقتصادية (D'Onghia and others, 2015) والمحاريات (Sardà and others, 2009). وتوجد الأسماك في كثير من الأحيان، وإن لم يكن دائما (Ross and others, 2015)، بوفرة أكبر وأحجام أكبر وبمعدلات نضج أسرع في الأخاديد، كما هو مبين بالنسبة لأسماك القرش، وجريث البحر، والنازلي والنهاش (Sion and others, 2019). ويشير اكتشاف روابط وثيقة لبعض أنواع الأسماك التجارية والمحاريات مع أماكن ارتشاح الميثان في المنحدرات والأخاديد (Sellanes and others, 2008؛ و Bowden and others, 2013؛ و Grupe and others, 2015؛ و Seabrook and

others, 2019) إلى احتمال مساهمة النظم البيئية الكيميائية التخليق في مصائد الأسماك على الحافة القارية (Levin and others, 2016a)، وقد دفع ذلك مجلس إدارة مصائد أسماك المحيط الهادئ في الولايات المتحدة إلى تعيين مواقع ارتشاح الميثان كموائل أساسية لأسماك القاع في ساحل المحيط الهادئ (Pacific Coast Groundfish Fishery Management Plan, amendment 28)[1].

3-2 - دعم الخدمات وتنظيمها

يسرع استكشاف المنحدرات والأخاديد من الاكتشاف المستمر لوظائف وخدمات جديدة، مثل الدور الناشئ لأسماك القاع وأسماك المياه العميقة على المنحدرات القارية في نقل الكربون من طبقة تشتيت العمق إلى أعماق أكبر في المحيط (Trueman and others, 2014؛ و Gallo, 2018؛ و Vieira and others, 2019). وعُثر على وظائف لدعم التفريخ على المنحدرات قبالة ساحل كوستاريكا للأخطبوطيات على عمق 3 000 متر وبيض سمك معلق داخل الكائنات الحيوانية الوحيدة الخلية (الكائنات الحيوانية الوحيدة الخلية العملاقة) (Levin and Rouse, 2019)، وفيما يتعلق بحالات بيض صُفيحيات الخياشيم المرتبطة بمواقع ارتشاح الميثان على المنحدرات قبالة شيلي والبحر الأبيض المتوسط (Treude and others, 2011) وفي حقول المرجان القرنية (Etnoyer and Warrenchuk, 2007). وتساهم العمليات الفيزيائية داخل الأخاديد في ارتفاع المغذيات إلى إلى الرصيف ونقل إنتاجية الرصيف في عرض البحر إلى المياه العميقة (Fernandez-Arcaya and others, 2017). وتؤدي العمليات الأخرى التي تشهدها الأخاديد إلى إزالة الملوثات والنفايات ودفنها ودعم التنوع البيولوجي بتوفير ملاذات من ضغط الصيد.

3-3 - الطاقة

توسع نطاق استغلال النفط والغاز ليصل إلى أعماق تتجاوز 3 000 متر على المنحدرات القارية في خليج المكسيك، قبالة سواحل أنغولا والبرازيل وأماكن أخرى (Merrie and others, 2014). وتتراكم المواد العضوية في الأخاديد وهي تُستهدف بشكل متزايد لاستخراج الهيدروكربون. فعلى سبيل المثال، توجد نسبة 24 في المائة من الأخاديد الأسترالية في إطار امتيازات اكتشاف النفط والغاز (Fernandez-Arcaya and others, 2017). وفي بعض البلدان، يمثل النفط والغاز مصدرا هاما للدخل. غير أن آثارا بيئية تترتب على الاستكشاف والعمليات الاعتيادية والانسكابات الهيدروكربونية (Cordes and others, 2016).

وعلى الرغم من أن عمليات استخدام الطاقة المتجددة البحرية في شكل هياكل أساسية ريحية لا تزال في المراحل الأولى من تطورها، فإنها قد تستخدم في نهاية المطاف هياكل عائمة فوق المياه العميقة التي يصل عمقها إلى 1000 متر (Bosch and others, 2018).

3-4 - المنتجات الطبيعية

هناك اهتمام متزايد بالتنقيب عن المركبات النشطة حيويا في أعماق البحار، على الرغم من أنه حتى عام 2016، كانت نسبة تقل عن 3 في المائة من المستقلبات البحرية المعروفة مستمدة من الكائنات الحية في المياه الباردة (Soldatou and Baker, 2017). وتبين أن البكتيريا والفطريات من رواسب أعماق البحار على المنحدرات القارية مصدر غني للمركبات ذات الخصائص المضادة للبكتيريا والفطريات والسرطان وسمية الخلايا (Skropeta and Wei, 2014). كما أن اللافقاريات، لا سيما المرجانيات الثمانية وأنواع الإسفنجيات الشائعة – التي تكثر في الأخاديد – تشكل أيضا أهدافا للاكتشاف البيولوجي (Winder and others, 2011؛ و Leal and others, 2012؛ و Blunt and others, 2013؛ و Fernandez-Arcaya and others, 2017)، باعتبارها مستقلبات إسفنجية ذات خصائص مضادة للأورام في أعماق البحار (Wright and others, 2017).

[1] متاح على العنوان الشبكي التالي: www.pcouncil.org/groundfish/fishery-management-plan.

4 - الآثار البشرية

حدد استعراض أجري مؤخرا أربع فئات رئيسية من الآثار البشرية على الأخاديد هي: مصائد الأسماك القاعية؛ والتنقيب عن النفط والغاز واستغلالهما؛ والملوثات والقمامة ومخلفات المناجم الآتية من الأرض؛ وعوامل الإجهاد الناجمة عن تغير المناخ (Fernandez-Arcaya and others, 2017). وتؤثر هذه الأنشطة نفسها على المنحدرات القارية، وكذلك التعدين المحتمل للمعادن (مثل الرمال والفوسفوريت) وهيدرات الغاز.

ولا تزال مصائد الأسماك التجارية على المنحدرات القارية وفي الأخاديد، على نحو ما جاء في التقييم العالمي الأول، مصدرا رئيسيا مباشرا لاختلال المجتمعات القاعية في أعماق البحار (Pusceddu and others, 2014؛ و Clark and others, 2016). وتتسبب شبكات الصيد التي تجر على قاع البحار في تعديل كبير لقاع البحر، حيث تزيد من تركيز الرواسب المعلقة (Daly and others, 2018؛ و Paradis and others, 2018a)، وتغير توزيع الرواسب وخصائصها (Martín and others, 2014a, 2014b؛ و Paradis and others, 2018b) وتكون بمثابة عامل إجهاد تراكمي في النظم الإيكولوجية التي تعاني من إجهاد أكسجيني (De Leo and others, 2017؛ و Levin and Gallo, 2019). وتنتج أنشطة الصيد القمامة والحطام من خلال الخطوط والشباك الخيشومية والشباك الكيسية المفقودة (مثل، Pham and others, 2014؛ و Maldonado and others, 2015؛ و Quattrini and others, 2015؛ و Vieira and others, 2015؛ و Tubau and others, 2015؛ و Woodall and others, 2015؛ و Lastras and others, 2016؛ و Cau and others, 2017؛ و Giusti and others, 2019)، التي تتشابك أو تلحق ضررا ماديا بمجموعة متنوعة من الأنواع البحرية، بما في ذلك مرجانيات المياه الباردة (Aymà and others, 2019). ويمكن أن تنتشر الأنواع المغيرة من خلال التعلق أو الارتباطات بهذا الحطام والقمامة، مما يشكل مصدر قلق آخر.

وتنتقل الملوثات والرواسب وفتات المواد العضوية واللدائن وغيرها من الحطام البحري بسهولة من مياه الجرف إلى الأخاديد (Salvadó and others, 2017, 2019؛ و Tamburrino and others, 2019) وأعماق البحار (Puig and others, 2014؛ و Leduc and others, 2018). ويعزز تراكم المعادن السامة (مثل الكادميوم) في الرواسب تحمل الجراثيم للمعادن (Papale and others, 2018). والقمامة البلاستيكية (مثل الأغلفة والأكياس والزجاجات) الواسعة الانتشار في قاع البحر على المنحدر القاري في جميع أنحاء العالم، لا سيما تحت مسارات السفن التي تشهد حركة كثيفة (Gerigny and others, 2019؛ و Mecho and others, 2020). وقد عُثر على جزيئات بلاستيكية، تنقل الملوثات العضوية الثابتة المتصة، في عينات مأخوذة من الحيوانات في المنحدرات والأخاديد العميقة (Woodall and others, 2014؛ و Taylor and others, 2016؛ و Courtene-Jones and others, 2017, 2019). ولدى التخلص من مخلفات المناجم وهي نفايات دقيقة الجسيمات يخلفها استخراج المعادن من الركاز على الأرض، يمكن أن تدخل معادن مثل الزرنيخ والكوبالت والنيكل والزئبق والرصاص والزنك ونفايات المعالجة (سيانيد الصوديوم والجير) إلى المنحدرات والأخاديد (Reichelt-Brushett, 2012؛ و Ramirez-Llodra and others, 2015). وفي عام 2015 وحده، قامت سبعة بلدان بنقل مخلفات المناجم عبر الأنابيب من 16 منجما إلى المحيط (Vare and others, 2018). وقد تتسبب المخلفات في موت الكائنات الحيوانية عن طريق الاختناق أو التسمم مباشرة أو من خلال تغير التفاعلات بين الأنواع، فضلاً عن التراكم الأحيائي.

ويمثل ظهور التعدين المحتمل لمناطق المنحدرات لاستغلال موارد الفوسفات (قبالة سواحل وجنوب

أفريقيا والمكسيك وناميبيا ونيوزيلندا) والمترسبات الكبريتيدية الضخمة في بيئات الجبال البحرية/القمم أو القطاعات الخلفية تهديدات إضافية لبيئات المنحدرات (Levin and others, 2016b). وتجذب هيدرات الغاز (الميثان المجمد) المدفونة على الحواف القارية اهتماما كبيرا بالاستغلال (Chong and others, 2016). وقد يولد استغلال هيدرات الغاز وإطلاقها آثارا بيئية على المنحدرات القارية وفي الأخاديد تشبه الآثار الموثقة الناجمة عن الاستغلال التقليدي للنفط والغاز في المياه العميقة أو تتجاوزها (Cordes and others, 2016؛ و Olsen and others, 2016). ويشكل عدم الاستقرار المادي للمنحدرات والأخاديد مسألة هامة ينبغي النظر فيها في سياق إدارة الأنشطة البشرية في هذه الموائل.

5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

لا يزال معظم الأخاديد والمنحدرات غير مستكشف، لا سيما في نصف الكرة الجنوبي وعلى حواف البلدان النامية. فلا يركز نصف جميع المنشورات ذات الصلة إلا على 11 من الأخاديد على مستوى العالم (Matos and others, 2018). وتم تحديد عدة ثغرات معرفية في التقييم العالمي الأول، ولكنها لا تزال موجودة، في معظمها. وهي تشمل تحديد خصائص التنوع البيولوجي لدى الأنواع الصغيرة على الركائز الصلبة (كما في الأخاديد) التي يصعب أخذ عينات منها. وعلاوة على ذلك، لا تزال نطاقات توزع الأنواع وأنماط الارتباط والاتجاهات الطويلة الأجل في القدرة على التكيف والحساسية إزاء الاختلالات الطبيعية والمناخية وغيرها من الاختلالات البشرية المنشأ غير معروفة جيداً بالنسبة لبيئات العديد من المنحدرات في جميع أنحاء العالم. ويُتوقع أن يحدث أكبر التغيرات التي تطرأ بفعل المناخ في بيئة الأعماق اللجية، التي تقع ضمن مناطق شاسعة تدعم مصائد الأسماك المنتجة أو درجة كبيرة من التنوع البيولوجي (Sweetman and others, 2017; see table 2).

وبصفة عامة، يعتمد حفظ النظم الإيكولوجية في الأخاديد والمنحدرات حاليا على استخدام بدائل تمثيلية فيزيوغرافية وجيومورفولوجية وأوقيانوغرافية وعمليات جرد لمجتمعات الأنواع لتحديد موقع الموارد الضعيفة لأغراض التخطيط والإدارة (مثل، Van den Beld and others, 2017؛ و Auster and others, 2020). وتتيح هذه المعارف استخدام نماذج توزع الأنواع (مثلاً بالنسبة للمرجانيات والإسفنجيات في أعماق البحار كما في Ross and others, 2019؛ و Kinlan and others, 2020؛ و Pearman and others, 2020؛ و Morato and others, 2020) ليُسترشد بها في السياسة العامة بشأن النطاق الجغرافي المكاني لأهداف الحفظ، ويمكن أن توجه برامج مثل شبكة "ناتورا 2000"، التي توفر آلية لإدراج مناطق أعماق البحار من الأخاديد والمنحدرات تحت إدارة وقائية (Serrano and others, 2017؛ و Van den Beld and others, 2017).

ومن أجل إدارة النظم الإيكولوجية للمنحدرات والأخاديد واستخدام مواردها بشكل مستدام، ينبغي معالجة المسائل العلمية الرئيسية، بما في ذلك المسائل التالية: التأثيرات الرئيسية على ترابط المجموعات وقدرتها على التعافي من الاختلالات؛ وأدوار ديناميات المصدر - المصرف، وتخصص المكامن البيئية والتفاعلات بين الأنواع في هيكلة التنوع؛ وما إذا كانت الظروف القاسية (انخفاض الأكسجين والرقم الهيدروجيني وارتفاع درجة كبريتيد الهيدروجين، وحالات التشبع المنخفض بالكربونات) والعلاقات التبادلية أو التيسيرية المتطورة للغاية (مثل التكافل والمعايشة) تغير قواعد تجمع الأنواع، أو القدرة على التكيف أو علاقات التنوع بين الوظائف؛ وما إذا كان هناك أصنوفات أو تجمعات مناسبة دالة على صحة النظم الإيكولوجية يمكن استخدامها كبدائل تمثيلية (انظر Levin and Sibuet, 2012 supplemental appendix). وسيُسترشد

بهذه المعلومات في تحديد الموائل الهامة من الناحية الإيكولوجية أو المعرضة للخطر، مثل المناطق ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية (Convention on Biological Diversity (CBD), 2009) والنظم الإيكولوجية البحرية الهشة (FAO, 2009). وتشمل المسائل الإدارية الرئيسية الأخرى ما يلي: (أ) استدامة التخلص من مخلفات البحار العميقة والآثار البيئية مقارنة بآثارها البيئية على اليابسة؛ (ب) كيفية إدماج مئات من مواقع الارتشاح المكتشفة حديثاً في إدارة الأنشطة البشرية؛ (ج) الكيفية التي سيتأثر بها الترابط المحيطي القاعي ونقل الكربون الذي تقوم به أسماك القاع (التي تتغذى على العوالق المهاجرة) بالصيد وبالتغيرات الطارئة بسبب المناخ في الإنتاج السطحي، وتكوين العوالق النباتية، والأكسجة، والتحمض.

وتنجم التحديات في التصدي لهذه الثغرات المعرفية عن النقص في أخذ العينات المرتبط ببعد هذه البيئات واتساعها وعدم تجانسها. ولم يتم بعد رسم خرائط ما نسبته 66 في المائة من المنحدرات القارية في قاع البحر على عمق يتراوح بين 200 و 1 000 متر وما نسبته 72 في المائة على عمق يتراوح منه بين 1 000 و 3 000 متر (Mayer and others, 2018). ولم يجر قط مسح مساحة أكبر من قاع البحر لأغراض البيولوجيا، بما في ذلك أجزاء كبيرة من حواف أفريقيا وأمريكا الجنوبية. وفي كثير من الأحيان، تحدد عمليات التقييم التي تجريها صناعة النفط والغاز قبل التنقيب التوصيفات الأولى للحواف العميقة (Pabis and others, 2019). ويلزم إجراء عمليات رصد متسلسلة زمنيا (أو مستمرة) على المنحدرات والأخاديد لتحديد درجة التفاوت الطبيعي والتجاوب مع تغير المناخ، وتقييم الحساسية إزاء آثار الأنشطة البشرية، مما سيتطلب تعاونا بين القطاعات والولايات (Evans and others, 2019؛ و Garçon and others 2019؛ و Levin and others, 2019؛ و Vieira and others, 2019). ويمكن أن يؤدي تسارع نقل المعارف والتكنولوجيا وكذلك الهياكل الأساسية العلمية في البلدان النامية إلى تحقيق تقدم كبير في سد هذه الثغرات، على النحو المبين في الفرع أدناه.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

بالنسبة لمعظم المحيط السحيق، يشكل الافتقار إلى الخبرة التصنيفية عقبة رئيسية في تقدم الدراسات المتعلقة بالتنوع البيولوجي (Fontaine and others, 2012؛ و Horton and others, 2017). ويفضل بعض الباحثين القيام بشكل متزايد باستخدام البصمة الوراثية كأداة بديلة للتصنيف الأحيائي على أساس المورفولوجيا (Sinniger and others, 2016)، في حين يرى آخرون ضرورة تسمية الأنواع من أجل دعم حفظ البيئة البحرية وتطوير الصناعة القائمة على المحيطات (Horton and others, 2017؛ و Glover and others, 2018). والتحيز الجغرافي في البحوث المتعلقة بالمنحدرات والأخاديد نحو المناطق الاقتصادية الخالصة للدول المتقدمة النمو المتاخمة لمحيط شمال الأطلسي والمحيط الهادئ، وحول أوقيانوسيا، يعكس الواقع في مجال الوصول والموارد المالية ومصالح الصناعات المعنية باستخراج الموارد. ويؤدي ذلك إلى فهم عالمي محدود لأنماط التنوع البيولوجي ودوافعه، وله عواقب على توزع الخبرات، التي توجد، فيما يتعلق بالمنحدرات والأخاديد، في المناطق المتقدمة النمو، وفي الهند والصين، وبدرجة أقل، البرازيل وشيلي. كما أدى إلى توزيع غير متكافئ للتكنولوجيا وأدوات التحليل والمنهجيات اللازمة للنهوض بالفهم العالمي للنظم الإيكولوجية في المنحدرات والأخاديد.

ويمكن البحث عن بعض الحلول بتوسيع نطاق مشاركة علماء البلدان النامية في برامج الرصد في المناطق البحرية (مثل شبكة الرصد الأوقيانوغرافي الجيوسترفي الآني (Argo)، والبرنامج العالمي للتحقيقات الهيدروغرافية للمحيطات من على متن السفن (GO-SHIP)، والبرنامج

الدولي المتعدد الاختصاصات للنظام المستديم للرصد البيئي الزمني للمحيطات (OceanSITES))، وشبكات الرصد (مثل الشبكة العالمية لرصد تحمض المحيطات، والشبكة العالمية لأكسجين المحيطات) والشبكات العلمية (استراتيجية رصد المحيطات العميقة، ومبادرة المحافظة على أعماق البحار، والشبكة الدولية لفحص الأخاديد المغمورة والتبادل العلمي). ويمكن تحقيق هذا الهدف جزئيا بواسطة الدورات التدريبية، أو إتاحة الفرص للملاحة السياحية، أو عقد حلقات العمل التوليفية، أو عضوية اللجان التوجيهية، ولكن التوجيه الشخصي الذي يوفر الدعم العلمي والموارد المالية عنصران أساسيان. ويمكن أن يوفر عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (2021–2030) الحافز لسد هذه الثغرات في القدرات.

وتمثل المنحدرات والأخاديد مصدرا كبيرا للتنوع البيولوجي في أعماق البحار، ويرجع ذلك جزئياً إلى عدم التجانس الجيومورفي والجيوكيميائي والبيئي. ولا يزال هذا التنوع البيولوجي في مرحلة الاكتشاف ولا يزال مفتقرا إلى الحماية بشكل كبير، ولكنه معرض بشكل متزايد لتضافر آثار تغير المناخ وتزايد النشاط البشري في مجال استخراج الموارد، والتلوث والتخلص من النفايات على الحواف القارية. ولا بد من تحسين رصد المحيطات، وتحديد خصائص التنوع البيولوجي، والمعارف التصنيفية، ونقل التكنولوجيا، لا سيما في نصف الكرة الجنوبي.

المراجع

Auster, P.J., and others (2020). A Scientific Basis for Designation of the Northeast Canyons and Seamounts Marine National Monument. *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, article 566, https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00566.

Aymà, Anna, and others (2019). Occurrence of Living Cold-Water Corals at Large Depths Within Submarine Canyons of the Northwestern Mediterranean Sea. In *Mediterranean Cold-Water Corals: Past, Present and Future*, pp. 271–284. Springer.

Bennecke, Swaantje, and Anna Metaxas (2017). Effectiveness of a deep-water coral conservation area: evaluation of its boundaries and changes in octocoral communities over 13 years. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 137, pp. 420–435.

Bertrand A., and others (2011) Oxygen: a fundamental property regulating pelagic ecosystem structure in the coastal southeastern tropical Pacific. *PLoS ONE*, vol. 6, No. 12, article e29558. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029558.

Bianchelli, S., and others (2010). Metazoan meiofauna in deep-sea canyons and adjacent open slopes: a large-scale comparison with focus on the rare taxa. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 57, No. 3, pp. 420–433.

Bianchelli, Silvia, and Roberto Danovaro (2019). Meiofaunal biodiversity in submarine canyons of the Mediterranean Sea: a meta-analysis. *Progress in Oceanography*, vol. 170, pp. 69–80.

Biastoch, A., and others. (2011). Rising Arctic Ocean temperatures cause gas hydrate destabilization and ocean acidification. *Geophysical Research Letters*, vol. 38, L08602, https://doi.org/10.1029/2011GL047222, 2011.

Bindoff, N.L., and others (2019). *Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities*. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, H-O. Pörtner and others, eds.

Blunt, J., and others (2013). Natural product reports. *Natural Product Reports*, vol. 39, pp. 237–323. https://doi.org/10.1039/C2NP20112G.

Bosch, Jonathan, and others (2018). Temporally explicit and spatially resolved global offshore wind energy potentials. *Energy*, vol. 163, pp. 766–781.

Bourque, Jill R., and Amanda W.J. Demopoulos (2018). The influence of different deep-sea coral habitats on sediment macrofaunal community structure and function. *PeerJ*, vol. 6, e5276.

Bowden, David A., and others (2013). Cold seep epifaunal communities on the Hikurangi Margin, New Zealand: composition, succession, and vulnerability to human activities. *PLoS One*, vol. 8, No. 10, e76869.

Bowden, David A., and others (2016). Deep-sea seabed habitats: Do they support distinct mega-epifaunal communities that have different vulnerabilities to anthropogenic disturbance? *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 107, pp. 31–47.

Cardich, J., and others (2019). Multidecadal changes in marine subsurface oxygenation off Central Peru during the last ca. 170 years. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, article 270, https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00270.

Carney, Robert S. (2005). Zonation of deep biota on continental margins. In *Oceanography and Marine Biology*, pp. 221–288. CRC Press.

Carugati, L., and others (2019). Patterns and drivers of meiofaunal assemblages in the canyons Polcevera and Bisagno of the Ligurian Sea (NW Mediterranean Sea). *Progress in Oceanography*, vol. 175, pp. 81–91.

Cau, Alessandro, and others (2017). Submarine canyons along the upper Sardinian slope (Central Western Mediterranean) as repositories for derelict fishing gears. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 123, Nos. 1–2, pp. 357–364.

Celussi, Mauro, and others (2018). Planktonic prokaryote and protist communities in a submarine canyon system in the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Progress in Oceanography*, vol. 168, pp. 210–221.

Chiggiato, Jacopo, and others (2016). Dense-water bottom currents in the Southern Adriatic Sea in spring 2012. *Marine Geology*, vol. 375, pp. 134–145.

Chong, Rong Zheng, and others (2016). Review of natural gas hydrates as an energy resource: Prospects and challenges. *Applied Energy,* vol. 162, pp. 1633–1652

Clark, Malcolm R., and others (2016). The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: a review. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 73, No. suppl. 1, pp. i51–i69.

Convention on Biological Diversity Secretariat (CBD) (2009). COP 12 Decision *XII/22.* Marine and coastal biodiversity: ecologically or biologically significant marine areas (EBSAs). www.cbd.int/decision/cop/?id=13385.

Cordes, Erik E., and others (2016). Environmental impacts of the deep-water oil and gas industry: a review to guide management strategies. *Frontiers in Environmental Science*, vol. 4, art. 58.

Corinaldesi, Cinzia, and others (2019a). High diversity of benthic bacterial and archaeal assemblages in deep-Mediterranean canyons and adjacent slopes. *Progress in Oceanography*, vol. 171, pp. 154–161.

Corinaldesi, Cinzia, and others (2019b). High rates of viral lysis stimulate prokaryotic turnover and C recycling in bathypelagic waters of a Ligurian canyon (Mediterranean Sea). *Progress in Oceanography*, vol. 171, pp. 70–75.

Courtene-Jones, Winnie, and others (2017). Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, vol. 231, pp. 271–280.

Courtene-Jones, Winnie, and others (2019). Consistent microplastic ingestion by deep-sea invertebrates over the last four decades (1976–2015), a study from the North East Atlantic. *Environmental Pollution*, vol. 244, pp. 503–512.

Czeschel, Rena, and others (2015). Circulation, eddies, oxygen and nutrient changes in the eastern tropical South Pacific Ocean. *Ocean Science,* vol. 11, pp. 455–470, https://doi.org/10.5194/os-11-455-2015.

Daly, Eoghan, and others (2018). Bottom trawling at Whittard Canyon: evidence for seabed modification, trawl plumes and food source heterogeneity. *Progress in Oceanography*.

Danovaro, R., and others (2009). α-, β-, γ-, δ-and ε-diversity of deep-sea nematodes in canyons and open slopes of Northeast Atlantic and Mediterranean margins. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 396, pp. 197–209.

De Leo, Fabio C., and others (2010). Submarine canyons: hotspots of benthic biomass and productivity in the deep sea. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 277, No. 1695, pp. 2783–2792.

De Leo, Fabio C., and others (2012). The effects of submarine canyons and the oxygen minimum zone on deep-sea fish assemblages off Hawai'i. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 64, pp. 54–70.

De Leo, Fabio C., and others (2017). Bottom trawling and oxygen minimum zone influences on continental slope benthic community structure off Vancouver Island (NE Pacific). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 137, pp. 404–419.

Demopoulos, Amanda W.J., and others (2016). Impacts of the Deepwater Horizon oil spill on deep-sea coral-associated sediment communities. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 561, pp. 51–68.

Demopoulos, Amanda W.J., and others (2014). Biodiversity and community composition of sediment macrofauna associated with deep-sea *Lophelia pertusa* habitats in the Gulf of Mexico. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 93, pp. 91–103.

Di Bella, L., and others (2019). Living foraminiferal assemblages in two submarine canyons (Polcevera and Bisagno) of the Ligurian basin (Mediterranean Sea). *Progress in Oceanography*, vol. 173, pp. 114–133.

Diociaiuti, Tommaso, and others (2019). Vertical distribution of microbial communities abundance and biomass in two NW Mediterranean Sea submarine canyons. *Progress in Oceanography*, vol. 175, pp. 14–23.

Domke, Lia, and others (2017). Influence of an oxygen minimum zone and macroalgal enrichment on benthic megafaunal community composition in a NE Pacific submarine canyon. *Marine Ecology*, vol. 38, No. 6, pe12481.

D'Onghia, Gianfranco, and others (2015). Exploring composition and behaviour of fish fauna by in situ observations in the Bari Canyon (Southern Adriatic Sea, Central Mediterranean). *Marine Ecology*, vol. 36, No. 3, pp. 541–556.

D'souza, N.A., and others (2016). Elevated surface chlorophyll associated with natural oil seeps in the Gulf of Mexico. *Nature Geoscience*, vol. 9, No. 3, p. 215.

Dueñas, Luisa F., and others (2016). The Antarctic Circumpolar Current as a diversification trigger for deep-sea octocorals. *BMC Evolutionary Biology*, vol. 16, No. 1, art. 2.

Egger, Matthias, and others (2018). Global diffusive fluxes of methane in marine sediments. *Nature Geoscience*, vol. 11, No. 6, p. 421.

Ekau, Werner, and others (2010). Impacts of hypoxia on the structure and processes in pelagic communities (zooplankton, macro-invertebrates and fish). *Biogeosciences*, vol. 7, No. 5, pp. 1669–1699.

Espinoza-Morriberón, D., and others. (2017). Impacts of El Niño events on the Peruvian upwelling system productivity. *Journal of Geophysical Research Oceans,* vol. 122, pp. 5423–5444, https://doi.org/10.1002/2016JC012439.

Etnoyer, Peter, and Jon Warrenchuk (2007). A catshark nursery in a deep gorgonian field in the Mississippi Canyon, Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, vol. 81, No. 3, pp. 553–559.

Evans, Karen, and others (2019). The Global Integrated World Ocean Assessment: Linking Observations to Science and Policy Across Multiple Scales. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 298.

Fanelli, Emanuela, and others (2018). Deep-sea mobile megafauna of Mediterranean submarine canyons and open slopes: analysis of spatial and bathymetric gradients. *Progress in Oceanography*, vol. 168, pp. 23–34.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2009). *International Guidelines for the Management of Deep-Sea Fisheries in the High-Seas*. Rome.

_____ (2019). *Deep-Ocean Climate Change Impacts on Habitat, Fish and Fisheries*. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 638. Rome.

Fernandez-Arcaya, Ulla, and others (2017). Ecological role of submarine canyons and need for canyon conservation: a review. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 5.

Fontaine, Benoît, and others (2012). 21 years of shelf life between discovery and description of new species. *Current Biology*, vol. 22, No. 22, pp. R943–R944.

Fountain, Christopher Tyler, and others (2019). Individual and Population Level Variation in the Reproductive Potential of Deep-Sea Corals From Different Regions Within the Gulf of Maine. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 172.

Gallo, Natalya D. (2018). Influence of ocean deoxygenation on demersal fish communities: lessons from upwelling margins and oxygen minimum zones. PhD Thesis, UC San Diego.

Gallo, Natalya D., and others (2020). Dissolved oxygen and temperature best predict of deep-sea fish community structure in the Gulf of California with implications for climate change. In *Marine Ecology Progress Series*, vol. 637, pp.159–180.

Gambi, Cristina, and others (2019). Biodiversity and distribution of meiofauna in the Gioia, Petrace and Dohrn Canyons (Tyrrhenian Sea). *Progress in Oceanography*, vol. 171, pp. 162–174.

Garçon, Véronique, and others (2019). Multidisciplinary Observing in the World Ocean's Oxygen Minimum Zone regions: from climate to fish – the VOICE initiative. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 722.

Gehlen, M., and others (2014). Projected pH reductions by 2100 might put deep North Atlantic biodiversity at risk. *Biogeosciences*, vol. 11, No. 23, pp. 6955–6967. https://doi.org/10.5194/bg-11-6955-2014.

Genin, Amatzia (2004). Bio-physical coupling in the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies. *Journal of Marine Systems*, vol. 50, No. 1, pp. 3–20. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2003.10.008.

Gerigny, O., and others (2019) Seafloor litter from the continental shelf and canyons in French Mediterranean water: distribution, typologies and trends. Marine Pollution Bulletin, vol. 146, pp. 653–666. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.030.

Gilly, William F., and others (2013). Oceanographic and biological effects of shoaling of the oxygen minimum zone. *Annual Review of Marine Science*, vol. 5, pp. 393–420.

Giusti, M., and others (2019). Coral forests and Derelict Fishing Gears in submarine canyon systems of the Ligurian Sea. *Progress in Oceanography*, vol. 178, art. 102186.

Glover, Adrian G., and others (2018). Point of View: Managing a sustainable deep-sea 'blue economy' requires knowledge of what actually lives there. *ELife*, vol. 7, e41319.

Goffredi, S.K., and others (2020). Methanotrophic bacterial symbionts fuel dense populations of deep-sea feather duster worms (Sabellida, Annelida) and extend the spatial influence of methane seepage. *Science Advances*, vol. 6, No. 14.

Gooday, A.J., and others (2009). Faunal responses to oxygen gradients on the Pakistan margin: a comparison of foraminiferans, macrofauna and megafauna. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 56, Nos. 6–7, pp. 488–502.

Gooday, A.J., and others (2010). Habitat heterogeneity and its influence on benthic biodiversity in oxygen minimum zones. *Marine Ecology*, vol. 31, No. 1, pp. 125–147.

Graco M., and others. (2017). The OMZ and nutrients features as a signature of interannual and low frequency variability off the Peruvian upwelling system. *Biogeosciences,* vol. 14, pp. 4601–4617. https://doi.org/10.5194/bg-14-4601-2017.

Grupe, Benjamin M., and others (2015). Methane seep ecosystem functions and services from a recently discovered southern California seep. *Marine Ecology*, vol. 36, pp. 91–108.

Harriague, Anabella Covazzi, and others (2019). Macrofaunal assemblages in canyon and adjacent slope of the NW and Central Mediterranean systems. *Progress in Oceanography*, vol. 171, pp. 38–48.Harris, Peter, and others (2014). Geomorphology of the oceans. *Marine Geology*, vol. 352. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.01.011.

Harris, Peter T., and Elaine K. Baker (2020). GeoHab atlas of seafloor geomorphic features and benthic habitats–synthesis and lessons learned. In *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat*, pp. 969–990. Elsevier.

Helly, John J., and Lisa A. Levin (2004). Global distribution of naturally occurring marine hypoxia on continental margins. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 51, No. 9, pp. 1159–1168.

Hidalgo, Pamela, and others (2005). Ontogenetic vertical distribution and diel migration of the copepod *Eucalanus inermis* in the oxygen minimum zone off northern Chile (20–21° S). *Journal of Plankton Research*, vol. 27, pp. 519–529.

Hogg, Oliver T., and others (2016). Landscape mapping at sub-Antarctic South Georgia provides a protocol for underpinning large-scale marine protected areas. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 33163.

Holland, L.P., and others (2019). *Genetic connectivity of deep-sea corals in the New Zealand region*. New Zealand Aquatic Environment & Biodiversity Report No. 245, Wellington.

Horton, Tammy, and others (2017). Improving nomenclatural consistency: a decade of experience in the World Register of Marine Species. *European Journal of Taxonomy*, No. 389.

Huang, Huai-Hsuan May, and others (2018). Benthic biotic response to climate changes over the last 700,000 years in a deep marginal sea: impacts of deoxygenation and the Mid-Brunhes Event. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, vol. 33, No. 7, pp. 766–777.

Huang, Huai-Hsuan May, and others (2019). Deep-sea ostracod faunal dynamics in a marginal sea: biotic response to oxygen variability and mid-Pleistocene global changes. *Paleobiology*, vol. 45, No. 1, pp. 85–97.

Huang, Zhi, and others (2018). A conceptual surrogacy framework to evaluate the habitat potential of submarine canyons. *Progress in Oceanography,* vol. 169, pp. 199–213. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.11.007.

Hunter, William R., and others (2011). Epi-benthic megafaunal zonation across an oxygen minimum zone at the Indian continental margin. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 58, No. 6, pp. 699–710.

Huvenne, V.A.I., and others (2016). Effectiveness of a deep-sea cold-water coral Marine Protected Area, following eight years of fisheries closure. *Biological Conservation*, vol. 200, pp. 60–69.

Huvenne, V.A.I., and others (2018). ROVs and AUVs. In *Submarine Geomorphology*, pp. 93–108. Springer.

Ingels, Jeroen, and others (2009). Nematode diversity and its relation to the quantity and quality of sedimentary organic matter in the deep Nazaré Canyon, Western Iberian Margin. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 56, No. 9, pp. 1521–1539.

Ingels, Jeroen, and others (2011). Structural and functional diversity of Nematoda in relation with environmental variables in the Setúbal and Cascais canyons, Western Iberian Margin. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 58, Nos. 23–24, pp. 2354–2368.

Ingels, Jeroen, and Ann Vanreusel (2013). The importance of different spatial scales in determining structural and functional characteristics of deep-sea infauna communities. *Biogeosciences*, vol. 10, No. 7, pp. 4547–4563.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019). Summary for Policymakers. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, H-O. Pörtner and others, eds.

Ismail, Khaira, and others (2015). Objective automated classification technique for marine landscape mapping in submarine canyons. *Marine Geology*, vol. 362, pp. 17–32.

Johnson, H. Paul, and others (2015). Analysis of bubble plume distributions to evaluate methane hydrate decomposition on the continental slope. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 16, No. 11, pp. 3825–3839.

Jones, Daniel O.B., and others (2014). Global reductions in seafloor biomass in response to climate change. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 6, pp. 1861–1872.

Keller, Aimee A., and others (2015). Occurrence of demersal fishes in relation to near-bottom oxygen levels within the California Current large marine ecosystem. *Fisheries Oceanography*, vol. 24, No. 2, pp. 162–176.

Kelly, Noreen E., and others (2010). Biodiversity of the deep-sea continental margin bordering the Gulf of Maine (NW Atlantic): relationships among sub-regions and to shelf systems. *PloS One*, vol. 5, No. 11, e13832.

Kenchington, E.L., and others (2014). Limited depth zonation among bathyal epibenthic megafauna of the Gully submarine canyon, northwest Atlantic. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 104, pp. 67–82.

Kinlan, B.P., and others (2020). Predictive modeling of suitable habitat for deep-sea corals offshore the Northeast United States. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 158, https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103229.

Kool, Johnathan T., and others (2015). Simulated larval connectivity among Australia's southwest submarine canyons. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 539, pp. 77–91.

Kool, Johnathan T., and others (2013). Population connectivity: recent advances and new perspectives. *Landscape Ecology*, vol. 28, No. 2, pp. 165–185.

Koslow, J. Anthony, and others (2011). Impact of declining intermediate-water oxygen on deepwater fishes in the California Current. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 436, pp. 207–218.

Lastras, G., and others (2008). Geomorphology and sedimentary features in the Central Portuguese submarine canyons, Western Iberian margin. *Geomorphology*, vol. 103, No. 3, pp. 310–329.

Lastras, G., and others (2016). Cold-Water Corals and Anthropogenic Impacts in La Fonera Submarine Canyon Head, Northwestern Mediterranean Sea. *PLoS One*, vol. 11, No. 5, pp. 1–36. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155729.

Leal, M.C., and others (2012). Trends in the discovery of new marine natural products from invertebrates over the last two decades – where and what are we bioprospecting. *PLoS One*, vol. 7, No. 1, art. e30580, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030580.

Leduc, Daniel, and others (2014). Unusually high food availability in Kaikoura Canyon linked to distinct deep-sea nematode community. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 104, pp. 310–318.

Leduc, Daniel, and others (2016). Limited differences among habitats in deep-sea macro-infaunal communities off New Zealand: implications for their vulnerability to anthropogenic disturbance. *Marine Ecology*, vol. 37, No. 4, pp. 845–866.

Leduc, Daniel, and others (2018). *Quantifying the Transfer of Terrestrial Organic Matter into Two Contrasting New Zealand Submarine Canyon Systems Using Bulk and Compound-Specific Stable Isotopes*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24107.08482.

Levin, Lisa A. (2003). Oxygen minimum zone benthos: Adaptation and community response to hypoxia. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review,* vol. 41, pp. 1–45.

_____(2005). Ecology of cold seep sediments: interactions of fauna with flow, chemistry and microbes. In *Oceanography and Marine Biology*, pp. 11–56. CRC Press.

_____ (2018). Manifestation, drivers, and emergence of open ocean deoxygenation. *Annual Review of Marine Science*, vol. 10, pp. 229–260.

Levin, Lisa A., and Greg Rouse (2019). Giant Protists (Xenophyophores) Function as Fish Nurseries. *Ecology*. https://doi.org/10.1002/ecy.2933.

Levin, Lisa A., and John D. Gage (1998). Relationships between oxygen, organic matter and the diversity of bathyal macrofauna. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 45, No. 1–3, pp. 129–163.

Levin, Lisa A., and Myriam Sibuet (2012). Understanding continental margin biodiversity: a new imperative. *Annual Review of Marine Science*, vol. 4, pp. 79–112.

Levin, Lisa A., and Natalya D. Gallo (2019). Chapter 8.5: Continental margin benthic and demersal biota. In *Ocean Deoxygenation – Everyone's Problem: Causes, Impacts, Consequences and Solutions*, D. Laffoley and J.M. Baxter, eds. Gland: IUCN.

Levin, Lisa A., and others (2001). Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 32, No. 1, pp. 51–93.

Levin, Lisa A., and others (2009). Oxygen and organic matter thresholds for benthic faunal activity on the Pakistan margin oxygen minimum zone (700–1100 m). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 56, Nos. 6–7, pp. 449–471.

Levin, Lisa A., and others (2013). Macrofaunal colonization across the Indian Margin oxygen minimum zone. *Biogeosciences*, vol. 10, pp. 7161–77.

Levin, Lisa A., and others (2015a). Biodiversity on the rocks: macrofauna inhabiting authigenic carbonate at Costa Rica methane seeps. *PLoS One*, vol. 10, No. 7, e0131080.

Levin, Lisa A., and others (2015b). Comparative biogeochemistry–ecosystem–human interactions on dynamic continental margins. *Journal of Marine Systems*, vol. 141, pp. 3–17.

Levin, Lisa A., and others (2016a). Defining "serious harm" to the marine environment in the context of deep-seabed mining. *Marine Policy*, vol. 74, pp. 245–259.

Levin, Lisa A., and others (2016b). Hydrothermal vents and methane seeps: rethinking the sphere of influence. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 72.

Levin, Lisa A., and others (2017). Methane seepage effects on biodiversity and biological traits of macrofauna inhabiting authigenic carbonates. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 137, pp. 26–41.

Levin, Lisa A., and others (2019). Global observing needs in the deep ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 241.https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00241.

Lo Iacono, Claudio, and others (2019). 15 Habitat Mapping of Cold-Water Corals in the Mediterranean Sea. In *Mediterranean Cold-Water Corals: Past, Present and Future: Understanding the Deep-Sea Realms of Coral*, Covadonga Orejas and Carlos Jiménez, eds., pp. 157–171. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91608-8_15.

Lowe, Michael R., and others (2018). Drivers of euphausiid distribution and abundance in the Northeast U.S. Shelf Large Marine Ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 4, pp. 1280–95. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx247.

Lu, Beiwei, and others (2003). Cross-shore separation of adult and juvenile euphausiids in a shelf-break alongshore current. *Progress in Oceanography*, vol. 57, No. 3, pp. 381–404. https://doi.org/10.1016/S0079-6611(03)00107-1.

Luna, Gian Marco, and others (2016). Dense water plumes modulate richness and productivity of deep sea microbes. *Environmental Microbiology*, vol. 18, No. 12, pp. 4537–4548.

Maldonado, Manuel, and others (2015). Aggregated clumps of lithistid sponges: a singular, reef-like bathyal habitat with relevant paleontological connections. *PloS One*, vol. 10, No. 5, e0125378.

Marsh, Leigh, and others (2018). Geomorphological evidence of large vertebrates interacting with the seafloor at abyssal depths in a region designated for deep–sea mining. *Royal Society Open Science*, vol. 5, No.8, 180286.

Martín, Jacobo, and others (2014a). Impact of bottom trawling on deep–sea sediment properties along the flanks of a submarine canyon. *PloS One*, vol. 9, No. 8, e104536.

Martín, Jacobo, and others (2014b). Trawling–induced daily sediment resuspension in the flank of a Mediterranean submarine canyon. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 104, pp. 174–183.

Matos, F.L., and others (2018). Canyons pride and prejudice: Exploring the submarine canyon research landscape, a history of geographic and thematic bias. *Progress in Oceanography*, vol. 169, pp. 6–19.

Mayer, Larry, and others (2018). The Nippon Foundation—GEBCO seabed 2030 project: The quest to see the world's oceans completely mapped by 2030. *Geosciences*, vol. 8, No. 2, art. 63.

McCormick, Lillian R., and others (2019). Vision is highly sensitive to oxygen availability in marine invertebrate larvae. *Journal of Experimental Biology*, vol. 222, No. 10, jeb200899.

Mecho, A., and others (2020). Deep–sea litter in the Gulf of Cadiz (Northeastern Atlantic, Spain). *Marine Pollution Bulletin*, vol. 153, 110969. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110969.

Menot, Lenaick, and others (2010). New perceptions of continental margin biodiversity. *Life in the World's Oceans: Diversity, Distribution, and Abundance, Edited by: McIntyre, AD*79–103.

Merrie, Andrew, and others (2014). An ocean of surprises – trends in human use, unexpected dynamics and governance challenges in areas beyond national jurisdiction. *Global Environmental Change*, vol. 27, pp. 19–31.

Metaxas, Anna, and others (2019). Hydrodynamic connectivity of habitats of deep–water corals in Corsair Canyon, Northwest Atlantic: a case for cross–boundary conservation. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 159.

Morato, Telmo, and others. (2020). Climate–induced changes in the suitable habitat of cold–water corals and commercially important deep–sea fishes in the North Atlantic. *Global Change Biology*, vol. 26, pp. 2181–2202. https://doi.org/10.1111/gcb.14996.

Muiños, Susana Bolhão, and others (2013). Deep–sea Fe–Mn Crusts from the Northeast Atlantic Ocean: Composition and Resource Considerations. *Marine Georesources & Geotechnology*, vol. 31, No. 1, pp. 40–70.https://doi.org/10.1080/1064119X.2012.661215.

Narayanaswamy, Bhavani E., and others (2010). Deep–water macrofaunal diversity in the Faroe–Shetland region (NE Atlantic): a margin subject to an unusual thermal regime. *Marine Ecology*, vol. 31, No. 1, pp. 237–246.

Netburn, Amanda N., and J. Anthony Koslow (2015). Dissolved oxygen as a constraint on daytime deep scattering layer depth in the southern California current ecosystem. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 104, pp. 149–158.

Olsen, B.R., and others (2016). Environmental challenges related to offshore mining and gas hydrate extraction. *Miljødirektoratet. Rapport M–532*.

Pabis, Krzysztof, and others (2019). Natural and anthropogenic factors influencing abundance of the benthic macrofauna along the shelf and slope of the Gulf of Guinea, a large marine ecosystem off West Africa. *Oceanologia*.

Papale, Maria, and others (2018). Heavy–metal resistant microorganisms in sediments from submarine canyons and the adjacent continental slope in the northeastern Ligurian margin (Western Mediterranean Sea). *Progress in Oceanography*, vol. 168, pp. 155–168.

Paradis, Sarah, and others (2018a). Enhancement of sedimentation rates in the Foix Canyon after the renewal of trawling fleets in the early XXIst century. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 132, pp. 51–59.

Paradis, Sarah, and others (2018b). Spatial distribution of sedimentation-rate increases in Blanes Canyon caused by technification of bottom trawling fleet. *Progress in Oceanography*, vol. 169, pp. 241–252.

Pearman, T.R.R., and others (2020). Improving the predictive capability of benthic species distribution models by incorporating oceanographic data – towards holistic ecological modelling of a submarine canyon. *Progress in Oceanography*, vol. 184, art. 102338.

Pham, Christopher K., and others (2014). Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PloS One*, vol. 9, No. 4, e95839.

Phrampus, Benjamin J., and Matthew J. Hornbach (2012). Recent changes to the Gulf Stream causing widespread gas hydrate destabilization. *Nature*, vol. 490, No. 7421, p. 527.

Pierdomenico, M. and others (2019). Megafauna distribution along active submarine canyons of the central Mediterranean: relationships with environmental variables. *Progress in Oceanography*, vol. 171, pp. 49–69.

Pierdomenico, M. and others (2015). Sedimentary facies, geomorphic features and habitat distribution at the Hudson Canyon head from AUV multibeam data. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 121, pp. 112–125.

Pizarro-Koch, M., and others (2018). Seasonal variability of the southern tip of the Oxygen Minimum Zone in the Eastern South Pacific (30°–38°S): A modeling study. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 124, pp. 8574–8604. https://doi.org/10.1029/2019JC015201.

Priede, Imants G., and others (2010). Deep-sea demersal fish species richness in the Porcupine Seabight, NE Atlantic Ocean: global and regional patterns. *Marine Ecology*, vol. 31, No. 1, pp. 247–260.

Puig, Pere, and others (2014). Contemporary sediment-transport processes in submarine canyons. *Annual Review of Marine Science*, vol. 6, pp. 53–77.

Pusceddu, Antonio, and others (2014). Chronic and intensive bottom trawling impairs deep-sea biodiversity and ecosystem functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 24, pp. 8861–8866.

Quattrini, Andrea M., and others (2015). Exploration of the canyon-incised continental margin of the northeastern United States reveals dynamic habitats and diverse communities. *PLoS One*, vol. 10, No. 10, e0139904.

Ramirez-Llodra, Eva, and others (2015). Submarine and deep-sea mine tailing placements: a review of current practices, environmental issues, natural analogs and knowledge gaps in Norway and internationally. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 97, No. 1, pp. 13–35. https://doi.org/10.1016/j.mar polbul.2015.05.062.

Rastelli, Eugenio, and others (2018). Rapid response of benthic deep-sea microbes (viruses and prokaryotes) to an intense dense shelf water cascading event in a submarine canyon of the NW Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, vol. 168, pp. 35–42.

Rathburn, A.E., and others (2009). Geological and biological heterogeneity of the Aleutian margin (1965–4822 m). *Progress in Oceanography*, vol. 80, Nos. 1–2, pp. 22–50.

Reed, John K., and others (2007). Impacts of bottom trawling on a deep-water Oculina coral ecosystem off Florida. *Bulletin of Marine Science*, vol. 81, No. 3, pp. 481–496.

Reichelt-Brushett, Amanda (2012). Risk assessment and ecotoxicology: limitations and recommendations for ocean disposal of mine waste in the coral triangle. *Oceanography*, vol. 25, No. 4, pp. 40–51.

Rex, Michael A., and Gilbert T. Rowe (1983). Geographic patterns of species diversity in the deep-sea benthos. In *The Sea*, pp. 453–472. New York: Wiley.

Rex, Michael A., and Ron J. Etter (2010). *Deep-Sea Biodiversity: Pattern and Scale*. Cambridge: Harvard University Press.

Riedel, Michael, and others (2018). Distributed natural gas venting offshore along the Cascadia margin. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, pp. 1–14.

Rosli, Norliana, and others (2016). Differences in meiofauna communities with sediment depth are greater than habitat effects on the New Zealand continental margin: implications for vulnerability to anthropogenic disturbance. *PeerJ*, vol. 4, e2154.

Ross, Rebecca, and others (2019). Combining distribution and dispersal models to identify a particularly vulnerable marine ecosystem. *Frontiers in Marine Science,* vol. 6, art. 574. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00574.

Ross, Steve W., and others (2015). Demersal fish distribution and habitat use within and near Baltimore and Norfolk Canyons, US middle Atlantic slope. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 103, pp. 137–154.

Rowden, Ashley A., and others (2016). Habitat differences in deep-sea megafaunal communities off New Zealand: implications for vulnerability to anthropogenic disturbance and management. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 241.

Salvadó, Joan A., and others (2017). Transfer of lipid molecules and polycyclic aromatic hydrocarbons to open marine waters by dense water cascading events. *Progress in Oceanography*, vol. 159, pp. 178–194.

Salvadó, Joan A., and others (2019). Influence of deep water formation by open-sea convection on the transport of low hydrophobicity organic pollutants in the NW Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, vol. 647, pp. 597–605.

Salvatteci, Renato, and others (2019). Fish debris in sediments from the last 25 kyr in the Humboldt Current reveal the role of productivity and oxygen on small pelagic fishes. *Progress in Oceanography,* vol. 176, art. 102114. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2019.05.006.

Santora, Jarrod A., and others (2018). Submarine canyons represent an essential habitat network for krill hotspots in a Large Marine Ecosystem. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 7579. https://doi.org/10.1038/s41598-018-25742-9.

Sardà, F., and others (2009). Relationship between environment and the occurrence of the deep-water rose shrimp *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) in the Blanes submarine canyon (NW Mediterranean). *Progress in Oceanography*, vol. 82, No. 4, pp. 227–238.

Sato, Kirk N., and others (2018). Response of sea urchin fitness traits to environmental gradients across the southern California oxygen minimum zone. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 258.

Schimmelmann, Arndt, and others (2016). Varves in marine sediments: a review. *Earth-Science Reviews*, vol. 159, pp. 215–246.

Seabrook, Sarah, and others (2019). Flipping for Food: The use of a methane seep by Tanner Crabs (*Chionoecetes tanneri*). *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 43.

Seibel, Brad A., and others (2016). Hypoxia tolerance and metabolic suppression in oxygen minimum zone euphausiids: implications for ocean deoxygenation and biogeochemical cycles. *Integrative and Comparative Biology*, vol. 56, No. 4, pp. 510–523.

Seibel, Brad A., and others (2018). Metabolic suppression in the pelagic crab, *Pleuroncodes planipes*, in oxygen minimum zones. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, vol. 224, pp. 88–97.

Sellanes, Javier, and others (2010). Diversity patterns along and across the Chilean margin: a continental slope encompassing oxygen gradients and methane seep benthic habitats. *Marine Ecology*, vol. 31, No. 1, pp. 111–124.

Sellanes, Javier, and others (2008). Megafauna community structure and trophic relationships at the recently discovered Concepción Methane Seep Area, Chile, 36 S. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 65, No. 7, pp. 1102–1111.

Sen, Arunima, and others (2019). Atypical biological features of a new cold seep site on the Lofoten–Vesterålen continental margin (northern Norway). *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 1762.

Serrano, A., and others (2017). Deep-sea benthic habitats modeling and mapping in a NE Atlantic seamount (Galicia Bank) *Deep-sea Research Part 1*, vol. 126, pp. 115–127

Sinniger, Frédéric, and others (2016). Worldwide analysis of sedimentary DNA reveals major gaps in taxonomic knowledge of deep-sea benthos. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 92.

Sion, Letizia, and others (2019). Does the Bari Canyon (Central Mediterranean) influence the fish distribution and abundance? *Progress in Oceanography*, vol. 170, pp. 81–92.

Skarke, Adam, and others (2014). Widespread methane leakage from the sea floor on the northern US Atlantic margin. *Nature Geoscience*, vol. 7, No. 9, p. 657.

Skropeta, D., and L. Wei (2014). Recent advances in deep-sea natural products. *Natural Product Reports*, vol. 31, pp. 999–1025. https://doi.org/10.1039/C3NP70118B.

Smith, Craig R., and others (2000). Variations in bioturbation across the oxygen minimum zone in the northwest Arabian Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 47, Nos. 1–2, pp. 227–257.

Soldatou, Sylvia, and Bill J. Baker (2017). Cold-water marine natural products, 2006 to 2016. *Natural Product Reports*, vol. 34, pp. 585–626. https://doi.org/10.1039/C6NP00127K.

Sperling, Erik A., and others (2013). Oxygen, ecology, and the Cambrian radiation of animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 33, pp. 13446–13451.

Sperling, Erik A., and others (2016). Biodiversity response to natural gradients of multiple stressors on continental margins. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 283, No. 1829, 20160637.

Stramma, Lothar, and others (2008). Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. *Science*, vol. 320, No. 5876, pp. 655–658.

Stramma, Lothar, and others (2010). Ocean oxygen minima expansions and their biological impacts. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 57, No. 4, pp. 587–595.

Sweetman, Andrew K., and others (2017). Major impacts of climate change on deep-sea benthic ecosystems. *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 5, No. 4.

Tamburrino, Stella, and others (2019). Pathways of inorganic and organic contaminants from land to deep sea: the case study of the Gulf of Cagliari (W Tyrrhenian Sea). *Science of the Total Environment*, vol. 647, pp. 334–341.

Taviani, Marco, and others (2019). U/Th dating records of cold-water coral colonization in submarine canyons and adjacent sectors of the southern Adriatic Sea since the Last Glacial Maximum. *Progress in Oceanography*, vol. 175.

Taylor, M.L., and others (2016). Plastic microfibre ingestion by deep-sea organisms. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 33997.

Taylor, J.R., and others (2014). Physiological effects of environmental acidification in the deep-sea urchin *Strongylocentrotus fragilis*. *Biogeosciences*, vol. 11, No. 5, pp. 1413–1423.

Teixeira, Manuel, and others (2019). Interaction of along slope and downslope processes in the Alentejo Margin (SW Iberia) – Implications on slope stability. *Marine Geology*, vol. 410, pp. 88–108. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2018.12.011.

Treude, Tina, and others (2011). Elasmobranch egg capsules associated with modern and ancient cold seeps: a nursery for marine deep-water predators. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 437, pp. 175–181.

Trueman, C.N., and others (2014). Trophic interactions of fish communities at midwater depths enhance long-term carbon storage and benthic production on continental slopes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281, No. 1787, 20140669.

Tubau, Xavier, and others (2015). Marine litter on the floor of deep submarine canyons of the Northwestern Mediterranean Sea: the role of hydrodynamic processes. *Progress in Oceanography*, vol. 134, pp. 379–403.

Tutasi, Pritha, and Ruben Escribano (2020). Zooplankton diel vertical migration and downward C flux into the oxygen minimum zone in the highly productive upwelling region off northern Chile. *Biogeosciences,* vol. 17, pp. 455–473.

United Nations (2017a). Chapter 36F: Open ocean deep sea. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). Chapter 51: Biological communities on seamounts and other submarine features potentially threatened by disturbance. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017c). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Van den Beld, I.M., and others (2017). Cold-water coral habitats in submarine canyons of the Bay of Biscay. *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, art. 118, https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00118.

Vare, Lindsay L., and others (2018). Scientific considerations for the assessment and management of mine tailings disposal in the deep sea. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 17.

Vieira, Rui P., and others (2015). Lost fishing gear and litter at Gorringe Bank (NE Atlantic). *Journal of Sea Research*, vol. 100, pp. 91–98.

Vieira, Rui P., and others (2019). Deep-water fisheries along the British Isles continental slopes: status, ecosystem effects and future perspectives. *Journal of Fish Biology*.

Wei, Chih-Lin, and others (2010). Bathymetric zonation of deep-sea macrofauna in relation to export of surface phytoplankton production. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 399, pp. 1–14.

Winder, Priscilla L., and others (2011). Natural Products from the Lithistida: A Review of the Literature since 2000. *Marine Drugs*, vol. 9, pp. 2643–2682; https://doi.org/10.3390/md9122643.

Wishner, Karen F., and others (1995). Pelagic and benthic ecology of the lower interface of the Eastern Tropical Pacific oxygen minimum zone. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 42, No. 1, pp. 93–115.

Wishner, Karen F., and others (2008). Vertical zonation and distributions of calanoid copepods through the lower oxycline of the Arabian Sea oxygen minimum zone. *Progress in Oceanography*, vol. 78, No. 2, pp. 163–191.

Wishner, Karen F., and others (2013). Zooplankton in the eastern tropical north Pacific: boundary effects of oxygen minimum zone expansion. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 79, pp. 122–140.

Wishner, Karen F., and others (2018). Ocean deoxygenation and zooplankton: Very small oxygen differences matter. *Science Advances*, vol. 4, No. 12, eaau5180.

Wishner, Karen F., and others (2000). Living in suboxia: ecology of an Arabian Sea oxygen minimum zone copepod. *Limnology and Oceanography*, vol. 45, No. 7, pp. 1576–1593.

Woodall, Lucy C., and others (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, vol. 1, No. 4, 140317.

Woodall, Lucy C., and others (2015). Deep-sea litter: a comparison of seamounts, banks and a ridge in the Atlantic and Indian Oceans reveals both environmental and anthropogenic factors impact accumulation and composition. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 3.

Woulds, Clare, and others (2007). Oxygen as a control on sea floor biological communities and their roles in sedimentary carbon cycling. *Limnology and Oceanography*, vol. 52, No. 4, pp. 1698–1709.

Woulds, Clare, and others (2009). The short-term fate of organic carbon in marine sediments: comparing the Pakistan margin to other regions. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 56, Nos. 6–7, pp. 393–402.

Wright, Amy E., and others (2017). Analogues of the potent antitumor compound Leiodermatolide from a deep-water sponge of the genus *Leiodermatium*. *Journal of Natural Products,* vol. 80, pp. 735−73, https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b01140.

Yasuhara, Moriaki (2018). Marine biodiversity in space and time: what tiny fossils tell. *Mètode Science Studies Journal-Annual Review*, No. 9.

Yasuhara, Moriaki, and others (2008). Abrupt climate change and collapse of deep-sea ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, No. 5, pp. 1556–1560.

Yasuhara, Moriaki, and others (2014). Response of deep-sea biodiversity to abrupt deglacial and Holocene climate changes in the North Atlantic Ocean. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 23, No. 9, pp. 957–967.

Yasuhara, Moriaki, and others (2016). Biodiversity–ecosystem functioning relationships in long-term time series and palaeoecological records: deep sea as a test bed. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 371, No. 1694, 20150282.

Yasuhara, Moriaki, and others (2017). Combining marine macroecology and palaeoecology in understanding biodiversity: microfossils as a model. *Biological Reviews*, vol. 92, No. 1, pp. 199–215.

Yasuhara, Moriaki, and Roberto Danovaro (2016). Temperature impacts on deep-sea biodiversity. *Biological Reviews*, vol. 91, No. 2, pp. 275–287.

Yasuhara, Moriaki, and Thomas M. Cronin (2008). Climatic influences on deep-sea ostracode (Crustacea) diversity for the last three million years. *Ecology*, vol. 89, No. sp. 11, pp. S53–S65.

Yool, Andrew, and others (2017). Big in the benthos: Future change of seafloor community biomass in a global, body size-resolved model. *Global Change Biology*, vol. 23, No. 9, pp. 3554–3566.

Zeng, Cong and others (2017). Population genetic structure and connectivity of deep-sea stony corals (Order Scleractinia) in the New Zealand region: Implications for the conservation and management of vulnerable marine ecosystems. *Evolutionary Applications*, vol. 10, No. 10, pp. 1040–1054.

Zeng, Cong and others (2019). The use of spatially explicit genetic variation data from four deep-sea sponges to inform the protection of Vulnerable Marine Ecosystems. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 5482.

الفصل 7 كاف

جليد خطوط العرض العليا

المساهمون: غرانت ر. بيج (منظم الاجتماعات)، وماوريتسيو أزارو، وكارين إيفانز (العضوة الرئيسية عن الفصل الفرعي)، وهو غريفيث، ومورياكي ياسوهارا.

النقاط الرئيسية

- يتسم جليد خطوط العرض العليا بانخفاضات كبيرة، ولكنها متباينة جغرافياً، في مساحة الجليد البحري نتيجة لتغير المناخ.
- يتيح فقدان الموائل الجليدية في منطقة القطب الشمالي وجرف الجليد في القطب الجنوبي توسع أنواع الكائنات غير القاعية والقاعية على السواء إلى بيئات المياه المفتوحة حديثا.
- غير أن وفرة العديد من الأنواع المعتمدة على الجليد تتناقص، كما أن توزعها الجغرافي قد ينخفض أيضا، على وجه العموم، لا سيما في القطب الشمالي.
- يتيح تقلص مساحة الجليد البحري في القطب الشمالي فرصاً متزايدة لمجموعة من الأنشطة البشرية، منها صيد الأسماك والملاحة والتنقيب عن الهيدروكربونات، مع ما يترتب على ذلك من آثار إيجابية بالنسبة للعديد من أهداف التنمية المستدامة[1].
- إلا أن العديد من هذه الأنشطة سيظل هامشيا لبعض الوقت حيث لا يتوقع خلو القطب الشمالي من الجليد بشكل موسمي إلا في وقت لاحق من هذا القرن.
- غير أن تناقص الجليد البحري سيقلل الفرص المتاحة للمجتمعات المحلية لصيد الكفاف.

1 - مقدمة

يتضمن هذا الفصل الفرعي معلومات مستكملة عن الفصل 46 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a). كما أنه يتناول بيئات جليد خطوط العرض العليا على نطاق أوسع بما يشمل مناقشة الموائل المرتبطة بالجبال الجليدية والجروف الجليدية. ويتداخل هذا الفصل الفرعي مع جوانب التنوع البيولوجي في خطوط العرض العليا الواردة في العديد من الفصول الفرعية في الفصل 6 من هذا التقييم. بيد أن التركيز في هذا الفصل الفرعي ينصب على استخدام موائل الجليد البحري والتفاعلات بين الكائنات الحية داخل هذه الموائل. وعلاوة على ذلك، نظرا لأن جليد خطوط العرض العليا هو في جوهره موئل في السواحل وفي المحيطات المفتوحة، يتفاعل الفصل الفرعي مع عدة موائل أخرى (مثل الموائل القاعية وموائل المحيطات المفتوحة والموائل المتصلة بالسواحل) يتناولها الفصل 7.

وكانت الحالة الأساسية لمناقشة موائل جليد خطوط العرض العليا في التقييم العالمي الأول (United Nations, 2017b) هي حالة تغير هائل وسريع. وهذه الدرجة من التغير تعد جوهرية إلى حد ما بالنسبة للموئل نفسه، الذي يواجه تقلبات فصلية قوية بين الحد الأدنى من التغطية الجليدية في ذروة الصيف والحد الأقصى من التغطية الجليدية في أواخر الشتاء. غير أن موئل متوسط الجليد البحري نفسه كان يتغير بشكل كبير، مع انخفاض مساحة الجليد وسماكة الجليد ومتوسط عمر الجليد بسرعة في القطب الشمالي. وفي المحيط الجنوبي، كان التغير في الموائل الجليدية البحرية أقل، على الرغم من أن العديد من الجروف الجليدية في شبه جزيرة أنتاركتيكا قد انهار خلال العقود السابقة (Vaughan and others, 2013). وقوبلت هذه التغيرات في الموائل باستجابات متزامنة معها في النظم الإيكولوجية المرتبطة بها (United Nations, 2017b). وتبين أن الأنواع البحرية والبرية ذات القيمة الرمزية التي تكيفت مع موائل الجليد البحري، مثل الدببة القطبية وحيتان النارول والفقمة ومختلف الطيور البحرية، تتناقص من حيث الوفرة والتوزع الجغرافي. وتبين أن طحالب الجليد البحري تؤدي دوراً رئيسياً في الإنتاج الأولي لهذه الموائل؛ وأدى توسع بيئات المحيطات المفتوحة إلى زيادة تكاثر العوالق النباتية. وأدى كلا هذين التغيرين إلى تغير قاعدة السلسلة الغذائية في خطوط العرض العليا. وبصفة عامة، يؤدي توسع بيئات المحيطات المفتوحة إلى زيادة

[1] انظر قرار الجمعية العامة 1/70.

وفرة الأنواع من المحيطات المفتوحة وتوزعها الجغرافي في الوقت نفسه. وفي المحيط الجنوبي، لم يكن من المؤكد ما إذا كانت التغيرات في موائل الجليد البحري تؤثر على الأنواع الأساسية، لا سيما على مجموعات الكريل.

ولئن كان التقدم الكبير في فهم العلوم البيولوجية البحرية القطبية (Robinson, 2009؛ و Stoddart, 2010) خلال السنة القطبية الدولية (2007-2008) قد أتاح معلومات جديدة للتقييم العالمي الأول، فإن أوجه التقدم في المعرفة المتاحة للتقييم العالمي الثاني للمحيطات كانت نتيجة لمجموعة متنوعة من المبادرات المحدودة.

2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020

كان التغير البيئي الرئيسي في موائل جليد خطوط العرض العليا منذ التقييم العالمي الأول استمراراً للتغير الذي حدث الماضي (الشكل الأول، انظر أيضاً الفصل 5 من هذا التقييم). ويرتبط أكبر أوجه التقدم في المعارف والقدرات وتحديد الاتجاهات إلى حد كبير بالبرامج الوطنية والدولية مثل مرصد الانجراف التخصصات لدراسة مناخ القطب الشمالي، وحملة الملاحة حول أنتاركتيكا، والمنظمات الدولية العريقة مثل مجلس القطب الشمالي المتعدد الجنسيات ولجنة حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا. وتصدر عن الدول موجزات سنوية ومجدولة بانتظام لتغير القطب الشمالي، بما في ذلك موائل الجليد، مثل "بطاقة تقرير القطب الشمالي" (Arctic Report Card) الصادرة عن الإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي التابعة للولايات المتحدة (Richter-Menge and others, 2019)، و"تقرير حالة المحيط المتجمد الشمالي لعام 2019" (State of the Arctic Ocean Report 2019) الصادر عن وزارة مصائد الأسماك والمحيطات في كندا (Niemi and others, 2019) وعن لجان دولية، مثل "التقرير العلمي لحالة القطب الشمالي" (State of Arctic science report)، الصادر عن اللجنة العلمية المعنية ببحوث المنطقة القطبية الشمالية (2020) واللجنة العلمية المعنية بالبحوث الخاصة بأنتاركتيكا (2020). ويصدر مزيد من الملخصات العالمية، تتعلق أيضا بتغير الموائل الجليدية، عن طريق الجمعية الأمريكية للأرصاد الجوية (Blunden and Arndt, 2019). وأعد مجلس القطب الشمالي ملخصات تغطي ما شهده القطب الشمالي على مدى 25 عاماً من تغيرات في الغلاف الجليدي (Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 2017) والتنوع البيولوجي (Conservation of Arctic Flora and Fauna Programme (CAFF), 2017).

2-1 - موائل الجليد البحري

شهد القطب الشمالي انخفاضا مستمرا على المدى الطويل في مساحة الجليد البحري (انظر الفصل 5 أيضا)، في الصيف والشتاء على حد سواء. فقد وصلت مساحة الجليد البحري في القطب الشمالي في الصيف إلى وضع متوسط جديد منخفض، رغم أن ذلك قد يكون مؤقتاً (Vaughan and others, 2013). وينطبق الحد الأدنى الجديد أيضاً على سماكة الجليد البحري، من خلال فقدان كميات كبيرة من الجليد التي تشكّل على مدى سنوات متعددة بعد عام 2007، واستمرار هذا الانخفاض في السنوات التي تلت ذلك (Serreze and Meier, 2019). والجدير بالإشارة هو قطاع المحيط الهادئ من القطب الشمالي، رغم انخفاض الجليد البحري في القطب الشمالي بصفة عامة، يفقد جليده بشكل أسرع بكثير مما هو عليه في القطاعات الأخرى من القطب الشمالي، بما في ذلك أرخبيل القطب الشمالي الكندي (انظر الشكل العاشر من الفصل 5).

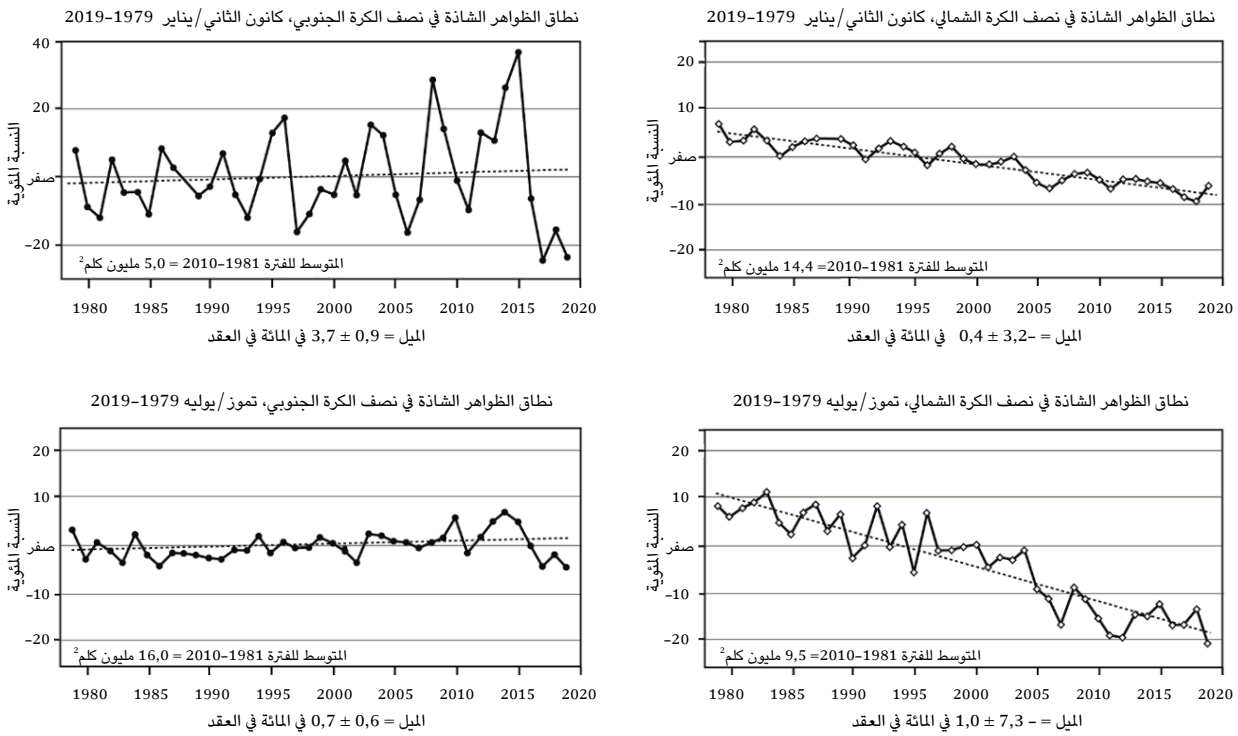
وفي المحيط الجنوبي، على الرغم من وجود تباين قوي بين السنوات، على غرار التباين الذي لوحظ في التقييم العالمي الأول، لم يحدث أساسا أي تغيير طويل الأجل في مساحة الجليد البحري في الصيف أو الشتاء (الشكل الأول؛ وانظر الفصل 5). ولكن في الفترة 2017 إلى 2019، كانت مستويات شهر كانون الثاني/يناير (الحد الأدنى)

أقل باستمرار من المستويات المسجلة منذ بدء تسجيلات السواتل في عام 1979، خاصة في المناطق العادية المغطاة بالجليد في بحري ويدل وأموندسن. وقد يكون ذلك نتيجة للاحترار الأوقيانوغرافي الذي حدث مؤخراً في المحيط الجنوبي (Meehl and others, 2019).

ويعني التغير السريع في البيئة المادية، إلى جانب عدم إمكانية الوصول النسبية إلى المحيطات القطبية، أن الدراسات قد ركزت إلى حد كبير على سيناريوهات تغير المناخ (انظر الفصل 5 أيضا)، لا سيما في قاعدة النظام التغذوي، بدلا من تحديد التغير التاريخي. وتشير دراسات محدودة عن تجمعات المياه المالحة الجليدية البحرية إلى عدم حدوث أي تغير حتى الآن فيما يتعلق بزيادة تركز ثاني أكسيد الكربون أو انخفاض الرقم الهيدروجيني (McMinn and others, 2017). ولكن تَبين أن إنتاجية العوالق النباتية تحت سطح الجليد البحري مرتفعة بشكل غير متوقع (Arrigo and others, 2012). وقد يكون لهذه التغيرات آثار إيجابية على الكائنات القاعية وكائنات الطبقة العليا للمحيطات بزيادة الإمدادات الغذائية من الكربون العضوي الجسيمي إلى مستويات تغذوية أدنى (Oxtoby and others, 2017؛ و Yasuhara and others, 2012؛ و Xu and others, 2018)، وتبين أن طحالب الدياتوم من داخل الجليد البحري تحافظ على الإنتاج تحت الجليد خلال فصل الشتاء في جرف شمال شرق تشوكشي (Koch and others, 2020).

الشكل الأول

الاتجاهات في مساحة الجليد البحري خلال الصيف والشتاء لكل من المناطق القطبية في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي منذ أن أصبحت الصور المرسلة من السواتل متاحة في عام 1979



المصادر: Fetterer and others, 2017؛ ومؤشر الجليد البحري الصادر عن المركز الوطني لبيانات الثلج والجليد، المتاح على العنوان الشبكي https://nsidc.org/data/seaice_index/compare_trends، الذي يوفر معلومات مستكملة شهرية ويومية عن نطاقات واتجاهات الجليد البحري في منطقتي القطب الشمالي والقطب الجنوبي.

ملاحظة: يظهر ميل خط الاتجاه في كل شكل. والاتجاهات في نصف الكرة الشمالي ذات دلالة إحصائية عند مستوى 0,01، في حين أن اتجاهات نصف الكرة الجنوبي ليست ذات دلالة.

ويتعلق أثر تناقص الجليد البحري في القطب الشمالي على أنوع بعينها من مجموعات الثدييات البحرية والطيور البحرية، ويتوقف على مدى اعتماد كل نوع على موائل الجليد البحري. وفي حين تبين أن النوارس العاجية (Pagophila eburnea) تستخدم المنطقة الجليدية الحدودية في القطب الشمالي والبحر المفتوح القريب، وجد غيلغ وآخرون ((Gilg and others (2016) أن قرابة 80 في المائة من أنواع الطيور البحرية كانت تبحث عن الغذاء في مناطق الجليد البحري المرتفع التركيز الذي تتزايد ندرتها. وقد يشير هذا الاستخدام المتغير لموائل الجليد إلى القدرة على التكيف في ظل تغير المناخ. وأدى انخفاض الجليد البحري في القطب الشمالي إلى انخفاض عام في أعداد الطيور البحرية في بحر بيرنغ بنسبة 10 في المائة تقريبا (Renner and others, 2016). وهناك بعض الأدلة على أنه مع تغير موائل الفرائس، تستغل أنواع مثل حوت البلوغة (Delphinapterus leucas) الموائل البحرية التي اتسع نطاقها (Hauser and others, 2018)، وتبدي بشكل عام استجابة مرنة على صعيد التغذية في مواجهة تغير البيئة (O'Corry-Crowe and others, 2016). وفي المقابل، أدى انخفاض الجليد البحري إلى تقليل وفرة الفقامات المحلقة (Pusa hispida) في خليج هدسون (Ferguson and others, 2017)، كما تقلص نطاق توزعها في أرخبيل سفالبارد، مما يؤدي إلى انخفاض كبير في تداخل النطاق في هذه الجزر مع أكبر الضواري في القطب الشمالي، وهو الدب القطبي (Ursus maritimus). واستجابة لذلك، لوحظ أن الدببة القطبية تتغذى بشكل متزايد على الطيور التي تعشش في الأرض (Hamilton and others, 2017) وجثث الحيتان (Pagano and others, 2020)، مع ما يقترن بذلك من زيادة في إنفاق الطاقة. وفي القطب الجنوبي، تبين أن الاحترار السريع يؤدي إلى تحرك مجموعات الكريل (Euphausia superba) نحو الجنوب، مع انخفاض في الكثافة ولكن مع زيادات في طول أجسام الأفراد (Atkinson and others, 2019). ويشير هوكشتاد وآخرون ((Hückstädt and others (2020 إلى أن ذلك يُرجّح أن يخلف عواقب سلبية على الأنواع التي تعتمد على الكريل، مثل الفقمة الآكلة لسرطان البحر (Lobodon carcinophaga).

2-2 - موائل الجروف الجليدية والجبال الجليدية

تمتد الموائل الجليدية لكل من الجروف الجليدية والجبال الجليدية على مئات الأمتار تحت سطح المحيط، مما يعني أن خصائصها البحرية المميزة تختلف كثيرا عن خصائص الجليد البحري، سواء من حيث تأثيرها على المناطق المحيطة بها في المحيطات أو من حيث نوع الموائل التي توفرها مساحاتها السطحية والمغمورة. وتوفر الجروف الجليدية أماكن تكاثر مستقرة مع إمكانية الوصول المباشر إلى المحيط حيثما تتيحه السماكة الطرفية للمحيطات، وقد استخدمتها الأنواع التي تعتمد على الجروف الجليدية للتكاثر، مثل بطاريق الإمبراطور (Aptenodytes forsteri)، لسنوات عديدة (Wienecke, 2012؛ و Fretwell and others, 2014). وتوفر المساحات السطحية للجروف الجليدية موائل للحُصر الميكروبية، لا سيما عندما توجد رواسب ريحية أو رواسب يحملها الجليد (Mueller and others, 2006)، مما يوفر آلية لنقل الكائنات على مسافات بعيدة (Cefarelli and others, 2016). غير أن البيئات المظلمة تحت الجروف الجليدية هي التي توفر موائل متنوعة بشكل مدهش. ويوجد معظم هذه الموائل في القاع، الذي يمكن أن تزوده المواد الآتية من الجروف الجليدية بالمغذيات (Hawes and others, 2018)، مما يؤدي إلى نشاط ميكروبي (Vicks-Majors and others, 2016) وطائفة من الأنواع الموجودة في عداد القاعيات المتوسطة (Pawlowski and others, 2005؛ و Ingole and Singh, 2010). ويستخدم بعض الكائنات الحية سطح الجروف الجليدي المغمورة بشكل أكثر مباشرة. وهي تشمل القد الصخري الأصلع (Pagothenia borchgrevinki) الذي يتصيد الفرائس على طول سطح الجليد (Gutt, 2002) وشقائق نعمان البحر (Edwardsiella

andrillae) التي تستخدم سطح الجليد كركيزة (Daly and others, 2013؛ و Murray and others, 2016). وأدى تفكك الجروف الجليدية في كل من القطب الشمالي والقطب الجنوبي إلى فقدان إقليمي لهذه البيئة الفريدة المظلمة، ولكن انتشر تنوع بيولوجي كبير في المناطق المعرضة حديثا للمدخلات السطحية، مما أدى إلى هبوط كبير في مستويات الكربون (Barnes and others, 2018).

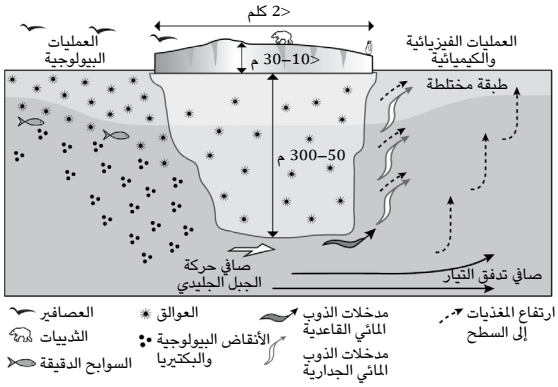
ويتفاوت حجم الجبال الجليدية، من الكسور العائمة الحرة الآتية من الجروف الجليدية، لا سيما في القطب الجنوبي وليس حصرا عليه، إلى شظايا الجليد التي يبلغ حجمها بضع عشرات من الأمتار من حيث الحجم المقطوع من تشطر الجليد في طرف النهر الجليدي المكون من مياه المد والجزر. ولذلك فإنها، باعتبارها نظما إيكولوجية، تتفاوت في مساهمتها البحرية بدرجة كبيرة. فعند الحد الأقصى الذي تكون فيه ضخمة، تشكل هذه الجروف الجليدية قطعا تتحرك بحرية فعلية، ويمكن أن توفر أماكن كبيرة لتعشيش الطيور البحرية وتغذيتها في كل من القطب الجنوبي (Ruhl and others, 2011؛ و Joiris, 2018) والقطب الشمالي. وفي القطب الشمالي، تم العثور على كل من النوارس العاجية (Nachtsheim and others, 2016) والنوارس السوداء الساق (Rissa tridactyla؛ Joiris, 2018) بوفرة على جبال جليدية مختلفة الأحجام وبالقرب منها. وجرى التخمين بأن حركة الجبال الجليدية العملاقة في الماضي في القطب الجنوبي ربما قد ساعدت في تسهيل توزع بطاريق آديلي (Pygoscelis adeliae) من خلال النقل على الجليد (Shepherd and others, 2005). ويمكن أيضاً أن يكون لهذه الجبال الجليدية الكبيرة آثار سلبية على النظم الإيكولوجية. فإذا رسا جبل جليدي عملاق لفترات طويلة قبالة سرب موجود من البطاريق، يمكن أن يمنع وجوده، وما يرتبط به من انتشار الجليد الثابت، مرور فرادى الطيور، فيمنع الوصول إلى أماكن البحث عن المأكل ويؤدي إلى وفاة عدد كبير من الفراخ (Kooyman and others, 2007؛ و Wilson and others, 2016).

وإضافة إلى ذلك، فإن رسو الرواسب القاعية وتحاتها بفعل الجبال الجليدية الكبيرة يشكل اختلالا فيزيائيا وله تأثير خطير على الكائنات القاعية (Kaiser and others, 2013؛ و Yasuhara and others, 2007). وفي المناطق التي يكثر فيها مرور الجبال الجليدية، مثل المناطق الشاسعة على طول سواحل أنتاركتيكا وغرينلاند (Bigg, 2015)، قد يطال الاختلال ما يصل إلى 30 في المائة من قاع البحر في أي سنة، حيث يُقتل ما يصل إلى ثلثي الحيوانات القاعية في تلك المنطقة (Barnes, 2017). وبما أن فترة تعافي النظام الإيكولوجي تستغرق عدة سنوات، يمكن أن يؤدي هذا التدمير إلى فقدان قدر كبير على المدى القصير من قدرة المنطقة على تكون بمثابة مخزن للكربون، لا سيما في البحار الضحلة (Barnes and others, 2018).

ويتيح ذوبان الجبال الجليدية دخول المغذيات والعناصر النزرة الموجودة في الجليد أو عليه في الماء، مما يهيئ نظاما بيئيا محليا مميزا ومنتجا (Smith and others, 2007؛ و Smith and others, 2013). وعملية الذوبان، مع ما يصاحبها من انبعاث عمودي جديد نسبيا من القاع إلى السطح، تساعد في دخول هذه المغذيات في مياه السطح (الشكل الثاني)، التي يمكن أن تكون مستويات تركيز الكلوروفيل فيها أكثر بمقدار يتراوح بين 4 و 10 مرات من مستوى التركيز الطبيعي وبالإضافة إلى ذلك، يوجد قرب الجبال الجليدية ارتفاع في أعداد الكائنات البكتيرية وتكوين للمجموعات يختلف عن تكوين تلك الموجودة في المياه القريبة التي لم تتعرض للاضطراب (Kaufmann and others, 2011؛ و Dinasquet and others, 2017). وعلاوة على ذلك، فإن اجتماع عناصر زيادة المغذيات حول الجبل الجليدي (Helly and others, 2011)، مع زيادة الحديد (Raiswell and others, 2008؛ و De Jong and others, 2015) والسيليكا (Hawkings and others, 2017) من الحطام الجليدي الذي تطلقه عملية الذوبان يؤدي إلى زيادات في مستويات العوالق النباتية (Vernet and others, 2011) وتأثيرات محتملة على احتجاز الكربون (Cefarelli and others, 2016؛ و Duprat and others, 2016).

الشكل الثاني

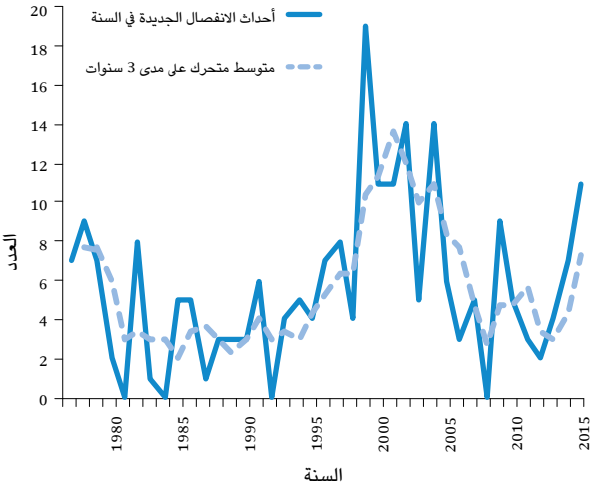
النظام الإيكولوجي للقطب الشمالي/القطب الجنوبي على جبل جليدي وحوله



المصدر: Bigg, 2015. استُنسخ الشكل بعد الحصول على إذن.

الشكل الثالث

عدد أحداث انفصال الجبال الجليدية العملاقة في القطب الجنوبي سنويا



المصدران: انظر بادج ولونغ (Budge and Long, 2017)؛ وقاعدة بيانات تتبع الجبال الجليدية في القطب الجنوبي، المتاحة على العنوان الشبكي www.scp.byu.edu/data/iceberg/.

ملاحظة: يتجاوز طول الجبال الجليدية العملاقة 18 كيلومترا، ولكن لا يوجد تقدير متسق متاح للمساحة/الحجم على مدى المقياس الزمني. ويمثل الخط المتصل العدد السنوي لأحداث الانفصال؛ في حين يمثل الخط المتقطع المتوسط المتحرك على مدى ثلاث سنوات.

ومن المتوقع أن يؤدي انحلال الجروف الجليدية (مثل، Fettweis and others, 2017؛ و Rignot and others, 2019) إلى زيادة أعداد الجبال الجليدية؛ ولكن لا توجد تقديرات شاملة وطويلة الأجل لعدد الجبال الجليدية في كل من القطب الشمالي والقطب الجنوبي. وتفيد سجلات الجبال الجليدية قبالة ساحل نيوفاوندلاند (Bigg and others, 2014)، والسجلات المستمدة من السواتل للجبال الجليدية المتوسطة والصغيرة الواقعة على خط عرض 66 درجة جنوب في المحيط الجنوبي (Tournadre and others, 2016) بوجود أعداد متزايدة من هذه الجبال. كما أن انفصال الجبال الجليدية العملاقة (> 18 كيلومترا في الطول) عن الجروف الجليدية في القطب الجنوبي، رغم طابعها العرضي جدا، يُظهر بعض الأدلة على ما شهدته الفترة الأخيرة من زيادة في العدد (الشكل الثالث؛ قاعدة بيانات تتبع الجبال الجليدية في القطب الجنوبي) والحجم.

ولعل الزيادة التي يُرجح أنها طرأت على الجبال الجليدية في كلا نصفي الكرة الأرضية قد أدت إلى زيادة الإنتاج والتأثير على النظم الإيكولوجية القاعية الساحلية في السنوات الأخيرة، ولكن لا يوجد حاليا سوى القليل من الأدلة، ذلك أن المعلومات المتوافرة عن آثار تدفق الجبال الجليدية مستمدة إلى حد كبير من المحيط الجنوبي.

3 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية

من الناحية التاريخية، شهدت موائل جليد خطوط العرض العليا مستويات منخفضة من النشاط البشري، قام بها أساساً السكان الأصليون في القطب الشمالي ومحيطه. كما أن التراجع المستمر لهذا الموئل نتيجة للاحترار العالمي، وتطور استخدام البشر للمناطق القطبية، يغيّران بسرعة أهمية هذا الموئل بالنسبة للبشرية، مع ما يرتبط بذلك من عواقب اقتصادية واجتماعية. ولئن كان انخفاض الجليد البحري يزيد من فرص الشحن عبر المحيطات واستغلال الموارد الهيدروكربونية في قاع البحار، فإن المسبب الرئيسي لزيادة استخدام القطب الشمالي حتى الآن هو صيد الأسماك (Eguíluz and others, 2016). ويمكن لمزيد من أنواع المحيطات المفتوحة أن تنتقل شمالاً إلى المياه الخالية من الجليد الآن، مما يزيد من فرص الصيد، على الرغم من أن الأسماك التي تعتمد على موئل الجليد البحري، مثل سمك القد القطبي، من المرجح أن تصبح أقل شيوعاً (Christiansen, 2017). ويوجد حاليا بضع مناطق بحرية محمية في القطب الشمالي توفر الحماية من الصيد أو غيره من أشكال الاستغلال (Harris and others, 2018)، على الرغم من أن حظرا مفروضا على الصيد في القطب الشمالي بموجب اتفاق دولي تم توقيعه في تشرين الأول/أكتوبر 2018 سيحد من توسع أنشطة صيد الأسماك في القطب الشمالي للعقد المقبل أو أكثر حالما تصدق 10 بلدان على الاتفاق (European Commission, 2019). ولكن حتى حزيران/يونيه 2020، لم يكن قد صدق عليه سوى ثمانية بلدان. وترتبط هذه المبادرة مباشرة بالهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة.

ويؤثر ارتفاع مستوى سطح البحر الناجم عن ذوبان الأنهار الجليدية وما يرتبط به من تحرير السواحل المجمدة في القطب الشمالي تأثيرا مباشرا على المجتمعات المحلية والصناعات ولكنه يتيح العديد من الفرص (Richter-Menge and others, 2019). ومن الآثار السلبية فقدان الطرق الجليدية الساحلية، وارتفاع مستويات الفيضان، والتغير في مناطق التعشيش، ونقل الرواسب الساحلية على طول الشاطئ، وانخفاض نطاقات صيد الكفاف، وإطلاق الملوثات التي كانت محتبسة من قبل، بل وفقدان بعض المجتمعات الساحلية. ومن الفرص الاقتصادية المحتملة انفتاح مناطق لأنشطة صيد الأسماك في المحيطات، والنقل البحري، وطرق جديدة للملاحة البحرية، وتعزيز الفرص المتاحة لمنشآت الطاقة المتجددة، وزيادة فرص استغلال الهيدروكربونات. غير أن هذه الفرص تنطوي على إمكانية زيادة المخاطر المرتبطة بهذه الأنشطة، مثل تلوث الموائل من كوارث مثل انسكاب النفط (Cappello and others, 2014). والجدير بالإشارة هو أن النفط المغلف في الجليد البحري لا يتحلل بسهولة (Loftus and others, 2020).

ومع زيادة الوقت الذي توجد فيه طرق خالية من الجليد وبالتالي قابلة للاستخدام إما عبر القطب الشمالي شمال الاتحاد الروسي (الطريق البحري الشمالي)، ازداد أيضا عدد السفن التي تستخدم هذه الطرق أيضا، حيث كانت أكثر من 70 سفينة تبحر عبر الطريق البحري الشمالي في عام 2013. ومع ذلك، انخفض عدد السفن التي تستخدم هذا الطريق، إن لم تنخفض حمولتها، في السنوات الأخيرة، ولم يتجاوز عددها 40 سفينة منذ عام 2014 (Northern Sea Route Information Office, 2019; Centre for High North Logistics (Information Office, n.d.

وتتفاوت الأنشطة المتعلقة بالنفط والغاز في القطب الشمالي. وقامت كندا مؤخراً بتوسيع نطاق وقف إصدار تراخيص حفر جديدة في المنطقة الاقتصادية الخالصة التابعة لكندا في القطب الشمالي لحظر جميع الأنشطة المتعلقة بالنفط والغاز في عرض البحر حتى نهاية عام 2021 (Vigliotti, 2019). وفي مياه القطب الشمالي التابعة للولايات المتحدة، رُفع في عام 2017 حظر الحفر

المماثل الذي فُرض في عام 2016 ولكن أعيد إنفاذه في عام 2019. ولا يزال مستقبله خاضعاً للطعن القانوني (Gilmer, 2020). أما المياه التابعة للاتحاد الروسي غربي القطب الشمالي فقد شهدت عمليات حفر محدودة في السنوات الأخيرة ولكن التوسع معلق لأسباب اقتصادية وجزاءات فرضتها الولايات المتحدة، على الرغم من أن التقارير الأخيرة تشير إلى أن الحفر قد يُستأنف في عام 2020 أو 2021 (Staalesen, 2019).

وكان لمعظم التغيرات التي لوحظت في الموائل الجليدية في القطب الشمالي عواقب متباينة فيما يتعلق بأهداف التنمية المستدامة، حيث يتيح استغلال الهيدروكربونات إمكانية أكبر للوصول إلى مصادر الطاقة (الهدف 7 من أهداف التنمية المستدامة)، مع زيادة النقل البحري والسياحة ومصائد الأسماك التي تعزز النشاط الاقتصادي المحلي (الهدف 8). إلا أن هذه الأنشطة تقلل من فرص تهيئة بيئة مستدامة يثريها التنوع البيولوجي (الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة) وذلك عبر التسبب في مزيد من تغير المناخ والانبعاثات (الهدف 13 من أهداف التنمية المستدامة)، مع ما يرتبط بذلك من تلوث (الهدفان 12 و 14 من أهداف التنمية المستدامة).

ويوجد بعض مناطق صيد الأسماك في القطب الشمالي، مثل مصائد أسماك الكريل، في المياه الساحلية جنوب المحيط الأطلسي وبحر ويدل، حيث ظهرت علامات انخفاض الجليد البحري. غير أن الآثار الأوسع نطاقا لهذه الانخفاضات على النظام الإيكولوجي عموما ومناطق صيد الأسماك المرتبطة بها لم تتضح بعد. وبدأ التنقيب عن الهيدروكربونات في الهضبة المحيطة بجزر فوكلاند (مالفيناس)[2] (MacAulay، 2015)، رغم أن تقييم المخاطر البيئية المرتبطة به لم يبدأ إلا منذ فترة وجيزة، وتقع هذه المنطقة خارج نظام إدارة أنتاركتيكا (Bigg and others, 2018). وفي ضوء أهمية الكريل كمصدر غذاء لصناعة متنامية في قطاع تربية الأحياء المائية، بدأ تنفيذ استراتيجيات لإدارة هذا النوع من تربية الأحياء المائية على الأجل الطويل في المنطقة الخاضعة لحماية لجنة حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا (Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), 2019). وقد تساعد المناطق البحرية المحمية في بعض المواقع المعينة على معالجة بعض هذه المسائل الإدارية، وستقتضي من نظام معاهدة أنتاركتيكا، لا سيما لجنة حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا، إجراء مزيد من التغييرات. وقد تم إنشاء منطقة بحرية محمية في بحر روس عام 2016، إلا أن قرار إنشاء بعض المناطق البحرية المحمية الأخرى المقترحة، كما في بحر ويدل وشرق أنتاركتيكا وبالقرب من شبه جزيرة أنتاركتيكا، ما زال قيد النظر من قبل أعضاء اللجنة.

4 - آفاق المستقبل

لا تزال التوقعات المتعلقة بموائل الجليد القطبي متباينة إلى حد كبير كما كانت بالنسبة للتقييم العالمي الأول. ومن المتوقع أن يستمر الجليد البحري في القطب الشمالي في التراجع والتناقص، حيث يحتمل جداً أن يكون القطب الشمالي خاليا من الجليد موسمياً في القرن الحادي والعشرين، على الرغم من أن توقيت هذا الحدث البيئي الرئيسي لا يزال غير مؤكد بدرجة كبيرة (Serreze and Meier, 2019). ومن المتوقع أن ينخفض الجليد البحري في القطب الجنوبي، على الرغم من استقراره الحالي، خلال هذا القرن (Naughton and others, 2018)، ويرجع ذلك في الغالب إلى احترار المحيطات. ويُتوقع أن يؤثر هذا الأخير على الجروف الجليدية في القطب الجنوبي بتشجيع ذوبان الطبقات التحتية بنسبة تتراوح بين 41 و 129 في المائة بحلول نهاية

[2] ثمة منازعة بين حكومتي الأرجنتين والمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية بشأن السيادة على جزر فوكلاند (مالفيناس).

القرن (Naughten and others, 2018)، مع ما يرتبط بذلك من زيادات في انفصال الجبال الجليدية. ومن المتوقع أن يؤدي استمرار الاحترار في القطب الشمالي إلى زيادة ذوبان الغطاء الجليدي في غرينلاند (Barry, 2017) وربما زيادة إنتاج الجبال الجليدية، إذا كان عرضيا.

وسيستمر انخفاض الجليد البحري والجروف الجليدية في فتح فرص لتوسع كل من الأنواع التي تعيش في عرض البحر والأنواع القاعية، التي ستستفيد من توسع ظروف التغذية وتحسنها (Christiansen, 2017)، مع التسبب في الوقت نفسه في تهديد مقومات بقاء الأسماك، لا سيما سمك القد القطبي (Boreogadus saida) (انظر Christiansen, 2017)، ومجموعات ثدييات البحر للأنواع المعتمدة على الجليد البحري (United Nations, 2017a). وتشير دراسات كثيرة إلى أن طحالب الجليد البحري ستصبح عرضة لتغير المناخ، مع انخفاض التنوع البيولوجي وانخفاض الأعداد (Hardge and others, 2017؛ و Kiko and others, 2017). ومن ناحية أخرى، قد يصبح تكاثر العوالق النباتية أكثر انتشارا، على الأقل في وقت مبكر من الصيف قبل أن تصبح المغذيات محدودة، تحت طبقة أرق وأكثر عرضة للرصاص ومغطاة بالثلوج من جليد البحر في المحيط المتجمد الشمالي (Assmy and others, 2017؛ انظر أيضا الفصل 6 ألف من هذا التقييم). وقد يكون لهذه التغيرات آثار أوسع نطاقا على تصدير الكربون، مع تحول مناطق الجليد البحري الموسمية إلى بالوعات كربون (Abelmann and others, 2015؛ و Rapp and others, 2018). وقد يقلل تناقص الجليد البحري أيضاً من مدخلات البلاستيك في المحيط المتجمد الشمالي، حيث إن الجليد البحري يحتوي حالياً على أنواع من جزيئات بلاستيكية أكثر مما يحتويه المحيط المتجمد الشمالي نفسه (انظر الفصل 12 من هذا التقييم، و Kanhai and others (2020)). وفي المحيط الجنوبي، حيث لم يبد الجليد البحري إلا القليل من الاتجاهات الطويلة الأجل حتى الآن، من المعروف أن التخصص على المستوى الفردي يكون أدنى في المواقع التي يكون فيها التباين من سنة إلى أخرى في الجليد البحري في أعلى درجاته (McMullin and others, 2017)، مما يشير إلى وجود مجال للتكيف في مناخ أكثر تغيرا في المستقبل.

وسيكون لانفتاح القطب الشمالي أمام الملاحة وصيد الأسماك واستغلال قاع البحر وموارد المياه العميقة آثار كبيرة على النظم الإيكولوجية (Harris and others, 2018) وعدد من أهداف التنمية المستدامة للسكان، سواء كانوا أصليين أو وافدين، الذين يعتمدون على موائل جليد خطوط العرض العليا. بيد أنه من المرجح، رغم إبحار أول سفينة عبر الطريق البحري الشمالي في آب/أغسطس 2017 دون أن ترافقها كاسحة جليد (High North News, 2018)، أن تستمر ضرورة مرافقة شحن البضائع، ما لم تكن سفينة "من الدرجة الجليدية"، في المستقبل المنظور (Kiiski and others, 2018). ولذلك، من المرجح أن تظل طرق القطب الشمالي ذات أهمية ثانوية لعدة عقود. ومن العوامل التي تحد أيضا من استخدام طرق الشحن الجديدة هذه الأثر السلبي المحتمل لزيادة الشحن على الثدييات البحرية في القطب الشمالي (Hauser and others, 2018)، والتيسير غير المرغوب فيه لنقل الأنواع غير الأصلية، وإمكانية التغذية المرتدة الإشعاعية المعقدة لدخان عوادم السفن على مناخ القطب الشمالي (Stephenson and others, 2018)، وقد يؤدي هذا الأخير إلى إبطاء الاتجاه نحو الزيادات في الفترات الخالية من الجليد.

5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف ومجال بناء القدرات

إن انعدام إمكانية الوصول إلى خطوط العرض العليا يعني أن الموئل الجليدي لا يزال غير مفهوم نسبياً. وبيئات الجليد البحري هي التي خضعت حاليا لأكبر قدر من الدراسات من بين موائل الجليد البحري قيد النظر هنا، ولكن حتى بالنسبة للجليد البحري، لا يزال يتعين إجراء دراسة شاملة للشبكة الغذائية؛ وفي حين يرد ذلك في العديد من الدراسات، فلا يركز معظمها إلا على جانب واحد (Dickinson and others, 2016). وبشكل عام، فإن فهمنا للطبيعة الثلاثية الأبعاد للموائل الجليدية (Bluhm and others, 2018)، ونطاق الأنواع وعددها داخل هذه الموائل وتنوعها المكاني والزماني لا يزال محدودا جدا (Christiansen، 2017). ويمتد هذا النقص في البيانات أيضا ليشمل تأثير وجود أو غياب هذه الموائل على المناطق المحيطة بها في المحيطات واحتجاز الكربون (Barnes, 2017).

وبالمثل، فإن صعوبة الوصول إلى الجروف الجليدية، والمناطق البحرية القريبة من الأنهار الجليدية (Zappalà and others, 2017) وبصفة خاصة، البيئة البحرية تحتها، تجعل الحصول على معلومات جديدة عن هذا الموئل الجليدي أمرا نادرا. وأجري الكثير من التحليلات استنادا إلى الاستشعار عن بعد، مع ظهور نظم ساتلية جديدة تبشر بإحداث ثورة في معرفة هذه الموائل من الدرجة الأولى، وسيستمر إجراء هذه التحليلات. وسيكون من المهم ضمان وصول الجميع بسهولة إلى البيانات الجديدة التي تنتجها منصات الرصد من أجل سد الثغرات الحالية في المعارف والقدرات.

المراجع

Abelmann, Andrea, and others (2015). The seasonal sea-ice zone in the glacial Southern Ocean as a carbon sink. *Nature Communications*, vol. 6, art. 8136.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) (2017). Snow, water, ice and permafrost in the Arctic. Summary for Policy-makers. https://swipa.amap.no.

Arrigo, Kevin R., and others (2012). Massive phytoplankton blooms under Arctic sea ice. *Science*, vol. 336, No. 6087, pp. 1408–1408.

Assmy, Philipp, and others (2017). Leads in Arctic pack ice enable early phytoplankton blooms below snow-covered sea ice. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 40850.

Atkinson, Angus, and others (2019). Krill (*Euphausia superba*) distribution contracts southward during rapid regional warming. *Nature Climate Change*, vol. 9, No. 2, pp. 142–147.

Barnes, David K.A. (2017). Polar zoobenthos blue carbon storage increases with sea ice losses, because across-shelf growth gains from longer algal blooms outweigh ice scour mortality in the shallows. *Global Change Biology*, vol. 23, No. 12, pp. 5083–5091.

Barnes, David K.A., and others (2018). Icebergs, sea ice, blue carbon and Antarctic climate feedbacks. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 376, No. 2122, 20170176.

Barry, Roger G. (2017). The Arctic cryosphere in the twenty-first century. *Geographical Review*, vol. 107, No. 1, pp. 69–88.

Bigg, Grant R. (2015). *Icebergs: Their Science and Links to Global Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bigg, Grant R., and others (2018). A model for assessing iceberg hazard. *Natural Hazards*, vol. 92, No. 2, pp. 1113–1136.

Bigg, Grant R., and others (2014). A century of variation in the dependence of Greenland iceberg calving on ice sheet surface mass balance and regional climate change. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 470, No. 2166, 20130662.

Bluhm, Bodil A., and others (2018). Sea ice meiofauna distribution on local to pan-Arctic scales. *Ecology and Evolution*, vol. 8, No. 4, pp. 2350–2364.

Blunden, Jessica, and Derek S. Arndt, eds. (2019). State of the Climate in 2018. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 100, No. 9, pp. Si–S305.

Budge, Jeffrey S., and David G. Long (2017). A comprehensive Database for Antarctic iceberg tracking using scatterometer data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations*, vol. 11, No. 2, https://doi.org/10.1109/JSTARS.2017.2784186.

Conservation of Arctic Flora and Fauna Programme (CAFF) (2017). State of the Arctic Marine Biodiversity Report. www.arcticbiodiversity.is/marine.

Cappello, Simone, and others (2014). STRANgE, integrated physical–biological–mechanical system for recovery in of the "oil spill" in Antarctic environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 13, No. 4, pp. 369–375.

Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR) (2019). CCAMLR: Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources website. 2019. www.ccamlr.org.

Cefarelli, Adrián O., and others (2016). Diatoms (Bacillariophyceae) associated with free-drifting Antarctic icebergs: taxonomy and distribution. *Polar Biology*, vol. 39, No.3 , pp. 443–459.

Centre for High North Logistics Information Office (n.d.). "Northern Sea Route transit statistics". Available at http://arctic-lio.com/category/statistics.

Christiansen, Jørgen S. (2017). No future for Euro-Arctic ocean fishes? *Marine Ecology Progress Series*, vol. 575, pp. 217–227.

Daly, Marymegan, and others (2013). *Edwardsiella andrillae*, a new species of sea anemone from Antarctic Ice. *PloS One*, vol. 8, No. 12, e83476.

De Jong, J.T.M. and others (2015). Sources and fluxes of dissolved iron in the Bellingshausen Sea (West Antarctica): The importance of sea ice, icebergs and the continental margin. *Marine Chemistry*, vol. 177, pp. 518–535.

Dickinson, Iain, and others (2016). Microbes and the Arctic Ocean. In *Their World: A Diversity of Microbial Environments*, pp. 341–381.

Dinasquet, Julie, and others (2017). Mixing of water masses caused by a drifting iceberg affects bacterial activity, community composition and substrate utilization capability in the Southern Ocean. *Environmental Microbiology*, vol. 19, No. 6, pp. 2453–2467.

Duprat, Luis P.A.M., and others (2016). Enhanced Southern Ocean marine productivity due to fertilization by giant icebergs. *Nature Geoscience*, vol. 9, No. 3, p. 219.

Eguíluz, Victor M., and others (2016). A quantitative assessment of Arctic shipping in 2010–2014. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 30682.

European Commission (2019). EU and Arctic partners enter historic agreement to prevent unregulated fishing in high seas. Fisheries – European Commission. 2019. https://ec.europa.eu/fisheries/eu-and-arctic-partners-enter-historic-agreement-prevent-unregulated-fishing-high-seas_en.

Ferguson, Steven H., and others (2017). Demographic, ecological, and physiological responses of ringed seals to an abrupt decline in sea ice availability. *PeerJ*, vol. 5, e2957.

Fetterer, Florence, and others (2017). *Sea Ice Index, Version 3*. Boulder, Colorado: NSIDC: National Snow and Ice Data Center. https://nsidc.org/data/G02135/versions/3.

Fettweis, Xavier, and others (2017). Reconstructions of the 1900–2015 Greenland ice sheet surface mass balance using the regional climate MAR model. *The Cryosphere*, vol. 11, pp. 1015–1033.

Fretwell, Peter T., and others (2014). Emperor penguins breeding on iceshelves. *PLoS One*, vol. 9, No.1, e85285.

Gilg, Olivier, and others (2016). Living on the edge of a shrinking habitat: the ivory gull, *Pagophila eburnea*, an endangered sea-ice specialist. *Biology Letters*, vol. 12, No. 11, 20160277.

Gilmer, Ellen M. (2020). Judges weight Trump's bid to reopen parts of Arctic to drilling. https://news.bloomberglaw.com/environment-and-energy/judges-weigh-trumps-bid-to-reopen-parts-of-arctic-to-drilling.

Gutt, Julian (2002). The Antarctic ice shelf: an extreme habitat for notothenioid fish. *Polar Biology*, vol. 25, No. 4, pp. 320–322.

Hamilton, Charmain D., and others (2017). An Arctic predator–prey system in flux: climate change impacts on coastal space use by polar bears and ringed seals. *Journal of Animal Ecology*, vol. 86, No. 5, pp. 1054–1064.

Hardge, Kristin, and others (2017). The importance of sea ice for exchange of habitat-specific protist communities in the Central Arctic Ocean. *Journal of Marine Systems*, vol. 165, pp. 124–138.

Harris, Peter T., and others (2018). Arctic marine conservation is not prepared for the coming melt. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 1, pp. 61–71.

Hauser, Donna D.W., and others (2018). Vulnerability of Arctic marine mammals to vessel traffic in the increasingly ice-free Northwest Passage and Northern Sea Route. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 29, pp. 7617–7622.

Hawes, I., and others (2018). The "Dirty Ice" of the McMurdo Ice Shelf: analogues for biological oases during the Cryogenian. *Geobiology*, vol. 16, No. 4, pp. 369–377.

Hawkings, Jon R., and others (2017). Ice sheets as a missing source of silica to the polar oceans. *Nature Communications*, vol. 8, art. 14198.

Helly, John J., and others (2011). Cooling, dilution and mixing of ocean water by free-drifting icebergs in the Weddell Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 58, No. 11–12, pp. 1346–1363.

High North News (2018). The Northern Sea Route is alive and well. www.highnorthnews.com/en/op-ed-northern-sea-route-alive-and-well.

Hückstädt, Luis A., and others (2020). Projected shifts in the foraging habitat of crabeater seals along the Antarctic Peninsula. *Nature Climate Change*, vol. 10, No. 5, pp. 472–477.

International Arctic Science Committee (2020). State of Arctic Science Report, 2020. International Arctic Science Committee. pp. 1–26.

Ingole, B.S., and Ravail Singh (2010). Biodiversity and community structure of freeliving marine nematodes from the Larsemann Ice Shelf, East Antarctica. *Current Science*, vol. 99, No. 10, pp. 1413–1419.

Joiris, Claude R. (2018). Hotspots of kittiwakes *Rissa tridactyla* on icebergs off southwest Greenland in autumn. *Polar Biology*, vol. 41, No. 11, pp. 2375–2378.

Kaiser, Stefanie, and others (2013). Patterns, processes and vulnerability of Southern Ocean benthos: a decadal leap in knowledge and understanding. *Marine Biology*, vol. 160, No. 9, pp. 2295–2317.

Kanhai, La Daana K., and others (2020). Microplastics in sea ice and seawater beneath ice floes. *Scientific Reports*, vol. 10, No. 11, art. 5004.

Kaufmann, Ronald S., and others (2011). Composition and structure of macrozooplankton and micronekton communities in the vicinity of free-drifting Antarctic icebergs. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 58, Nos. 11–12, pp. 1469–1484.

Kiiski, Tuomas, and others (2018). Long-term dynamics of shipping and icebreaker capacity along the Northern Sea Route. *Maritime Economics & Logistics*, vol. 20, No. 3, pp. 375–399.

Kiko, Rainer, and others (2017). Colonization of newly forming Arctic sea ice by meiofauna: a case study for the future Arctic? *Polar Biology*, vol. 40, No. 6, pp. 1277–1288.

Koch, Chelsea Wegner, and others (2020). Seasonal and latitudinal variations in sea ice algae deposition in the Northern Bering and Chukchi Seas determined by algal biomarkers. *PLoS One*, vol. 15, No. 4. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231178.

Kooyman, Gerald L., and others (2007). Effects of giant icebergs on two emperor penguin colonies in the Ross Sea, Antarctica. *Antarctic Science*, vol. 19, No. 1, pp. 31–38.

Loftus, Synnove, and others (2020). Biodegradation of weathered crude oil in seawater with frazil ice. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 154, https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111090.

MacAulay, F. (2015). Sea Lion Field discovery and appraisal: a turning point for the North Falkland Basin. *Petroleum Geoscience*, vol. 21, Nos. 2–3, pp. 111–124.

McMinn, Andrew, and others (2017). Effects of CO_2 concentration on a late summer surface sea ice community. *Marine Biology*, vol. 164, No. 4, art. 87.

McMullin, Rebecca M., and others (2017). Trophic position of Antarctic ice fishes reflects food web structure along a gradient in sea ice persistence. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 564, pp. 87–98.

Meehl, Gerald A., and others (2019). Sustained ocean changes contributed to sudden Antarctic sea ice retreat in late 2016. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, art. 14.

Mueller, Derek R., and others (2006). Environmental gradients, fragmented habitats, and microbiota of a northern ice shelf cryoecosystem, Ellesmere Island, Canada. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, vol. 38, No. 4, pp. 593–607.

Murray, Alison E., and others (2016). Microbiome composition and diversity of the ice-dwelling sea anemone, *Edwardsiella andrillae*. *Integrative and Comparative Biology*, vol. 56, No. 4, pp. 542–555.

Nachtsheim, Dominik A., and others (2016). A gravel-covered iceberg provides an offshore breeding site for ivory gulls *Pagophila eburnea* off Northeast Greenland. *Polar Biology,* vol. 39, No. 4, pp. 755–758.

Naughten, Kaitlin A., and others (2018). Future projections of Antarctic ice shelf melting based on CMIP5 scenarios. *Journal of Climate*, vol. 31, No. 13, pp. 5243–5261.

Niemi, Andrea, and others (2019). State of Canada's Arctic Seas. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 3344, pp. xv–189.

Northern Sea Route Information Office, 2019 (https://arctic-lio.com).

O'Corry-Crowe, Greg, and others (2016). Genetic profiling links changing sea-ice to shifting beluga whale migration patterns. *Biology Letters*, vol. 12, No. 11, 20160404.

Oxtoby, L.E., and others (2017). Resource partitioning between Pacific walruses and bearded seals in the Alaska Arctic and sub-Arctic. *Oecologia*, vol. 184, No. 2, pp. 385–398.

Pagano, Anthony M., and others (2020). The seasonal energetic landscape of an apex marine carnivore, the polar bear. *Ecology*, vol. 101, No. 3, e02959.

Pawlowski, Jan, and others (2005). Allogromiid foraminifera and gromiids from under the Ross Ice Shelf: morphological and molecular diversity. *Polar Biology*, vol. 28, No. 7, pp. 514–522.

Raiswell, Rob, and others (2008). Bioavailable iron in the Southern Ocean: the significance of the iceberg conveyor belt. *Geochemical Transactions*, vol. 9, No. 1, No. 7.

Rapp, Josephine Z., and others (2018). Effects of ice-algal aggregate export on the connectivity of bacterial communities in the central Arctic Ocean. *Frontiers in Microbiology*, vol. 9, art. 1035.

Renner, Martin, and others (2016). Timing of ice retreat alters seabird abundances and distributions in the southeast Bering Sea. *Biology Letters*, vol. 12, No. 9, 20160276.

Richter-Menge, Jackie, and others, eds. (2019). *Arctic Report Card*. https://arctic.noaa.gov/Report-Card.

Rignot, Eric, and others (2019). Four decades of Antarctic Ice Sheet mass balance from 1979–2017. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, No. 4, pp. 1095–1103.

Robinson, Sharon A. (2009). Introduction: Climate change biology at the ends of the Earth-International Polar year special issue. *Global Change Biology*, vol. 15, No. 7, pp. 1615–1617.

Ruhl, Henry A., and others (2011). Seabird aggregation around free-drifting icebergs in the northwest Weddell and Scotia Seas. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 58, Nos. 11–12, pp. 1497–1504.

Scientific Committee for Antarctic Research (2020). Scientific Committee for Antarctic Research website. www.scar.org.

Serreze, Mark C., and Walter N. Meier (2019). The Arctic's sea ice cover: trends, variability, predictability, and comparisons to the Antarctic. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1436, No. 1, pp. 36–53.

Shepherd, L.D., and others (2005). Microevolution and mega-icebergs in the Antarctic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 102, No. 46, pp. 16717–16722.

Smith, Kenneth L., and others (2013). Icebergs as unique Lagrangian ecosystems in polar seas. *Annual Review of Marine Science*, vol. 5, pp. 269–287.

Smith, Kenneth L., and others (2007). Free-drifting icebergs: hot spots of chemical and biological enrichment in the Weddell Sea. *Science*, vol. 317, No. 5837, pp. 478–482.

Staalesen, Atle (2019). Russia's biggest oil company announces more offshore Arctic drilling. *Arctic Today*. www.arctictoday.com/russias-biggest-oil-company-announces-more-offshore-arctic- drilling.

Stephenson, Scott R., and others (2018). Climatic responses to future trans-Arctic shipping. *Geophysical Research Letters,* vol. 45, No. 18, pp. 9898–9908.

Stoddart, Michael (2010). Antarctic biology in the 21st century – advances in, and beyond the international polar year 2007–2008. *Polar Science*, vol. 4, No. 2, pp. 97–101.

Tournadre, J., and others (2016). Antarctic icebergs distributions 1992–2014. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 121, No. 1, pp. 327–349.

United Nations (2017a). Chapter 46: High-latitude ice and the biodiversity dependent on it. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Vaughan, David G., and others (2013). Observations: cryosphere. *Climate Change*, vol. 2103, pp. 317–382.

Vernet, M., and others (2011). Impacts on phytoplankton dynamics by free-drifting icebergs in the NW Weddell Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 58, No.11–12, pp. 1422–1435.

Vick-Majors, Trista J., and others (2016). Biogeochemistry and microbial diversity in the marine cavity beneath the McMurdo Ice Shelf, Antarctica. *Limnology and Oceanography*, vol. 61, No. 2, pp. 572–586.

Vigliotti, Marco (2019). Trudeau government expands moratorium on oil and gas work in Arctic waters. https://ipolitics.ca/2019/08/08/trudeau-government-expands-moratorium-on-oil-and-gas-work-in-arctic-waters.

Wienecke, Barbara (2012). Emperor penguins at the West Ice Shelf. *Polar Biology*, vol. 35, No. 9, pp. 1289–1296.

Wilson, Kerry-Jayne, and others (2016). The impact of the giant iceberg B09B on population size and breeding success of Adélie penguins in Commonwealth Bay, Antarctica. *Antarctic Science*, vol. 28, No. 3, pp. 187–193.

Xu, Zhiqiang, and others (2018). Inter-annual variation of the summer zooplankton community in the Chukchi Sea: spatial heterogeneity during a decade of rapid ice decline. *Polar Biology*, vol. 41, No. 9, pp. 1827–1843.

Yasuhara, Moriaki, and others (2007). Modern benthic ostracodes from Lutzow-Holm Bay, East Antarctica: paleoceanographic, paleobiogeographic, and evolutionary significance. *Micropaleontology*, vol. 53, No. 6, pp. 469–496.

Yasuhara, Moriaki, and others (2012). Patterns and controlling factors of species diversity in the Arctic Ocean. *Journal of Biogeography*, vol. 39, No. 11, pp. 2081–2088.

Zappalà, G., and others (2017). New Advanced Technology Devices for Operational Oceanography in Extreme Conditions. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 12, No. 1, pp. 61–70.

الفصل 7 لام
الجبال والقمم الصخرية البحرية

المساهمون: مالكولم ر. كلارك (منظم الاجتماعات)، وأنجيلو ف. برناردينو، وج. موراي روبرتس، وبهافاني إ. نارايانا سوامي، وبول سنلغروف، وجوشوا ت. توهوميري (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي).

النقاط الرئيسية

- الجبال والقمم الصخرية البحرية هي معالم تضاريسية شائعة في المحيطات في العالم.
- ازدادت مؤخرا الجهود الخاصة المبذولة في مجال أخذ العينات، غير أن أخذ العينات بشكل تفصيلي لم يُجر إلا لما يشكل نسبة مئوية صغيرة من الجبال البحرية.
- أنشطة أخذ العينات المحدودة، إلى جانب التفاوت البيئي الشديد فيما بين الجبال البحرية، تحد من معرفة التنوع البيولوجي.
- يشكّل الصيد، ولا سيما الصيد بشباك الجر القاعية، أكبر التهديدات الراهنة للنظم الإيكولوجية الخاصة بالجبال البحرية، ولكن الحطام أو النثار البحري، وتغير المناخ، وإمكانية التعدين في قاع البحار، كلها تشكل شواغل إضافية. بيد أن المبادرات الرامية إلى حماية الجبال البحرية آخذة في الازدياد.
- تُبين بحوث متسلسلة زمنيا أُجريت مؤخرا على جبال الأعماق البحرية أن تعافي مجتمعات المرجان الصخري كان محدودا طوال فترات تتراوح بين 15 و 20 سنة، هذا إن كانت قد شهدت تعافيا بالفعل.

1 - مقدمة

إن الجبال البحرية والآكام والقمم الصخرية، التي تطلق عليها إجمالا في هذا الفصل الفرعي تسمية الجبال البحرية، هي براكين مغمورة، يتراوح ارتفاعها بين مئات وآلاف الأمتار فوق قاع البحر. وتتراوح تقديرات أعدادها، حسب مصدر البيانات والخوارزميات المستخدمة، بين عشرات آلاف الجبال البحرية وأكثر من 100 000 أكمة (Yesson and others, 2011؛ و Harris and others, 2014) وبين تقديرات استقرائية تزيد على 100 000 من الجبال البحرية و 25 مليون من الآكام والذرى (Wessel and others, 2010). وتغطي مجتمعة ما تبلغ نسبته 20 في المائة من قاع البحار العميق (Yesson and others, 2011).

وتتميز الجبال البحرية عن موئل قاع البحار العميقة المحيط بها بثلاث خصائص هامة (Clark, 2009)، وهي: بأن تضاريسها توفر نطاقا من الأعماق لمختلف المجتمعات؛ وتتباين أسطحها الصخرية الصلدة النمطية والرواسب الدقيقة غير المتماسكة التي تغطي مساحات واسعة من قاع البحر؛ وبأن تركيبتها الفيزيائية يمكن أن تغير الجغرافيا المائية والتيارات المحلية، بما يؤدي إلى تركُّز الأنواع والإنتاجية. وتلك العوامل يمكن أن تؤدي إلى جعل تجمعات الكائنات البحرية القاعية أكثر ثراء وتنوعا من مجتمعات موائل المنحدرات أو موائل السهول السحيقة المتاخمة لها.

وتؤثر المعايير البيئية المتصلة بالأعماق تأثيرا قويا على تكوين الأنواع الحية في الجبال البحرية، إلى جانب نمط قاع البحار وطابعه (Clark and others ,2010). وتوفر الجبال البحرية خدمات جُلّى للنظم الإيكولوجية، وغالبا ما توفر موطنا لتجمعات سمكية، ينجم عنها نشاط تجاري كبير. وقد تراوحت كميات عمليات تفريغ المصيد السنوية من الأنواع الحية الأولية المستوطنة في الجبال البحرية ضمن حدود 000 100 طن منذ تسعينيات القرن العشرين، وكانت في غالبيتها من فصائل السمك المدرع الرأس، وأسماك ألفونسينو، وعائلة أسماك دوريز، والسمك الخشن البرتقالي (Clark and others, 2007)؛ و Watson and others, 2007.

ووُضعت "نماذج إيكولوجية" عدة حول الجبال البحرية، معتبرة إياها بيئات فريدة وبؤرا للتنوع البيولوجي والتوطن. غير أن الكثير من الجبال البحرية ليس على درجة كبيرة من العزلة (Rowden and others,

2010a)، كما أن معظمها لا يحتوي على مستويات عالية من الأنواع المستوطنة. وهي تشترك مع موائل قاع البحار العميقة الأخرى في العديد من الأنواع الحية (Howell and others, 2010)؛ و Narayanaswamy and others, 2013 وذلك على الرغم من أن تباين تضاريس الجبال البحرية وديناميكاتها الفيزيائية يمكن أن يؤديا إلى ارتفاع معدل تجديد الأنواع الحية والاحتشاد المميز أو خصائص الوفرة (Schlacher and others, 2014).

وقد اعتمد الفصل 51 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a) وأجزاء من فصوله 34 و 35 و 36–واو على استعراضات متعددة للجبال البحرية (مثلا، Pitcher and others, 2007؛ و Clark and others, 2010؛ و Staudigel and others, 2010)، وعلى نتائج برنامج تعداد الكائنات الحية البحرية (مثلا Rowden and others, 2010a؛ و Stocks and others, 2012؛ و Clark and others, 2012). غير أن محدودية أنشطة أخذ العينات تقيّد فهمنا للجبال البحرية. ويوجد حوالي 700 جبل بحري توجد بشأنها بيانات على موقع Stocks (SeamountsOnline, 2010) وفي قواعد بيانات إطار تقييم النظم الإيكولوجية للجبال البحرية (Kvile and others, 2014)، ولكن لم يُجر أي مسح تفصيلي سوى لحوالي 300 منها، إلا أن عددا قليلا منها يقع على خطوط العرض الاستوائية، أو يضم قمما على عمق يزيد على 000 2 متر. ولذلك، فإن تركيبة النظم الإيكولوجية للجبال البحرية ووظيفتها وترابطها لا تزال مجهولة إلى حد كبير (Clark and others, 2012).

2 - بيان التغيرات في المعرفة بين عامي 2010 و 2020

على مدى السنوات الخمس الماضية، أنتجت عدة برامج بحثية وطنية أو دولية قدرا كبيرا من المعلومات الإيكولوجية عن بيئات الجبال البحرية. ويرد عرض موجز لتلك المعلومات في الفرع 5، ولكن النتائج الإيكولوجية الرئيسية ترد مجمّعةً أدناه، وذلك استنادا إلى استعراض لإيكولوجيا الجبال البحرية (Rogers, 2018).

وفي حين أن الجبال البحرية نادرا ما توجد في تدفقات محيطية ذات طابع مستقر (Lavelle and Mohn, 2010)، يمكن أن يحدث سحب دائري وتجانس لعمود الماء (Meredith and others, 2015). ويمكن أن يؤدي تشكّل الأمواج الداخلية إلى نشوء تيارات صاعدة ترتفع بالمغذيات إلى الأعلى بما يعزز الإنتاجية الأولية في مناطق الذرى (Turnewitsch and others, 2016؛ و Read and Pollard, 2017). بيد أن ارتفاع الإنتاجية الأولية قد يكون عابرا (مثلا، Lemos and others, 2018)، ونادرا ما يزيد وفرة العوالق الحيوانية. وتعكس مجتمعات العوالق الحيوانية فوق الجبال البحرية خواص المياه المحيطية الملاصقة لها (مثلا، Carmo and others, 2013؛ و Denda and Christiansen, 2014؛ و Denda and others, 2017)، ولكن انسداد سُبل العوالق الحيوانية والسوابح الدقيقة المهاجرة بسبب اعتراض تضاريس الجبال البحرية لها يمكن أن يعزز احتمال وقوعها فريسة للأسماك والجمبري (مثلا، Nishida and others, 2016؛ و Preciado and others, 2017؛ و Letessier and others, 2017).

ويمكن للجبال البحرية التي تكون قممها على عمق ضحل أن تدعم نمو الطحالب، وقد شوهدت مؤخرا غابات طحلبية في منطقة شمال المحيط الأطلسي (Ramos and others, 2016؛ و Stefanoudis and others, 2019)، ومنطقة شمال شرق المحيط الهادئ (Du Preez and others, 2016). واكتُشفت أحواض كثيفة من الرودوليث على الجبال والأحياد البحرية في جنوب غرب المحيط الأطلسي (Meirelles and others, 2015)، وشمال غرب المحيط الأطلسي (Stefanoudis and others, 2019)، وجنوب غرب المحيط الهادئ،

(Clark and others, 2017, 2019). وهذه الطحالب يمكن أن تكون ذات أهمية في ميزانية الكربون الخاصة بالنظم البيئية المتوسطة الإضاءة. وقَدّر Pereira-Filho and others (2012) أن إنتاج الكربونات من الرودوليث في أربعة جبال بحرية من سلسلة الجبال البحرية المعروفة باسم فيتوريا - ترينيداد قبالة البرازيل بـ 10x 1,5^{-3} غيغا طن سنويا.

وتحسنت المعرفة بمجتمعات الأحياء في الجبال البحرية من خلال نمذجة توزّع أنواع الأحياء المتصلة بالظروف الفيزيائية - الكيميائية. وهذه النمذجة، ولا سيما بالنسبة لمرجانيات البحار العميقة التي يمكن أن تكون وفيرة على الجبال البحرية (مثلا، Tracey and others, 2011، و Rowden and others, 2010b) تشير إلى أن المتغيرات البيئية الرئيسية تشمل أعماق التشبع بالكالسيت/الأراغونيت، والجانب الطبغرافي، ودرجة الحرارة، والملوحة، ومستويات الأكسجين، والكربون العضوي الجسيمي (مثلا، Davies and Guinotte 2011؛ و Yesson and others, 2012, 2017؛ و Anderson and others, 2016a). بيد أن النماذج قد تكون ذات أداء ضعيف، وذلك حسب دقة البيانات البيئية (Anderson and others, 2016b؛ و Rowden and others, 2017). وستؤثر البيانات الجديدة أيضا على هذه النماذج، على نحو ما يتضح من اكتشاف شعاب مرجانية صخرية على الجبال البحرية في شمال غرب المحيط الهادئ، في ظروف سيئة للتشبع بالأراغونيت (Baco and others, 2017). وقد تؤثر المعايير البيئية، أيضا، بشكل مختلف، على تعويض الأنواع الحية وعلى وفرة تلك الأنواع (Victorero and others, 2018).

وكانت آليات الترابط فيما بين الجبال البحرية محور تركيز لبحوث أجريت مؤخرا. ويمكن أن تؤدي الجبال البحرية دور "معابر" عبر المناطق الكبيرة، ولكن لا يوجد نمط ثابت في هذا الصدد (Rowden and others, 2010a). ويتشابه المرجان الصخري المكوِّن للشعاب (Solenosmilia variabilis) مع المرجان المخروطي (Desmophyllum dianthus) في انتشارهما المتماثل الواسع النطاق عبر نصف الكرة الأرضية الجنوبي، ولكن البنية الوراثية المتماثلة لمرجان D. dianthus على امتداد مساحات واسعة (تبلغ آلاف الكيلومترات) تتناقض مع التباين الملاحظ في مرجان S. variablis بين الجبال البحرية الواقعة على مقربة فيما بينها (عشرات الكيلومترات) (Miller and Gunasekera, 2017). وهذه الآلية الأخيرة المتمثلة في مجموعات "للإمداد الذاتي" توجد أيضا عند الرخويات ذوات الصدفتين (Beeston and others, 2018). وتختلف أنماط الترابط الجغرافي فيما بين الأنواع الحية (مثلا، Zeng and others, 2017) وحتى داخل نفس الجنس (Pante and others, 2015). ويمكن أن توفر التيارات طرقا أو أن تكون حواجز لانتشار اليرقات (Dueñas and others, 2016؛ و Holland and others, 2019).

وهذا البحث يسلط الضوء على التباين في العوامل البيئية ومجتمعات الكائنات الحيوانية فيما بين الجبال البحرية، مما يجعل من المستحيل التعميم بشأن إيكولوجيا الجبال البحرية، ويؤكد أهمية أخذ العينات عبر طائفة واسعة من الخصائص الطبيعية والجغرافية للجبال البحرية (Clark and others, 2012).

3 - بيان التغيرات الاقتصادية والاجتماعية

يعود تاريخ مصائد الأسماك الحرفية إلى القرن الخامس عشر، وحتى اليوم، تعتبر مصائد الأسماك التجارية الصغيرة النطاق القريبة من الجزر المحيطية ذات أهمية للعمالة حيث يقدر المصيد (التونة بشكل رئيسي) بما يتراوح ما بين 150 000 و 250 000 طن سنويا (Da Silva and Pinho, 2007). وتراجعت عموما مصائد أسماك القاع في أعماق البحار من أنواع مثل سمك ألفونسينو والسمك الخشن البرتقالي منذ منتصف

تسعينيات القرن الماضي (Clark and others, 2007؛ و Watson and others, 2007؛ و Pitcher and others, 2010)، إلى مستويات حالية أدنى من 100 000 طن في السنة. وإضافة إلى الأسماك، استهدفت مصائد الأسماك الصغيرة اللافقرية في الجبال البحرية جرادَ البحر في جنوب المحيط الأطلسي وجنوبي المحيط الهندي، والسرطانَ الأحمر في أعماق البحار في شمال شرق المحيط الأطلسي (Rogers, 2018).

وتحتوي الجبال البحرية على قشور المنغنيز الحديدي الحاوية على الكوبالت والنيكل والعناصر الأرضية النادرة التي تنطوي على إمكانات تجارية (Hein and others, 2013). وتوجد خمسة عقود للتنقيب عن تلك القشور أبرمت مع السلطة الدولية لقاع البحار: تشكل أربعة منها جبال بحرية في شمال غرب المحيط الهادئ، ويتعلق الخامس بجبال بحرية في مرتفع ريو غراندي قبالة البرازيل[1]. ولا يوجد حاليا تعدين في أعماق البحار، ولكن عمليات التعدين قد تؤثر تأثيرا كبيرا على النظم الإيكولوجية للجبال البحرية (مثلا Levin and others, 2016؛ و Miller and others, 2018). ومن ثم، تقوم السلطة الدولية لقاع البحار حاليا بوضع أنظمة لتحقيق توازن بين احتمال الاستغلال وحفظ البيئة.

وتمثل القمامة وحطام البلاستيك مصدر قلق متزايد. وتؤدي خيوط وشباك وأقفاص صيد السمك المفقودة (مثلا Maldonado and others, 2015؛ و Vieira and others, 2015؛ و Woodall and others, 2015) إلى علوق الأنواع المرتبطة بالجبال البحرية بها أو إلحاق أضرار جسدية بها. وعُثر على مواد بلاستيكية دقيقة بحرية في عينات مأخوذة من حيوانات الجبال البحرية في جنوب المحيط الهندي، وكذلك في الرواسب (Woodall and others, 2014؛ و Taylor and others, 2016). ويُخشى أيضا أن تتمكن الأنواع المُغيرة من الانتشار عن طريق هذا الحطام والنثار.

وقد يحدث التعافي من آثار الصيد أو احتمال التعدين، إلى جانب العودة إلى تحقيق قيمة اقتصادية أو اجتماعية، بشكل بطيء جدا. ويمكن أن ينجم عن مصائد الأسماك في الجبال البحرية إزالة الكثير من الحيوانات القاعية، مما سيؤدي إلى انخفاض التنوع البيولوجي والوفرة (Clark and others, 2015). ولا تزال الجبال البحرية في سلسلة جبال إمبرور البحرية في هاواي تُغِلُّ بشكل متقطع كميات مصيد صغيرة (مثلا، Bensch and others, 2008)، وقد أعيد فتح العديد من المصائد الصغيرة للسمك الخشن البرتقالي قبالة ساحل كل من نيوزيلندا وتسمانيا (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018). بيد أن موائل الكائنات القاعية قد تكون بحاجة إلى عقود للتعافي. وتُظهر مسوحات متسلسلة زمنيا أجريت قبالة ساحل نيوزيلندا أدلة قليلة على التغيير في مجتمعات المرجان الصخري بعد 15 عاما من الإغلاق أمام الصيد بشباك الجر (Clark and others, 2019)، وذلك على الرغم من أن المرجانيات الزهرية والمرجانيات الصغيرة قد تكون ازدادت في بعض الجبال البحرية الواقعة قبالة ساحل تسمانيا (Clark and others, 2010). ويُبين مسح آخر أجري مؤخرا في شمال المحيط الهادئ بعض التعافي المحتمل من آثار الصيد بشباك الجر التي كانت مستخدمة في سبعينيات القرن العشرين (Baco and others, 2019)، ولكنّ بحوثا يابانية بشأن جبل بحري كان في السابق موقعا لصيد المرجانيات النفيسة لا تشير إلى أي دليل على التعافي (Bruckner, 2014).

[1] متاح على الرابط الشبكي التالي: www.isa.org.jm/deep-seabed-minerals-contractors.

4 - البحوث الرئيسية الخاصة بكل منطقة في السنوات الأخيرة

4-1 - المحيط المتجمد الشمالي

لم يُضطلع إلا بالقليل من العمل في الجبال البحرية في مياه المحيط المتجمد الشمالي. بيد أنه، في عام 2017، اكتُشفت مستويات كثافة وتنوع عالية للإسفنج على جبل شولتز ماسيف البحري (Schultz Massif)، ناتجة احتمالا عن حدوث تيارات أدفأ غنية بالأكسجين وبالغذاء (Jones and others, 2018).

4-2 - شمال المحيط الأطلسي

تركزت أعمال اضطُلع بها مؤخرا على الجبال البحرية في شمال شرق المحيط الأطلسي. وكشفت بيانات من جبل "أنطون دورن" (Anton Dohrn) البحري وجود 13 بيئة حيوية، 10 منها تستوفي معايير النظم الإيكولوجية البحرية الهشة (Davies and others, 2015). وأجري مسح لجبل هبريدس تيرّيس البحري (Hebrides Terrace) لأول مرة في عام 2012، وحُددت مواقع موائل لمرجانيات المياه الباردة (Henry and others, 2014)، كما حُدد موقع لتفريخ سمك الورنك (Bathyraja richardsoni) في المياه العميقة (Henry and others, 2016). وأكمل برنامج أطلس التابع للاتحاد الأوروبي عمليات مسح لجبل بوديتش البحري (Bowditch) (برمودا) وجبل فورميغاس البحري (Formigas) (جزر الأزور)، كما أُبلغ، في منطقة جبل تروبك البحري (Tropic) بوجود مناطق شاسعة من الإسفنج (Poliopogon amadou)، والمرجانيات الثمانية، والشعاب المرجانية من طائفة Solenosmilia variabilis، والمرجان من طائفة xenophyophores، وحقول زنابق البحر (Ramiro-Sánchez and others, 2019). ويحتوي جبل تروبك البحري على مساحات شاسعة من قشور المنغنيز الحديدي ذات أهمية تعدينية محتملة (Murton and others, 2017).

4-3 - جنوب المحيط الأطلسي

طورت أعمال حديثة مرتبطة بالتنقيب عن المعادن والنفط والغاز الأوصافَ الفيزيائية - الكيميائية لسلسلة الجبال البحرية المعروفة باسم سلسلة جبال فيتوريا - ترينداد وريو غراندي رايز (Bernardino and Sumida, 2017؛ و Montserrat and others, 2019). وتشترك الجبال البحرية مع المنحدرات القارية المجاورة في تجمعات الأنواع الحية فيهما، ولكن توجد أسس متمايزة بنيويا فيما بين المناطق (O'Hara and others, 2010؛ و Bernardino and others, 2016؛ و Almada and Bernardino, 2017) مما يشير إلى تنوع شديد للحياة الحيوانية القاعية وغير القاعية (Perez and others, 2018).

وأجرت المملكة المتحدة أيضا مسوحات للجبال البحرية الواقعة قبالة جزر سانت هيلانة وأسنسيون وتريستان دا كونها[2].

4-4 - المحيط الهندي

لا يزال مستوى البحوث بشأن الجبال البحرية في المحيط الهندي ضعيفا، على الرغم من أن عدة جبال بحرية واقعة على حيد الجنوب الغربي للمحيط الهندي وحَيْد مدغشقر قد أُجريت لها مسوحات في السنوات الأخيرة (Rogers and others, 2016). وأظهرت تلك المسوحات وجود مجتمعات لكائنات دقيقة وعوالق نباتية متميزة عبر الحَيد (Djurhuus and others, 2017؛ و Sonnekus and others, 2017)، كما كشفت وجود تنوع عالٍ لرأسيات الأرجل (Laptikhovsky and others, 2017) وتنوع عالٍ لمجموعات أنواع حيوانات قاع البحر فيما بين الجبال البحرية.

[2] انظر www.bas.ac.uk/project/protecting-marine-ecosystems-in-the-south-atlantic.

4-5 - شمال المحيط الهادئ

نشطت الولايات المتحدة في شمال المحيط الهادئ ووسطه من خلال حملات أجريت في أعوام 2015 و 2016 و 2017 شملت رسم خرائط وعمليات غطس لمركبات تُشغَّل عن بُعد على الجبال البحرية والأحياد في معلم باباهانوموكواكي الوطني البحري "Papahānaumokuākea" (بما في ذلك سلسلة جبال أمبرور البحرية في هاواي) حول عدد من جزر الولايات المتحدة في وسط المحيط الهادئ، وامتدت نزولا إلى ساموا وتوكيلاو وجزر كوك. وأجريت 18 عملية غطس في الجبال البحرية لسلسلة جبال ميوزيشان البحرية (Musician). وفي معظم الجبال البحرية، اقتصرت عمليات الغطس للمركبات المشغلة عن بُعد على عملية واحدة، ولكن تلك العملية كشفت عن تنوع ووفرة المجتمعات المرجانية والإسفنجية في أعماق البحار (Kennedy and others, 2019). ونُفذ مزيد من الأعمال عن طريق عمليات الغطس باستخدام تلك المركبات وجمع العينات الجوفية واستعمال شباك الجر على 4 جبال بحرية في خليج ألاسكا في عام 2019.

وأجرى باحثون صينيون عددا من المسوحات للجبال البحرية الواقعة في شمال غرب المحيط الهادئ، بما في ذلك جبال كارولين وياب وماجلاّن البحرية.

وتسجل أيضا زيادة في أعمال المسح التي يقوم بها مقاولو معادن المياه العميقة الحاصلون على تراخيص للتنقيب عن قشور الكوبالت في شمال غرب المحيط الهادئ. وجمع مقاولون (الرابطة الصينية للبحث والتطوير في مجال الموارد المعدنية للمحيطات (الصين)، والمعهد الكوري لعلوم وتكنولوجيا المحيطات (جمهورية كوريا)، والاتحاد الروسي، وشركة اليابان الوطنية للنفط والغاز والمعادن (اليابان)، في عامي 2017 و 2018، عينات من 11 جبلا بحريا، وعثروا على الكثير من الأنواع الجديدة ضمن مجتمعات الكائنات البحرية القاعية من الإسفنج والمرجانيات وشوكيات الجلد (مثلا، Wang and others, 2016؛ و Dong and others, 2017).

وتم بعض عمليات أخذ العينات في التلول السحيقة والجبال البحرية في منطقة صدع كلاريون - كليبرتون. وفي القسم الكندي من شمال المحيط الهادئ، وضعت وزارة مصائد الأسماك والمحيطات الكندية توصيفا أساسيا لعدة جبال بحرية. وفي عام 2018، نشرت منظومات رصد مستقلة لجمع بيانات بيئية عن جبل ديلوود البحري (Dellwood)، إلى جانب أجهزة مسماع مائي للكشف عن وجود الحيتان. وحُدد ثلاثون موقعا محتملا للرصد الطويل الأجل باستخدام مسوحات فوتوغرافية. ويجري حاليا وضع خطة علمية لجبل سغان كينغلاس - بووي البحري (SGaan Kinghlas-Bowie) وجبال بحرية أخرى في المحيط الهادئ.

4-6 - جنوب المحيط الهادئ

تركزت البحوث على دراسة احتمالات تعافي مجتمعات الكائنات البحرية القاعية من آثار الصيد بشباك الجر القاعية. وفُرغ من مسوحات إضافية متسلسلة زمنيا قبالة ساحل نيوزيلندا في عام 2015 (Clark and others, 2019)، وقبالة ساحل تسمانيا في عام 2018[3]. ولا يبدو التعافي على الشعاب المرجانية الصخرية الأصلية سوى بقدر قليل بعد مرور فترة 15-20 سنة على توقف الصيد بشباك الجرّ.

وأجريت مؤخرا مسوحات للجبال البحرية الواقعة قبالة جزر غالاباغوس (إكوادور) (2015، 2016) حتى عمق 3 000 متر، وكذلك في متنزه نازكا ديسفينتوراداس "Nazca-Desventuradas" البحري (شيلي) (2016) وأستراليا (Nanson and others, 2018).

4-7 - المحيط الجنوبي

أُخذت، في السنوات الأخيرة، عينات من عدد من الجبال البحرية والأحياد الواقعة في مياه المحيط المتجمّد الجنوبي. وشملت مسوحات نيوزيلندا حيد لونغ ريدج (Long Ridge) (جزء من حيد المحيط الهادئ والمحيط المتجمد الجنوبي) في عام 2018، وسلسلة جبال سكوت البحرية في عام 2019.

[3] انظر https://ecos.csiro.au/deep-sea-life.

5 - آفاق المستقبل

أُجريت بحوث هامة في العقد الماضي. ويمكن للمبادرات الدولية التي يزمع اتخاذَها في المستقبل كلٌّ من المشروع العالمي للجبال البحرية[4]، والفريق العامل الجديد للجبال البحرية والجزر المرتبطة بأحياد وسط المحيط التابع لمنظمة إنتريدج (InterRidge)، والمبادرات المتخذة في إطار عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة لإجراء مسح لمزيد من الجبال البحرية أن تكمل البحوث الوطنية الجارية الموجهة نحو مسائل التنوع البيولوجي المحلي أو الآثار على مصائد الأسماك. وفي عام 2017، وقّع الاتحاد الأوروبي والبرازيل وجنوب أفريقيا بيان بيليم، وهو إطار تمويلي لبرنامج iAtlantic على نطاق عموم منطقة المحيط الأطلسي (2019–2023)[5] سيُجرى من خلاله العديد من المسوحات للجبال البحرية في المحيط الأطلسي.

ويشكل ظهور إمكانية التعدين في قاع البحار العميقة على الجبال البحرية تهديدا، ولكن السلطة الدولية لقاع البحار تطلب بيانات بيئية أساسية كبيرة كشرط للتنقيب في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية، وذلك سيؤدي إلى زيادة المعرفة بالجبال البحرية في عدة مناطق على مدى السنوات العشر المقبلة.

ومن الصعب التنبؤ بآثار تغير المناخ على مدى العقد المقبل، ولكنّ استعراضات أجراها Rogers (2015) و Sweetman and others (2017) تشير إلى أن تغير المناخ لا يزال يشكل تهديدا كبيرا لمجتمعات الأحياء في الجبال البحرية، مع ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض مستويات تركيز الأكسجين وتضحّل حد التشبّع بالأراغونيت. وبعض أنواع الحياة الحيوانية في الجبال البحرية، مثل مرجانيات المياه الباردة، هي أشد تأثرا بالتغيرات في خصائص كتلة المياه (مثلا، Guinotte and others, 2006؛ و Matos and others, 2017؛ و Hebbeln and others, 2019)، وأكبر التغيرات في الأعماق غير القاعية (Sweetman and others, 2017) يشمل الجبال البحرية التي تدعم مصائد الأسماك المنتجة أو التنوع البيولوجي الكبير. بيد أنه، ونظرا لأن الجبال البحرية تغطي أعماقا أوسع نطاقا، فإنها قد تكون أقل عرضة للتغيرات الناتجة عن تحمُّض المحيطات من قاع البحار المحيط بها، ويمكن أن تؤدي دور ملاذات مؤقتة (Tittensor and others, 2010).

وعلى الصعيد العالمي، قد تزداد حماية الجبال البحرية، مما يعزز جهود الحفظ الوطنية في شمال المحيط الأطلسي وجنوب غرب المحيط الهادئ وشمال شرق المحيط الهادئ (Morato and others, 2010) وقرارات حظر أنشطة الصيد المتخذة في الآونة الأخيرة قبالة الساحل الغربي لكندا وشيلي في شمال المحيط الأطلسي (Natura, 2000)، وفي جميع أنحاء مياه هاواي.

ويمكن أن يعزز التمويل السياحي أيضا جهود حفظ الجبال البحرية في المستقبل (Ison and others, 2021). وقد وُضعت أيضا بعض مناطق الجبال البحرية في شرق المحيط الهادئ تحت الحماية من إمكانية التعدين في قاع البحار بموجب خطة إقليمية للإدارة البيئية اعتمدتها السلطة الدولية لقاع البحار. ومن المرجح أن تصنف المنظمات الإقليمية المعنية بإدارة مصائد الأسماك أعدادا متزايدة من الجبال البحرية في عداد النظم الإيكولوجية البحرية الهشة (FAO, 2009)، والعديد من الجبال البحرية مصنفة باعتبارها مناطق بحرية ذات أهمية إيكولوجية أو بيولوجية (Convention on Biological Diversity (CBD), 2009).

[4] متاحة على الرابط التالي: https://osf.io/xtg5c/.
[5] متاح على الرابط التالي: www.iatlantic.eu/.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

لا تزال الثغرات المعرفية المحددة في التقييم الأول قائمة إلى حد كبير (United Nations, 2017b)، وهي: العدد المحدود للجبال البحرية التي جُمعت منها عينات حتى اليوم (أحرز بعض التقدم)؛ ووضعت نماذج تنبؤية لملاءمة الموائل، ولكنها لم توضع موضع الاختبار (بعض التقدم)؛ والقصور المعرفي بشأن المكونات غير القاعية للنظم الإيكولوجية للجبال البحرية (ولا سيما الأعماق غير القاعية) (لا يزال إلى حد كبير أمرا واقعا)؛ والحاجة إلى تقييم عوامل الإجهاد المتعددة، بما في ذلك اضطراب الموائل، والملوثات، وتغير المناخ، والتحمض، وتناقص كمية الأكسجين، وإلى النظر فيها بشكل مشترك (تظل ثغرة رئيسية)؛ والفهم المحدود لمدى فعالية مناطق حظر الصيد حتى اليوم (أحرز بعض التقدم).

وتوجد عدة مجموعات بيانات عالمية ووطنية عن الجبال البحرية، بما في ذلك فهرس الجبال البحرية (Seamount Catalog) (جيولوجية بشكل رئيسي)[6]؛ والجبال البحرية على الإنترنت (Seamounts Online) (بيولوجية)؛ وإطار تقييم النظم الإيكولوجية للجبال البحرية (إيكولوجية)؛ وبالنسبة لنيوزيلندا (Rowden and others, 2008)؛ وجزر الأزور (Morato and others, 2008)، وغرب جنوب المحيط الهادئ (Allain and others, 2008). غير أن مجموعات البيانات تلك لم تُحدَّث على نطاق واسع لتشمل تحديد الجبال البحرية التي أخذت منها عينات منذ التقييم الأول. وهناك حاجة ملحة إلى سجل محدّث لمسوحات الجبال البحرية والجهود المبذولة فيما يتعلق بأخذ العينات.

ونظرا لقلة عدد الجبال البحرية التي أجري لها مسح على الصعيد العالمي، فلا تزال توجد ثغرات كبيرة في الفهم العلمي لنطاقات وأنماط التنوع البيولوجي في الجبال البحرية والقدرة على التكيف مع تغير المناخ والأنشطة البشرية (Clark and others, 2012). ويتطلب جمع هذه البيانات الأساسية مجموعة من الأدوات المتعددة، بما في ذلك الاستشعار عن بُعد، وأخذ العينات المباشر، والمسوحات البصرية (انظر Clark and others, 2016). ويشكّل التحديد التصنيفي الدقيق والمتسق للحياة الحيوانية في الجبال البحرية مشكلة شائعة في كثير من موائل أعماق البحار. وقد حفّزت الحاجة إلى تحسين اتساق أنشطة أخذ العينات عبر تخصصات متعددة وضع البروتوكول العام المتكرر للمسح وأخذ العينات في المحيطات (Woodall and others, 2018). ومن المرجَّح أن تُستخدم، على نطاق واسع، تقنيات جديدة كالذكاء الاصطناعي لتحديد الأنواع، والحمض النووي البيئي (eDNA)، والنُّهج الجينية للمناظر البحرية، والعوامات العميقة لشبكة الرصد الأوقيانوغرافي الجيوستروفي الآني، وكلها ضرورية لتحسين المعرفة ببيئات الجبال البحرية. ويلزم إجراء مزيد من الدراسات المتسلسلة زمنيا لمعالجة مسألة قدرة مجتمعات الكائنات المتأثرة في الجبال البحرية على الصمود واحتمال تعافيها في الأجل الطويل، وكذلك توفير المعلومات اللازمة لإدارتها في المستقبل.

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

يمكن لبيئات الجبال البحرية أن تؤدي دورا هاما في النظام الإيكولوجي لقاع البحار العميقة. ويجب أن تشمل عمليات مسح أعماق البحار الجبال البحرية من أجل تحسين فهم تركيبة نظامها الإيكولوجي ووظيفتها

[6] متاحة على الرابط التالي: https://earthref.org/SC/.

كشرط مسبق للأنشطة البشرية. غير أن قصور القدرات العلمية، والطابع النائي وغير المستكشف لموائل أعماق البحار عموما، يشيران إلى وجود ثغرات كبيرة في القدرات والمعلومات حتى في البلدان الصناعية المتقدمة النمو. وفي جميع البلدان، توجد جبال بحرية تتداخل في توزيعها مع الأنشطة الصناعية الحالية أو المقترحة، مثل مصائد الأسماك في غرب المحيط الهادئ، وتطوير قطاع النفط والغاز في عرض البحر في منطقة البحر الكاريبي وفي أفريقيا، وإمكانية التعدين في قاع البحار العميقة في مناطق الجبال البحرية ومناطق الأحياد البحرية في شمال غرب المحيط الهادئ وجنوب غربه وفي المحيط الهندي. ولا بد من توفر قدر كبير من التآزر والتعاون فيما بين البلدان النامية والبلدان المتقدمة النمو لبناء القدرات العلمية والإدارية.

المراجع

Allain, Valérie, and others (2008). Enhanced seamount location database for the western and central Pacific Ocean: screening and cross-checking of 20 existing datasets. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 55, No. 8, pp. 1035–1047.

Almada, Gustavo Vaz de Mello Baez, and Angelo Fraga Bernardino (2017). Conservation of deep-sea ecosystems within offshore oil fields on the Brazilian margin, SW Atlantic. *Biological Conservation*, vol. 206, pp. 92–101.

Anderson, Owen F., and others (2016a). Field validation of habitat suitability models for vulnerable marine ecosystems in the South Pacific Ocean: implications for the use of broad-scale models in fisheries management. *Ocean & Coastal Management*, vol. 120, pp. 110–126.

Anderson, Owen F., and others (2016b). Habitat suitability models for predicting the occurrence of vulnerable marine ecosystems in the seas around New Zealand. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 115, pp. 265–292.

Baco, Amy R., and others (2017). Defying dissolution: discovery of deep-sea scleractinian coral reefs in the North Pacific. *Scientific Reports*, vol. 7, No.1, art. 5436.

Baco, Amy R., and others (2019). Amid fields of rubble, scars, and lost gear, signs of recovery observed on seamounts on 30- to 40-year time scales. *Science Advances*, vol. 5, No. 8, eaaw4513.

Beeston, Mark A., and others (2018). Hydrological features above a Southern Ocean seamount inhibit larval dispersal and promote speciation: evidence from the bathyal mytilid *Dacrydium alleni* sp. nov. (Mytilidae: Bivalvia). *Polar Biology*, vol. 41, No. 7, pp. 1493–1504.

Bensch, Alexis, and others (2008). *Worldwide Review of Bottom Fisheries in the High Seas*. vol. 522. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Bernardino, Angelo F., and Paulo Y.G. Sumida (2017). Deep risks from offshore development. *Science*, vol. 358, No. 6361, pp. 312–312.

Bernardino, Angelo Fraga, and others (2016). Bathymetric and regional changes in benthic macrofaunal assemblages on the deep Eastern Brazilian margin, SW Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 111, pp. 110–120.

Bruckner, A.W. (2014). Advances in management of precious corals in the family Corallidae: are new measures adequate? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 7, pp. 1–8.

Carmo, Vanda, and others (2013). Variability of zooplankton communities at Condor seamount and surrounding areas, Azores (NE Atlantic). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 98, pp. 63–74.

Clark, Malcolm R. (2009). Deep-sea seamount fisheries: a review of global status and future prospects. *Latin American Journal of Aquatic Research*, vol. 37, No. 3, pp. 501–512.

Clark, Malcolm R., and others (2007). Large-scale distant-water trawl fisheries on seamounts. *Seamounts: Ecology, Fisheries, and Conservation*, vol. 12, pp. 361–399.

Clark, Malcolm R., and others (2010). The ecology of seamounts: structure, function, and human impacts. *Annual Review of Marine Science*, vol. 2, pp. 253–278.

Clark, Malcolm R., and others (2012). Science priorities for seamounts: research links to conservation and management. *PloS One*, vol. 7, No. 1, e29232.

Clark, Malcolm R., and others (2015). The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: a review. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 73, No. suppl. 1, pp. i51–i69.

Clark, Malcolm R., and others (2016). *Biological Sampling in the Deep Sea*. Oxford: Wiley-Blackwell.

Clark, Malcolm R., and others (2017). Biodiversity of the Kermadec Islands and offshore waters of the Kermadec Ridge: report of a coastal, marine mammal and deep-sea survey (TAN1612). *New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report*, No. 179, pp. 95.

Clark, Malcolm R., and others (2019). Little evidence of benthic community resilience to bottom trawling on seamounts after 15 years. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, p. 63.

Convention on Biological Diversity Secretariat (CBD) (2009). *Azores Scientific Criteria and Guidance for Identifying Ecologically or Biologically Significant Marine Areas and Designing Representative Networks of Marine Protected Areas in Open Ocean Waters and Deep Sea Habitats*. Montreal, Canada.

Da Silva, Helder Marques, and Mário Rui Pinho (2007). Small-scale fishing on seamounts. In *Seamounts: Ecology Fisheries and Conservation, Fisheries and Aquatic Resource Series, Blackwell Scientific*, T.J. Pitcher and others, eds., pp. 335–360. Fish and Aquatic Resources Series. Oxford: Blackwell Science.

Davies, Andrew J., and John M. Guinotte (2011). Global habitat suitability for framework-forming cold-water corals. *PloS One*, vol. 6, No. 4, e18483.

Davies, Jaime S., and others (2015). Benthic assemblages of the Anton Dohrn Seamount (NE Atlantic): defining deep-sea biotopes to support habitat mapping and management efforts with a focus on vulnerable marine ecosystems. *PloS One*, vol. 10, No. 5, e0124815.

Denda, A., and Bernd Christiansen (2014). Zooplankton distribution patterns at two seamounts in the subtropical and tropical NE Atlantic. *Marine Ecology*, vol. 35, No. 2, pp. 159–179.

Denda, A., and others (2017). Microzooplankton and meroplanktonic larvae at two seamounts in the subtropical and tropical NE Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 97, No. 1, pp. 1–27.

Djurhuus, A., and others (2017). The spatial distribution of particulate organic carbon and microorganisms on seamounts of the South West Indian Ridge. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 136, pp. 73–84.

Dong, Dong, and others (2017). Three squat lobsters (Crustacea: Decapoda: Anomura) from tropical West Pacific seamounts, with description of a new species of *Uroptychus* Henderson, 1888. *Zootaxa*, vol. 4311, No. 3, pp. 389–398.

Du Preez, Cherisse, and others (2016). The structure and distribution of benthic communities on a shallow seamount (Cobb Seamount, Northeast Pacific Ocean). *PloS One*, vol. 11, No. 10, e0165513.

Dueñas, Luisa F., and others (2016). The Antarctic Circumpolar Current as a diversification trigger for deep-sea octocorals. *BMC Evolutionary Biology*, vol. 16, No. 1, art. 2.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2009). *International Guidelines for the Management of Deep-Sea Fisheries in the High-Seas*. 42. Rome.

_____ (2018). *Global Review of Orange Roughy* (Hoplostethus Atlanticus), *Their Fisheries, Biology and Management*. Geoffrey Tingley and Matthew Dunn, eds. FAO Fisheries and Technical Paper 622. Rome.

Guinotte, John M., and others (2006). Will human-induced changes in seawater chemistry alter the distribution of deep-sea scleractinian corals? *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 4, No. 3, pp. 141–146.

Harris, Peter, and others (2014). Geomorphology of the oceans. *Marine Geology*, vol. 352, pp. 4–24. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.01.011.

Hebbeln, Dierk, and others (2019). The fate of cold-water corals in a changing world: a geological perspective. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 119.

Hein, James R., and others (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high-and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, vol. 51, pp. 1–14.

Henry, L.-A., and others (2016). Seamount egg-laying grounds of the deep-water skate *Bathyraja richardsoni*. *Journal of Fish Biology*, vol. 89, No. 2, pp. 1473–1481.

Henry, Lea-Anne, and others (2014). Environmental variability and biodiversity of megabenthos on the Hebrides Terrace Seamount (Northeast Atlantic). *Scientific Reports*, vol. 4, art. 5589.

Holland, L.P., and others (2019). *Genetic connectivity of deep-sea corals in the New Zealand region*. New Zealand Aquatic Environment & Biodiversity Report No. 245. Wellington.

Howell, Kerry L., and others (2010). Mounting evidence: near-slope seamounts are faunally indistinct from an adjacent bank. *Marine Ecology*, vol. 31, pp. 52–62.

Ison, S., and others (2021). Tourist preferences for seamount conservation in the Galapagos Marine Reserve. *Frontiers in Marine Science*.

Jones, E.M., and others (2018). Oceanographic setting and short-timescale environmental variability at an Arctic seamount sponge ground. *Deep Sea Research I*, vol. 138, pp. 98–113.

Kennedy, Brian R.C., and others (2019). The unknown and the unexplored: insights into the Pacific Deep-Sea following NOAA CAPSTONE expeditions. *Frontiers in Marine Science,* vol. 6, art. 21.

Kvile, Kristina Ø., and others (2014). A global assessment of seamount ecosystems knowledge using an ecosystem evaluation framework. *Biological Conservation*, vol. 173, pp. 108–120.

Laptikhovsky, V., and others (2017). Cephalopods of the Southwest Indian Ocean Ridge: a hotspot of biological diversity and absence of endemism. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 136, pp. 98–107.

Lavelle, J. William, and Christian Mohn (2010). Motion, commotion, and biophysical connections at deep ocean seamounts. *Oceanography*, vol. 23, No. 1, pp. 90–103.

Lemos, A.T., and others (2018). Annual phytoplankton blooming using satellite-derived chlorophyll-a data around the Vitória-Trindade Chain, Southeastern Brazil. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 136, pp. 62–71.

Letessier, Tom B., and others (2017). Seamount influences on mid-water shrimps (Decapoda) and gnathophausiids (Lophogastridea) of the South-West Indian Ridge. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 136, pp. 85–97.

Levin, Lisa A., and others (2016). Defining "serious harm" to the marine environment in the context of deep-seabed mining. *Marine Policy*, vol. 74, pp. 245–259.

Maldonado, Manuel, and others (2015). Aggregated clumps of lithistid sponges: a singular, reef-like bathyal habitat with relevant paleontological connections. *PloS One*, vol. 10, No. 5, e0125378.

Matos, Lélia, and others (2017). Coral mound development at the Campeche cold-water coral province, southern Gulf of Mexico: implications of Antarctic Intermediate Water increased influence during interglacials. *Marine Geology*, vol. 392, pp. 53–65.

Meirelles, Pedro M., and others (2015). Baseline assessment of mesophotic reefs of the Vitória–Trindade seamount chain based on water quality, microbial diversity, benthic cover and fish biomass data. *PloS One*, vol. 10, No. 6, e0130084.

Meredith, Michael P., and others (2015). Circulation, retention, and mixing of waters within the Weddell–Scotia Confluence, Southern Ocean: the role of stratified Taylor columns. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 120, No. 1, pp. 547–562.

Miller, Karen J., and Rasanthi M. Gunasekera (2017). A comparison of genetic connectivity in two deep sea corals to examine whether seamounts are isolated islands or stepping stones for dispersal. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 46103.

Miller, Kathryn A., and others (2018). An overview of seabed mining including the current state of development, environmental impacts, and knowledge gaps. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 418.

Montserrat, Francesc, and others (2019). Deep–sea mining on the Rio Grande Rise (Southwestern Atlantic): a review on environmental baseline, ecosystem services and potential impacts. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 145, pp. 31–58.

Morato, Telmo, and others (2008). Evidence of a seamount effect on aggregating visitors. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 357, pp. 23–32.

Morato, Telmo, and others (2010). Can we protect seamounts for research? A call for conservation. *Oceanography*, vol. 23, No. 1, pp. 190–199.

Murton, B.J., and others (2017). Detailed description of FeMn crusts at Tropic Seamount. *Proceedings of the American Geophysical Union*, Fall Meeting 2017, abstract #OS34A–05. Washington, D.C.: American Geophysical Union.

Nanson, R., and others (2018). An eco–narrative of Gifford Marine Park: Temperate East marine region. *Report to the National Environmental Science Programme*, Marine Biodiversity Hub. Geoscience Australia.

Narayanaswamy, Bhavani E., and others (2013). First observations of megafaunal communities inhabiting George Bligh Bank, northeast Atlantic. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 92, pp. 79–86.

Nishida, K., and others (2016). Prey use by three deep–sea fishes in the Emperor Seamount waters, North Pacific Ocean, as revealed by stomach contents and stable isotope analyses. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 99, No. 4, pp. 335–349.

O'Hara, Timothy D., and others (2010). Environmental predictors and turnover of biota along a seamount chain. *Marine Ecology*, vol. 31, pp. 84–94.

Pante, Eric, and others (2015). An inter–ocean comparison of coral endemism on seamounts: the case of *Chrysogorgia*. *Journal of Biogeography*, vol. 42, No. 10, pp. 1907–1918.

Pereira–Filho, Guilherme H., and others (2012). Extensive rhodolith beds cover the summits of southwestern Atlantic Ocean seamounts. *Journal of Coastal Research*, vol. 28, No. 1, pp. 261–269.

Perez, Jose Angel Alvarez, and others (2018). Benthopelagic megafauna assemblages of the Rio Grande Rise (SW Atlantic). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 134, pp. 1–11.

Pitcher, Tony J., and others (2007). *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation*. Oxford: Blackwell.

Pitcher, Tony J., and others (2010). Seamount fisheries: do they have a future? *Oceanography*, vol. 23, No. 1, pp. 134–144.

Preciado, Izaskun, and others (2017). Food web functioning of the benthopelagic community in a deep–sea seamount based on diet and stable isotope analyses. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 137, pp. 56–68.

Ramiro–Sánchez, Berta, and others (2019). Characterization and mapping of a deep–sea sponge ground on the Tropic Seamount (northeast tropical Atlantic): implications for spatial management in the high seas. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 278.

Ramos, Manuela, and others (2016). Patterns in megabenthic assemblages on a seamount summit (Ormonde Peak, Gorringe Bank, Northeast Atlantic). *Marine Ecology*, vol. 37, No. 5, pp. 1057–1072.

Read, Jane, and Raymond Pollard (2017). An introduction to the physical oceanography of six seamounts in the southwest Indian Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 136, pp. 44–58.

Rogers, A. (2016). Pelagic ecology of the South West Indian Ocean Ridge seamounts: introduction and overview. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 136, pp. 1–4.

_____ (2018). The biology of seamounts: 25 years on. *Advances in Marine Biology*, vol. 79, pp. 137–223.

_____ (2015). Environmental change in the deep ocean. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 40, pp. 1–38.

Rowden, A.A., and others (2008). *New Zealand's "SEAMOUNT" database: recent updates and its potential use for ecological risk assessment*. Aquatic Environment and Biodiversity Report No. 27.

Rowden, A.A., and others (2010a). A test of the seamount oasis hypothesis: seamounts support higher epibenthic megafaunal biomass than adjacent slopes. *Marine Ecology*, vol. 31, pp. 95–106.

Rowden, A.A., and others (2010b). Paradigms in seamount ecology: fact, fiction and future. *Marine Ecology*, vol. 31, pp. 226–241.

Rowden, A.A., and others (2017). High-resolution habitat suitability models for the conservation and management of vulnerable marine ecosystems on the Louisville Seamount Chain, South Pacific Ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 335.

Schlacher, Thomas A., and others (2014). Seamount benthos in a cobalt-rich crust region of the central Pacific: conservation challenges for future seabed mining. *Diversity and Distributions*, vol. 20, No. 5, pp. 491–502.

Sonnekus, Martinus J., and others (2017). Phytoplankton and nutrient dynamics of six South West Indian Ocean seamounts. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 136, pp. 59–72.

Staudigel, Hubert and others (2010). Seamount sciences: quo vadis? *Oceanography*, vol. 23, No. 1, pp. 212–213.

Stefanoudis, P., and others (2019). Depth-dependent structuring of reef fish assemblages from the shallows to the rariphotic zone. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 307.

Stocks, Karen I. (2010). BOX 10-SeamountsOnline: A Desktop Window Into the Lives of Seamounts. *Oceanography*, vol. 23, No. 1, p. 145.

Stocks, Karen I., and others (2012). CenSeam, an international program on seamounts within the census of marine life: achievements and lessons learned. *PloS One*, vol. 7, No. 2, e32031.

Sweetman, Andrew K., and others (2017). Major impacts of climate change on deep-sea benthic ecosystems. *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 5, pp. 1–23.

Taylor, M.L., and others (2016). Plastic microfibre ingestion by deep-sea organisms. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 33997.

Tittensor, Derek P., and others (2010). Seamounts as refugia from ocean acidification for cold-water stony corals. *Marine Ecology*, vol. 31, pp. 212–225.

Tracey, Dianne M., and others (2011). Habitat-forming cold-water corals show affinity for seamounts in the New Zealand region. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 430, pp. 1–22.

Turnewitsch, Robert, and others (2016). Tidal influence on particulate organic carbon export fluxes around a tall seamount. *Progress in Oceanography*, vol. 149, pp. 189–213.

United Nations (2017a). Chapter 51: Biological communities on seamounts and other submarine features potentially threatened by disturbance. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

Victorero, Lissette, and others (2018). Species replacement dominates megabenthos beta diversity in a remote seamount setting. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 4152.

Vieira, Rui P., and others (2015). Lost fishing gear and litter at Gorringe Bank (NE Atlantic). *Journal of Sea Research*, vol. 100, pp. 91–98.

Wang, Dexiang, and others (2016). Three new species of glass sponges Pheronematidae (Porifera: Hexactinellida) from the deep-sea of the northwestern Pacific Ocean. *Zootaxa*, vol. 4171, No. 3, pp. 562–574.

Watson, Reg, and others (2007). Catches from world seamount fisheries. In *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation*, Tony J. Pitcher and others, eds., pp. 400–412. Oxford: Blackwell Publishing.

Wessel, Paul, and others (2010). The global seamount census. *Oceanography*, vol. 23, No. 1, pp. 24–33.

Woodall, Lucy C., and others (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, vol. 1, No. 4, 140317.

Woodall, Lucy C., and others (2015). Deep-sea litter: a comparison of seamounts, banks and a ridge in the Atlantic and Indian Oceans reveals both environmental and anthropogenic factors impact accumulation and composition. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 3.

Woodall, Lucy C., and others (2018). A multidisciplinary approach for generating globally consistent data on mesophotic, deep-pelagic, and bathyal biological communities. *Oceanography*, vol. 31, No. 3, pp. 76–89.

Yesson, Chris, and others (2011). The global distribution of seamounts based on 30 arc seconds bathymetry data. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 58, No. 4, pp. 442–453.

Yesson, Chris, and others (2012). Global habitat suitability of cold-water octocorals. *Journal of Biogeography*, vol. 39, No. 7, pp. 1278–1292.

Yesson, Chris, and others (2017). The global distribution of deep-water Antipatharia habitat. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 145, pp. 79–86.

Zeng, Cong, and others (2017). Population genetic structure and connectivity of deep-sea stony corals (Order Scleractinia) in the New Zealand region: Implications for the conservation and management of vulnerable marine ecosystems. *Evolutionary Applications*, vol. 10, No. 10, pp. 1040–1054.

الفصل 7 ميم

السهول السحيقة

المساهمون: جيرون إنغلز (منظم الاجتماعات)، وديفا آمون، وأنجيلو ف. برناردينو، وبونياسلوك بهادوري، وهولي بيك، ومالكولم ر. كلارك، وتوماس دالغرين، ودانيال أ. ب. جونز، وكريغ ماكلين، وكليفتون نونالي، وبول سنلغروف، وجوشوا ت. توهوميري (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي)، وموریاكي یاسوهارا.

النقاط الرئيسية

- تقع أعماق المحيطات السحيقة على عمق مائي يتراوح بين 3 و 6 كيلومترات، وتغطي مساحة من سطح الأرض أكبر من المساحة التي تغطيها كل الموائل الأخرى مجتمعة.
- هذا الفصل هو أول فصل مخصص في التقييم العالمي للمحيطات للأعماق السحيقة، وهو يغطي التنوع البيولوجي، والاختلافات الإقليمية، والجغرافية الأحيائية، والتغيرات والآثار الناتجة عن عوامل الإجهاد الطبيعية والنشاط البشري.
- التنوع البيولوجي للأعماق السحيقة غير مفهوم جيدا، وتوجد ثغرات كثيرة في الفهم الحالي لنشوئها وتطورها، وللجغرافية الأحيائية وتوزّع الكائنات الحية والترابط فيما بينها والاستجابات للظروف المتغيرة.
- تنتج المعرفة المجزأة لتصنيف كائنات الأعماق السحيقة، إلى حد كبير، عن صعوبات تعترض عملية أخذ العينات في تلك المنطقة الشاسعة والنائية، مؤديةً بذلك إلى محدودية الجهود البحثية، مما يعوق تقدم المعرفة العلمية.
- معظم البيئات السحيقة تدعم العمليات التي تساعد على قيام النظام الإيكولوجي لقاع البحار العميقة والنظام الإيكولوجي العالمي بوظائفهما، وهي مرتبطة ارتباطا وثيقا بالإنتاج السطحي والعمليات غير القاعية.
- يؤثر تغير المناخ والآثار البشرية المنشأ على الأعماق السحيقة، على الرغم من نأيها.

1 - مقدمة

1-1 - الوضع على النحو المسجل في التقييم العالمي الأول للمحيطات

يتضمن التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017d) وصفا موجزا للبيئات السحيقة، في الفصل 1 (United Nations, 2017a)، وفي الفصل 36-واو (United Nations, 2017c)، وفي الفصول المتعلقة بالتنوع البيولوجي في مختلف مناطق المحيطات. وأشير فيها إلى اعتماد الموائل السحيقة على تدفق الأغذية من الأعلى، والآثار المحتملة لتغير المناخ، والأثر المحتمل للتعدين في قاع البحار العميقة. وتظل حالة من عدم اليقين قائمة بشأن التنوع البيولوجي في الأعماق السحيقة وصلاته المحتملة بالكائنات الحية غير القاعية وكائنات المياه السطحية، والتغيرات المستقبلية في ذلك التنوع البيولوجي. ولم يتضمن التقييم الأول الوصف الشامل للتنوع البيولوجي في الأعماق السحيقة الوارد في هذا الفصل.

1-2 - لمحة عامة

تمثل منطقة الأعماق السحيقة (عمق المياه 3-6 كيلومترات) (Gage and Tyler, 1991) أكبر منطقة على وجه الأرض (حولي 58 في المائة تقريبا من سطح الأرض). وهي تتألف، بشكل رئيسي، من مساحات شاسعة من سهول بحرية قاعية مغطاة بترسبات دقيقة عموما، تتخللها ركازة صلبة متفرقة عند نتوءات طبغرافية على شكل آكام وجبال بحرية وأحياد وسط محيطية وأقواس جزر محيطية، وكذلك منخفضات على شكل وديان وخنادق أعمق. ويميز الانعدام التام لاختراق أشعة الشمس وللإنتاج الأولي في الموقع، ما عدا بعض التخليق الكيميائي (انظر الفصل 7 عين)، نظاما إيكولوجيا قائما على وابل متبدل من المواد تسقط من مناطق مستضاءة أكثر ضحالة. وعلى الرغم من محدودية الأغذية في الأعماق السحيقة، وانخفاض الوفرة مقارنة بمعظم موائل أعماق البحار (Gage and Tyler,

1991)، فإنهاة تدعم مستويات عالية من تنوع ألفا وتنوع بيتا للكائنات البحرية الحيوانية، والمجموعة الحيوانية العيانية، والحيوانات الضخمة (Rex and Etter, 2010). وتؤدي كمية ونوعية الجزيئات الغذائية التي تنزل من سطح المحيط إلى تعديل بنية النظام الإيكولوجي ووظائفه بقوة (Smith and others, 2008؛ و McClain and others, 2012a)، ولكن يوجد قصور في فهم آليات التغذية المرتدة من خلال ارتداد المغذيات مرة أخرى إلى عمود الماء (Thurber and others, 2014). وتختلف المناطق السحيقة عن بعضها البعض من حيث المتغيرات الفيزيائية وخصائص المياه السطحية والخصائص الجغرافية البيولوجية المتميزة، التي تنعكس في الكائنات الحية في تلك المناطق وتجمعات الأحياء والتنوع البيولوجي فيها.

ويختلف التنوع البيولوجي في الأعماق السحيقة باختلاف المكان (Glover and others, 2002؛ و Woolley and others, 2016؛ و Simon-Lledó and others, 2019a) والزمن (Ruhl and others, 2008). وعلى الرغم من القصور المعرفي بشأن أنماط التنوع البيولوجي على النطاق الإقليمي والنطاق العالمي، فإن بعض المناطق، كأعماق المحيط الجنوبي السحيقة (Brandt and others, 2006؛ و Griffiths, 2010)، والمحيط الهادئ الاستوائي (Amon and others, 2016a؛ و Glover and others, 2002)، تشتمل على خزانات تنوع بيولوجي رئيسية. ويبدو، فيما يخص الأنواع القليلة التي تمت دراستها، أن مستوى ترابطها مرتفع (Baco and others, 2016؛ و Taboada and others, 2018)، في حين أن دراسات التنوع الوظيفي في أعماق البحار قد بدأت منذ مدة قليلة (مثلا، Chapman and others, 2019)، بما في ذلك دراسة قاع البحر السحيق (مثلا، O'Hara and others, 2019؛ و Christodoulou and others, 2019). وتتفاوت المعارف المتعلقة بالتنوع البيولوجي بين منطقة وأخرى، وقد ساعد الاهتمام، في السنوات الأخيرة، بالتعدين في قاع البحار (انظر الفصل 18) على توليد معلومات جديدة فيما يخص مناطق من قبيل منطقة صدع كلاريون – كليبرتون في وسط المحيط الهادئ (مثلا، Glover and others, 2016a؛ و Dahlgren and others, 2016؛ و Amon and others, 2017a, 2017b؛ و Marsh and others, 2018؛ و Wiklund and others, 2019)، حيث أتت بأدلة على التنوع البيولوجي، ولكن أيضا على هشاشة الحياة (Vanreusel and others, 2016).

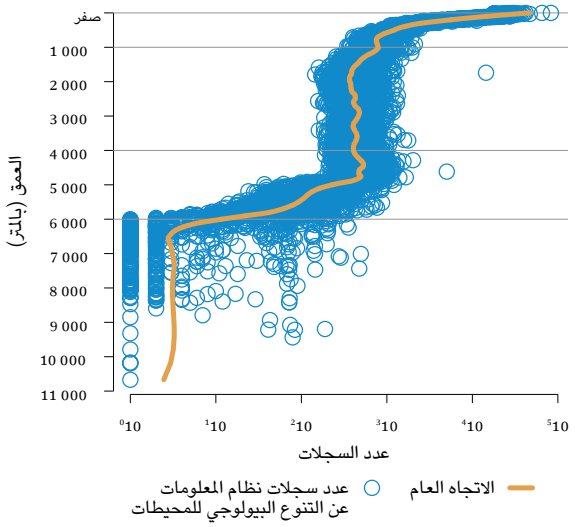
ومن المرجح أن يؤثر تغير المناخ على الأعماق السحيقة (Yasuhara and Danovaro, 2016؛ و Sweetman and others, 2017). وتشير التوقعات إلى ارتفاع درجات حرارة الأعماق السحيقة للمحيطات وتحمضها، وإلى انخفاض تركيز الأكسجين وتدفق المواد العضوية نحو الأسفل. ومن المرجح أن ينعكس ذلك على عمليات أوقيانوغرافية أخرى، بزيادة تطبق مياه المحيطات وخفض تبادل الكتلة المائية. وبالنظر لضيق المكامن البيئية الخاصة بمجموعات الأحياء في الأعماق السحيقة، يمكن أن تنجم عن تلك التغيرات تحولات جغرافية، كما يمكن أن تزيد من هشاشة كائنات الأعماق السحيقة أمام الآثار الأخرى للأنشطة البشرية المنشأ (Levin and others, 2020). ولا يزال الفهم الحالي للآثار البشرية المنشأ على النظم الإيكولوجية للأعماق السحيقة يعتريه القصور، ولكنه يبرز وجود هشاشة من المرجح جدا أن تزداد في المستقبل.

2 - تحول خطوط الأساس وتوثيق الوضع والتغيير في التنوع البيولوجي في الأعماق السحيقة

إن صعوبات أخذ العينات في مواقع نائية واقعة على أعماق تزيد على 3 000 متر حقيقة تسهم في نقص العينات المجمّعة من الأعماق السحيقة (Glover and others, 2018). وتعكس سجلات التنوع البيولوجي هذا النقص (الشكلان الأول والثاني). وتركز جهود أخذ العينات أيضا على قاع البحار أكثر من تركيزها على العالم غير القاعي الواسع الشديد التغير.

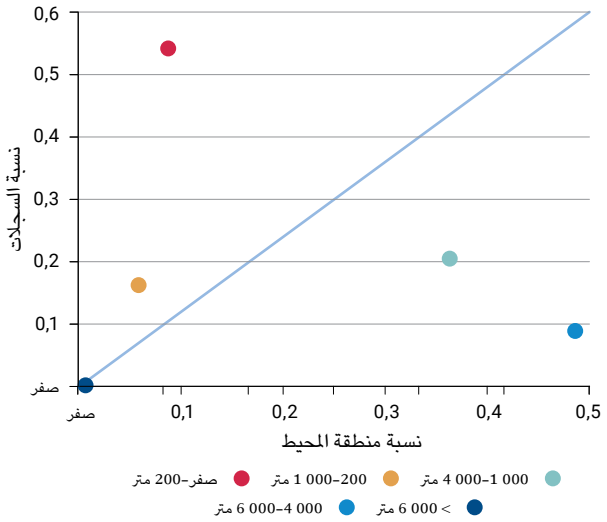
الشكل الأول - ألف

عدد سجلات نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات المنقّطةً على الخريطة مقابل عمق المحيط



الشكل الأول - باء

نسبة جميع سجلات نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات المأخوذة في مناطق ذات أعماق مختلفة، منقطة على الخريطة مقابل نسبة المحيط العالمي المسجلة فيه تلك الأعماق



المصدر: Webb and others, 2010.

ملاحظات: ويحدد الخط 1:1 مناطق المحيط التي أُخذت فيها سجلات عددها أكبر نسبيا (النقاط فوق الخط) أو أقل نسبيا (النقاط تحت الخط) مما كان متوقعا بالنسبة لمنطقتها. ويقدم هذا الرسم وجهة نظر متحفظة للتمثيل الناقص والتمثيل المفرط استنادا إلى حجم كل موئل من الموائل.

2-1 - التنوع البيولوجي القاعي في الأعماق السحيقة والتجمع القاعي - غير القاعي

يتألف الموئل الأحيائي في جزء كبير منه من البنية الدقيقة للموئل القائمة على الرواسب. ويسهم تفاوت الموارد الغذائية أيضا في منح قاعَ البحر بنيتَه الدقيقة (McClain and Schlacher, 2015). وعموما، ينتج عن درجات سرعة التيارات المنخفضة التقليل إلى أدنى حد من تآكل الرواسب (Smith and others, 2008)، ولكنها تؤثر على تكوين الرواسب (McCave, 2017). وتكون مياه الأعماق السحيقة باردة (أقل من 5 درجات مئوية)، ودرجة حرارتها ثابتة نسبيا (Sweetman and others, 2017)، وتتميز بضغط هيدروستاتي مرتفع جدا.

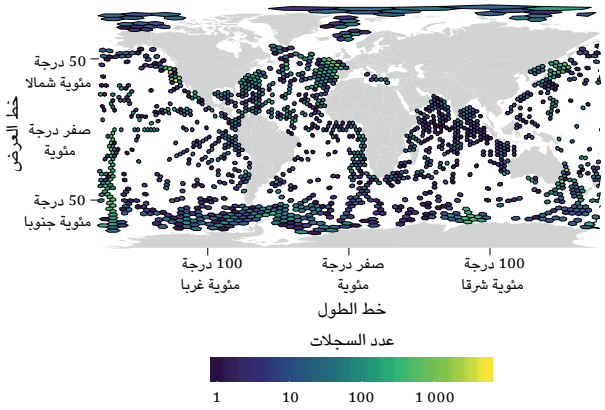
ويحدث انتقال المادة العضوية إلى الأعماق السحيقة بشكل رئيسي من خلال ترسب الكربون العضوي الجسيمي، الذي يُنتَج إلى حد كبير في مياه السطح من خلال الإنتاج الأولي بالتمثيل الضوئي والعوالق الحيوانية، حيث تولّد العوالق إنتاجا ثانويا ونواتج ثانوية (Cavan and others, 2015). وإضافة إلى ذلك، يمكن أن تترسب جثث الفقاريات البحرية إلى السهول السحيقة في غضون بضعة أيام، مما يؤدي إلى زيادة مؤقتة للغذاء المحلي (Amon and others, 2016b). ويمكن أن يصل الصادر السطحي من المواد العضوية إلى الأعماق السحيقة في غضون أيام قليلة، ولكن المعدلات متقلبة (Smith and others, 2008). ويمكن أن تؤثر ديناميات تصدير الجسيمات، مثل تصديرها في الصيف انطلاقا من الطبقات العليا، تأثيرا قويا على العمليات الجيوكيميائية الأحيائية في الأعماق السحيقة (Bouef and others, 2019). غير أن التحول العضوي الذي يقع على امتداد العمود المائي يؤدي إلى وصول كميات جد

ضئيلة من المواد العضوية إلى قاع البحر السحيق (نسبتها نحو 0,5 إلى 5 في المائة من الإنتاج السطحي) (Smith and others, 2009؛ و Smith and others, 2008؛ و Lutz and others, 2007). ويؤثر وصول الغذاء على مجتمعات كائنات الأعماق السحيقة وعلى تنوعها ووفرتها وكثافتها وتكوينها، في حين أن المجموعات الجرثومية المهمة تؤثر على عمليات من قبيل دوران الكربون ودورة النيتروجين؛ ويحدد النقل الرأسي للمادة العضوية تكوين مجتمعات الكائنات بدائية النواة (ووحيدة الخلية) في أعماق المحيطات وجغرافيتها الأحيائية (Mestre and others, 2018). وتؤدي قلة توافر الطاقة عموما إلى قلة وفرة الأحياء في الأعماق السحيقة والكتل الأحيائية، وإلى انخفاض معدلات العمليات البيولوجية (الأيض، والنمو، والتكاثر) (Smith and others, 2008؛ و Wei and others, 2010).

وينخفض مجموع الكتلة الأحيائية لجميع فئات أحجام الكائنات القاعية عموما بازدياد عمق المياه، باستثناء البكتيريا والكائنات الأحادية الخلية، التي تطغى على الكتلة الأحيائية للسهول السحيقة والقعر الأعمق منها (Wei and others, 2010). وتشير تقديرات النمذجة إلى أن الكتلة الأحيائية العالمية لبدائيات النواة في قاع البحر تبلغ قرابة 35 ميغاطن من الكربون (Wei and others, 2010). وهكذا، فإن أنشطة المجتمعات الجرثومية تؤثر تأثيرا قويا على نوع ووفرة المغذيات التي يُعاد إطلاقها في المجال غير القاعي. وتتعرض الجراثيم لدفع متجه من الأعلى إلى الأسفل من جانب تجمعات فيروسية (Suttle, 2005)، كما أنها تقع فريسة للرعي من قِبل حيوانات مختلفة الحجم (مثلا Howell and others, 2003؛ و Ingels and others, 2010).

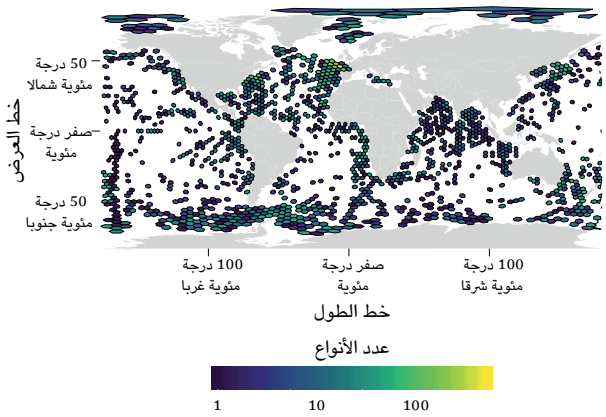
الشكل الثاني - ألف

خريطة للعالم تبين سجلات الأعماق السحيقة في نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات



الشكل الثاني - باء

خريطة للعالم تبين سجلات الأنواع الموجودة على عمق يتراوح ما بين 000 3 و 000 6 متر في نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات



المصدر: Ocean Biodiversity Information System (OBIS), 16 May 2019; Intergovernmental Oceanographic Commission of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Retrieved from https://obis.org.

ملاحظات: ألف: نادرا ما يتجاوز عدد البيانات المتاحة 000 1 سجل لكل منطقة مساحتها 000 75 متر مربع؛ وتوجد ثغرات، ولا سيما في المحيط الهادئ وجنوب المحيط الأطلسي وجنوب المحيط الهندي. باء: وأُخذ من شمال شرق المحيط الأطلسي عدد أكبر من العينات مقارنة بجميع المحيطات الأخرى. ويلاحظ الارتباط بين السجلات ووجود الأنواع.

2-2 – منطقة الأغوار غير القاعية

لا يعرف إلاّ القليل عن الحيوانات غير القاعية التي تشغل بشكل رئيسي أعماقا تتراوح بين 3 و 6 كيلومترات، وتعيش على عمق يزيد على 200 متر فوق قاع البحر. ويُظهر نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات أن أخذ العينات من تلك النظم الإيكولوجية ضئيل، مما يؤدي إلى فجوات معرفية كبيرة تمتد على مدى أكثر من بليون كيلومتر مكعب من الموائل – وهو ما يحتمل أن يكون أكبر خزان للتنوع غير المعروف على وجه الأرض (Robison, 2009). وتسهّل منطقة الأغوار غير القاعية أكبر بالوعة للكربون على كوكب الأرض، وهي خدمة بالغة الأهمية من خدمات النظام الإيكولوجي لمحيطات العالم (Atwood and others, 2020). ويمكن أن تنقل الهجرة الرأسية اليومية فيما بين طبقات أعماق البحار غير القاعية المغذياتِ المذابة التي تسهم في الإنتاج الأولي في المستويات المائية المضاءة (Houghton and Dabiri, 2019)، إلى جانب دوران المحيطات العميقة الطويل المدى.

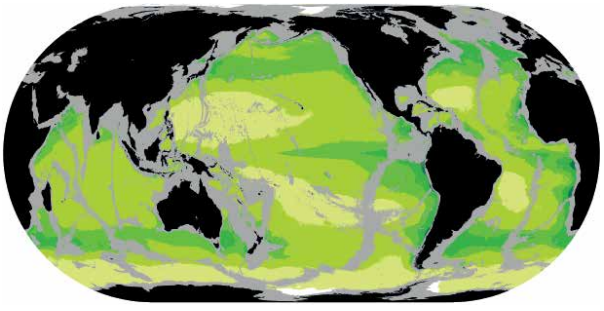
2-3 – الاختلافات أو التباينات الرئيسية الخاصة بكل منطقة من المناطق

إن التباين الواسع النطاق في البيئات الفيزيائية والكيميائية (مثل فيض المواد العضوية، والأكسجين) في الأعماق السحيقة يؤدي إلى اختلافات جغرافية في التنوع البيولوجي. غير أن اختلاف الملوحة هو من الضآلة بحيث لا يمكن أن يحدث هذا التباين. وتلك الاختلافات الجغرافية يمكن أن تؤدي أيضا إلى استجابات متباينة للآثار البشرية ضمن المناطق المختلفة، ولكن البيانات اللازمة لتقييم هذا الاحتمال غير متوفرة.

توافر الكربون – تبين دراسات عديدة عن توافر الكربون أن طائفة من العمليات لها دور في مستويات الكربون العضوي الجسيمي في الأعماق السحيقة للمحيطات، وهي بذلك تحدد خواص مجتمعات الكائنات الحية (Carney, 2005؛ و Smith and others, 2008؛ و Rex and Etter, 2010؛ و McClain and others, 2012a؛ و McClain and Schlacher, 2015؛ و Woolley and others, 2016). وتختلف عملية تدفق الكربون العضوي الجسيمي صوب الأعماق في الزمان والمكان (Lutz and others, 2007؛ و Woolley and others, 2016) (الشكل الثالث). ويمكن لعوامل مثل العمق والبعد عن المياه الساحلية المنتجة و/أو مناطق ارتفاع مياه القاع إلى السطح أن تخلّف آثارا محلية كبيرة، مما يحد عموما من تدفق الكربون العضوي الجسيمي إلى قيعان البحار العميقة. فعلى سبيل المثال، يؤدي ارتفاع مياه القاع إلى مياه السطح في المحيط الهادئ الاستوائي إلى ارتفاع مستويات تدفق الكربون العضوي الجسيمي (2-6 غرام في المتر المربع في السنة) مقارنة باللكربون العضوي الجسيمي الشديد الانخفاض (أقل من غرام واحد في المتر المربع في السنة) في المناطق المجاورة الواقعة إلى الجنوب (Watling and others, 2013). والمناطق التي يحدث فيها ارتفاع مياه القاع إلى المياه السطحية بكثافة في السواحل، باقتران مع وجود أجراف قارية ضيقة، تقرّب الموائل السحيقة في شمال شرق المحيط الهادئ وجنوب شرق المحيط الأطلسي إلى المياه الساحلية المنتجة، مما يؤدي إلى ارتفاع مستويات مدخلات الكربون العضوي الجسيمي (Lutz and others, 2007؛ و Lampitt and Antia, 1997). وتحدث أيضا تدفقات عالية إلى حد ما من الكربون العضوي الجسيمي في شمال المحيط الأطلسي (6,6 غرام في المتر المربع في السنة بسبب تكاثر الطحالب في الربيع (Lampitt and Antia, 1997).

الشكل الثالث – ألف

تدفق الكربون العضوي الجسيمي إلى القاع في أعماق تتراوح بين 500 3 و 500 6 متر



المصدر: بيانات من Lutz and others, 2007؛ وبيانات مقتبسة من Watling and others, 2013.

الشكل الثالث – باء

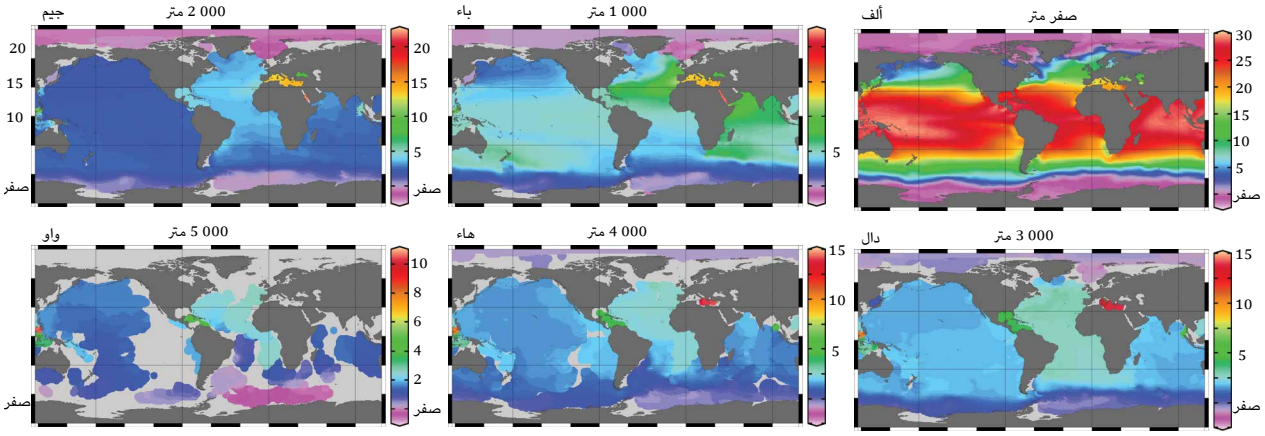
رسم بياني لعمق الكربون العضوي الجسيمي يوضح الاختلافات في تدفق الكربون العضوي الجسيمي وتباين التدفق بين المنطقة غير القاعية ومنطقة الأعماق السحيقة. الرسم البياني يُظهر التباين بين المناطق السحيقة (درجة الحرارة – تدفق الكربون العضوي الجسيمي)

المصدر: بيانات من Watling and others, 2013.

درجة الحرارة – إن درجة الحرارة غالبا ما تُظهر علاقة ذات دلالة إحصائية مع التنوع في الأعماق السحيقة (Cronin and Raymo 1997؛ و Hunt and others, 2005؛ و Yasuhara and Danovaro, 2016). وقد تحد درجة الحرارة أيضا من التوزّع الجغرافي الحيوي لبعض الأنواع (McClain and others, 2012b). وتسجل درجات حرارة أعلى من 10 درجات مئوية في البحر الأبيض المتوسط، حتى في سهوله السحيقة. كما أن درجات الحرارة في بعض البحار الحافيّة الأخرى، مثل خليج المكسيك وبحر سولو، تتجاوز درجات الحرارة المسجلة في الأعماق السحيقة لعرض المحيط. وتسجل درجات حرارة أبرد قليلا في الأعماق السحيقة للمحيط الهادئ منها في المحيط الأطلسي، وتبلغ في المياه القطبية مستويات أكثر برودة بكثير (انظر الشكل الرابع؛ و Yasuhara and Danovaro, 2016). وقد أفاد Gebbie and Huybers (2019) مؤخرا بوجود فرق واضح بين المحيط الهادئ (الذي يتواصل تبرده نتيجة للعصر الجليدي الصغير) ودوران المحيط الأطلسي (الآخذ في التدفأ بسبب تغير المناخ مؤخرا). وقد تؤدي التغيرات إلى تبدل في أعماق موازنة الكربونات (عمق المياه التي تتساوى فيه إمدادات الكربونات وذوبانها) ضمن الأحواض المختلفة. وتنجم الاختلافات فيما بين المناطق عن تأثيرات الأعماق وتشكُّل المياه القاعية، وغور المياه، وعمليات التبادل الأخرى للكتلة المائية.

الشكل الرابع

توزعات درجات الحرارة عالميا (بالدرجة المئوية) بحسب أعماق المياه



المصدر: مقتبس بتصرف من Yasuhara and Danovaro, 2016. متاح على: www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html.

ملاحظات: وضعت الخريطة باستخدام مجموعة برامجيات Ocean Data View المتاحة في الموقع التالي: http://odv.awi.de.

الأكسجين – تؤثر درجات تركيز الأكسجين المذاب على البيئة وعلى توزّع حيوانات أعماق البحار (Levin, 2003؛ و Stramma and others, 2010)، ويمكن أن تحدد وجود أو انتفاء أنواع في مناطق معينة وأن تقيّد انتشار الأنواع. ويمكن أن يتراوح الأكسجين ما بين 1 وأكثر من 6 مليلترات في اللتر في الأعماق السحيقة (Watling and others, 2013). ومياه قعر المحيط المتجمد الجنوبي المشبعة بالأكسجين التي تتحرك شمالا تزيد من درجات تركيز الأكسجين المذاب في أقصى جنوب المحيط الهندي والمحيط الهادئ والمحيط الأطلسي (3–4 مليلترات في اللتر). وكذلك، فإن المياه العميقة في شمال المحيط الأطلسي المتدفقة جنوبا تزيد تركيز الأكسجين في شمال المحيط الأطلسي (5,5–6,5 مليمترات في اللتر) مما ينجم عنه تسجيل أعلى درجات تركيز الأكسجين على الأرض في المياه السحيقة للمحيط المتجمد الجنوبي (Watling and others, 2013).

العمق – إن أدنى عمق تبدأ عنده السهول السحيقة يتفاوت حسب الإقليم، حيث توجد سهول سحيقة أكثر ضحالة في كل من خليج المكسيك (3 000–3 900 متر) والبحر الأبيض المتوسط (متوسط العمق 1 500 متر، وأقصى عمق 5 267 مترا) مقارنة بالمناطق الأخرى. ويقارب متوسط عمق المحيط المتجمد الشمالي وأحواض شيلي وبيرو وغواتيمالا 4 000 متر، على عكس متوسط الأعماق الذي يقارب 5 000 متر في شمال المحيط الهادئ ووسطه. وتؤدي زيادة العمق، مع افتراض بقاء العوامل الأخرى على حالها، إلى الحد من تدفق الكربون العضوي الجسيمي. وقد يسبب العمق أيضا، بوصفه بديلا عن الضغط، الحد من التوزّعات الجغرافية الأحيائية (Somero, 1992؛ و Carney, 2005). وعليه، فإن الاختلافات الإقليمية في الأعماق السحيقة قد تتسبب في تحولات تكوينية تصنيفية وتؤثر على التنوع البيولوجي. بيد أنه على الرغم من الاختلافات الجغرافية الأحيائية الواسعة فيما بين المناطق، فلا دليل يُذكر على أن للعمق علاقة قوية بالتنوع ضمن السهول السحيقة.

التضاريس – إن المعالم الطبغرافية يمكن أن تعوق تبادل فرادى الكائنات فيما بين تجمعات قاع البحار العميقة، وتؤثر على التصنيف الجغرافي الحيوي (McClain and Hardy, 2010). ولا تزيد حصة منطقة المحيط الهادئ والمحيط الأطلسي عما تتراوح نسبته بين 15 و 20 في المائة من الأنواع (Vinogradova, 1997). ويحد مضيق جبل طارق من استيطان حيوانات المحيط الأطلسي للبحر الأبيض المتوسط الفقير نسبيا بالأنواع (Sardà and others, 2004). وقد تقيّد أحياد وسط المحيط أيضا انتشار الأنواع في السهول السحيقة. ويقتصر وجود نصف عدد الأنواع المعروفة من ذوات الصدفتين في أعماق البحار إما على شرق المحيط الأطلسي أو غربه (McClain and others, 2011)، ويعزى ذلك على الأرجح لحيد وسط المحيط الأطلسي.

وقد أدرك الباحثون مؤخرا أن التلال السحيقة التي يقل ارتفاعها عن 1 000 متر من قاع البحر تسبب اختلافات من حيث التضاريس والعمق والرواسب تدعم تجمعات تصنيفية مختلفة، كما تدعم مستويات من الكتلة الأحيائية (Yesson and others, 2011؛ و Durden and others, 2015) أعلى مما هي عليه في الرواسب السحيقة المنبسطة أكثر.

الرواسب والركازة – يمكن أن تختلف أنواع الرواسب اختلافا كبيرا في تكوينها ضمن المناطق السحيقة المختلفة. ويوجد معظم الرزغ المشطوري في الأعماق السحيقة ولكن الحمأ الشّعوعي يوجد، ضمن مناطق أخرى، في المحيط الجنوبي، والمحيط الهادئ الاستوائي، وحوض بيرو. وتشكل الشويكات الإسفنجية مكونا رئيسيا من مكونات الرواسب في الحوض الأسترالي – القطبي الجنوبي. ويهيمن الصلصلال على مناطق قاع البحر الكبيرة قبالة سواحل أمريكا الجنوبية وفي المحيط الهندي، كما يهيمن على حوض الجنوب أسترالي (Dutkiewicz and others, 2015). ويؤثر تنوع الرواسب على التنوع البيولوجي، ولكن الارتباطات فيما بين نوع الرواسب وأنماط التنوع البيولوجي لا تزال لم تُدرس بالقدر الكافي. وفي رواسب السهول السحيقة، يمكن أن تؤثر العقيدات المتعددة الفلزات أيضا على التنوع البيولوجي. وتختلف احتشادات الكائنات الحية على العقيدات اختلافا جوهريا عن مجتمعات كائنات مياه البحر القريبة من القعر ومجتمعات الرواسب (Shulse and others, 2017؛ و Simon-Lledóand others, 2019a). وتعزز زيادة تواجد العقيدات زيادة وفرة الكائنات الحيوانية الضخمة والمنخربات الدخيلة (Simon-Lledó and others, 2019b). ولذلك، فإن زيادة تعقيد الموائل التي تولدها العقيدات المتعددة الفلزات تزيد من التنوع في جميع مستويات الكائنات الحية في الأعماق السحيقة.

التأثيرات النهرية – يمكن أن تؤثر المدخلات النهرية على الأعماق السحيقة من خلال ما يلي: (أ) مدخلات الكربون الأرضي؛ (ب) نهوض حاجز في وجه الانتشار، مما يؤثر على الجغرافية الأحيائية؛ (ج) اضطرابات تؤدي إلى تبدلات في رواسب أعماق البحار. وترد في الجدول 1 أدناه التدفقات الهامة.

وقد تؤدي الرواسب من الأنهار الكبيرة أيضا إلى جلب كميات كبيرة من الملوثات البشرية المنشأ، مع ما يترتب على ذلك من آثار غير معروفة على التنوع البيولوجي في الأعماق السحيقة (Davies and Moore ,1970). ويتم، بسهولة، توجيه تدفق المادة العضوية من الأنهار الكبيرة إلى الحواف القارية والمنحدرات والأخاديد، من خلال عمليات مختلفة تنزل إلى الأعماق السحيقة، حيث قد تؤدي إلى اضطراب في الكتلة الأحيائية و تنوع تجمعات الأحياء لقاع البحار والتأثير عليهما.

الجدول 1
التأثيرات النهرية

المتلقي	النهر	ميغا طن كربون/سنة
المحيط الهندي	نهر الغانج وأنهار أخرى	30,0
منطقة جنوب شرق المحيط الأطلسي	نهر الكونغو وأنهار أخرى	30,0
منطقة جنوب غرب المحيط الأطلسي	الأمازون	37,6
شمال غرب المحيط الهادي	أنهار يانغتسي والأصفر والميكونغ	16,2
منطقة القطب الشمالي	الأنهار السيبيرية	12,8
خليج المكسيك	الميسيسيبي	3,6
جنوب غرب المحيط الهادي	الأنهار الإندونيسية (ذات المعدل السنوي العالي لهطول الأمطار)	90,0

الغطاء الجليدي – إن الغطاء الجليدي القطبي يؤثر على الإنتاج الأولي، ومن ثم على تدفق الكربون العضوي الجسيمي إلى الأعماق السحيقة. ويؤدي الغطاء الجليدي الدائم إلى الحد من الإنتاج السطحي أو منعه، مما يحد من التنوع البيولوجي والكتلة الأحيائية في المحيط المتجمد الشمالي، حيث قد يكون ثراء الأنواع المعروفة من الديدان المتعددة الأشواك أقل منه في أحواض أخرى مماثلة الحجم (Bodil and others, 2011). ويمكن لانعدام الجليد خلال الصيف أن يعزز الإنتاج السطحي ويزيد التنوع البيولوجي والكتلة الأحيائية (Wlodarska-Kowalczuk and Pearson, 2004).

العصر الجيولوجي – من المرجح أن تؤثر التغيرات الجيولوجية على توزّع التنوع البيولوجي للأعماق السحيقة عن طريق تغيير الترابط فيما بين مناطق المحيطات، بما في ذلك المناطق المشار إليها في الجدول 2.

الجدول 2
الترابط فيما بين مناطق المحيطات

الاتصال	الانفتاح الانغلاق قبل ملايين السنوات (بالتقريب)	المصدر
البحر الأبيض المتوسط/المحيط الأطلسي والمحيط الهندي ("بحر التيثس" (Tethys Seaway))	14–19	Harzhauser and others, 2007
ممر دريك	30	Lawver and Gahagan, 2003; Livermore and others, 2007; Scher and Martin, 2006
الطريق البحري لأمريكا الوسطى	3	Schmidt and others, 2007; O'Dea and others, 2016; Schmidt and others, 2016
مضيق بيرينغ (منطقة القطب الشمالي/المحيط الهادئ)	7,4–4,8	Marincovich and Gladenkov, 2001; Hu and others, 2012
مضيق فرام (منطقة القطب الشمالي/المحيط الأطلسي)	20–10	Engen and others, 2008; Ehlers and Jokat, 2013

المصدر: Yasuhara and others, 2019a.

2-4 - الجغرافية الأحيائية للأعماق السحيقة

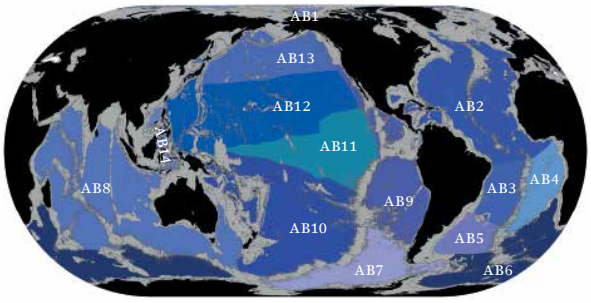
على النقيض من الحدود الشديدة التمايز فيما بين التجمعات القاعية على الحواف القارية، لا يزال عدم اليقين قائما بشأن وجود هذه الحدود الغورية أم لا (Carney, 2005). وقد حاول الباحثون تحديد عوالم جغرافية أحيائية تحت عمق 3 000 متر. وقد أوحت بعض المحاولات المبكرة القائمة على درجة الحرارة أو التضاريس أو أوجه التشابه فيما بين الحيوانات بوجود تقسيمات في المحيط الأطلسي، ومنطقة المحيط الهندي والمحيط الهادئ، ومنطقة القطب الجنوبي، ومنطقة القطب الشمالي؛ في حين ربطت محاولات أخرى بين منطقة القطب الشمالي والمحيط الأطلسي، أو شكّكت في وجود هذه الصلات، وقسمت المحيطين الهندي والهادئ أو اقترحت المزيد من المناطق دون الإقليمية (Menzies and others, 1973؛ و Vinogradova, 1979, 1997؛ و Carney, 1994).

واستُخدم مخطط برعاية منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة، وهو التصنيف الجغرافي الحيوي للمحيطات المفتوحة العالمية وقاع البحار العميقة، معلمات بيئية، بما في ذلك درجة الحرارة والملوحة والأكسجين المذاب وتدفق الكربون والإنتاج الأولي وقياس الأعماق وطبقات تخوم الصفائح القارية، من أجل ترسيم حدود الأقاليم الجغرافية الأحيائية، مما نتج عنه 14 إقليما من أقاليم الأعماق السحيقة (Briones and others, 2009)[1].

وعدّل اقتراح أحدث الأقاليم السحيقة الأربعة عشر (الشكل الخامس)، بإعطاء وزن أكبر للأنماط الهيدروغرافية، وتدفق الكربون العضوي الجسيمي، والأكسجين المذاب، وآثار مياه المنطقة القطبية الجنوبية الباردة ومياه منطقة شمال المحيط الأطلسي الأدفأ (Watling and others, 2013).

الشكل الخامس

المناطق الجغرافية الأحيائية المقترحة



AB1: الحوض القطبي الشمالي
AB2: شمال المحيط الأطلسي
AB3: حوض البرازيل
AB4: أحواض أنغولا وغينيا وسيراليون
AB5: حوض الأرجنتين
AB6: شرق المحيط المتجمد الجنوبي
AB7: غرب المحيط المتجمد الجنوبي
AB8: المحيط الهندي
AB9: أحواض شيلي وبيرو وغواتيمالا
AB10: جنوب المحيط الهادئ
AB11: المحيط الهادئ الاستوائي
AB12: شمال وسط المحيط الهادئ
AB13: شمال المحيط الهادئ
AB14: أحواض غرب المحيط الهادئ

المصدر: استنادا إلى Watling and others, 2013.

2-5 - التغيير الموثق في التنوع البيولوجي في الأعماق السحيقة

2-5-1 - أدلة مستقاة من دراسات علم البيئة القديمة

إن سجلات الحفريات لعينات الرواسب الجوفية الأسطوانية في أعماق البحار توفر البيانات الوحيدة المتسلسلة زمنيا لمدد تزيد على بضعة عقود (Yasuhara and others, 2017, 2019b)، وتلك السجلات المستمدة من علم البيئة القديمة تشير بوضوح إلى الآثار الطويلة الأجل لتغير المناخ على التنوع البيولوجي في الأعماق السحيقة. ويرتبط التنوع في الأعماق السحيقة ارتباطا إيجابيا بدرجة حرارة المياه القاعية على مدى 1 000-10 000 سنة (Cronin and Raymo, 1997؛ و Cronin and others, 1999؛ و Yasuhara and Cronin, 2008؛ و Yasuhara and Danovaro, 2016). وقد حدثت تغيرات دينامية في دوران المياه العميقة وفي درجات الحرارة المرتبطة بها حتى ضمن

[1] انظر Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC Technical Series, No. 84 (IOC/2009/TS/84 and Corr.).

نطاقات زمنية ممتدة على عدة عقود وقرون (Yashayaev and others, 2007؛ و Hoffmann and others, 2018؛ و Thornalley and others, 2018؛ و Yasuhara and others, 2019b). واستنتج الباحثون وجود استقرار كبير في الظروف الحيوية والبيئية في الأعماق السحيقة مقارنة بالظروف الحيوية والبيئية في الأعماق غير القاعية أو الأكثر ضحالة. وعلى مدى حقب زمنية أطول، تبين البيانات الأحفورية أن الحياة الحيوانية الحالية في أعماق البحار قد ترسخت خلال عصر الميوسين، قبل حوالي 13 مليون سنة (Thomas and others, 2000؛ و Thomas, 2007). ولا تزال مستمرة، حتى الوقت الراهن، تدرجات التنوع في خطوط العرض في أعماق البحار التي ترسخت خلال أواخر العصر الإيوسيني، أي منذ حوالي 37 مليون سنة تقريبا (Thomas and Gooday, 1996).

2-5-2 - أدلة من عمليات رصد طويلة الأجل

لم يحصل سوى عدد قليل من برامج البحوث الطويلة الأجل على بيانات كافية لاستخلاص استنتاجات بشأن التغيرات الطبيعية الطويلة الأجل مقابل التغيرات البشرية المنشأ. وأمّا البحوث التي حصلت على بيانات كافية، فإنها تشير إلى وجود ارتباط وثيق بين الإنتاج السطحي ومجتمعات كائنات قاع البحر السحيق، وغالبا ما يكون ذلك الارتباط على درجة عالية من الدينامية. وتشير الدراسات إلى أن البحوث التي تُجرى لمرة واحدة، أو البحوث القصيرة الأجل في الأعماق السحيقة، لا يمكنها أن تقيّم تقييما كافيا التغيرات التي تطرأ على التجمعات الأحيائية بشكل آليّ، ولا سيما في سياق الإشراف على قيعان البحار العميقة.

وقد أظهرت دراسات الرصد في محطة M (M Station) الواقعة قبالة ساحل وسط كاليفورنيا منذ عام 1989 ارتباطا قويا بين العمليات المحيطية السطحية وإمدادات الكربون العضوي الجسيمي المتدفقة نحو الأعماق السحيقة، حيث تؤثر التقلبات على بنية المجتمعات الأحيائية وعلى العمليات الجارية فيها. وترتبط الاختلافات القصيرة الأجل في مجتمعات الأعماق السحيقة المرصودة في محطة M (Kuhnz and others, 2014) بالتغير السنوي في المناخ (ظاهرة النينيو/النينيا) (Ruhl and others, 2014)، ولكن العواقب الطويلة الأجل غير مفهومة إلا بقدر ضئيل. ويمكن أن توفر الإمدادات الدورية المكثفة المتقطعة بالغذاء المتدفقة إلى الأعماق السحيقة فائضا غذائيا بعد سنوات عديدة من نقص الإمدادات.

مرصد بوركوباين الدائم لقعر المحيط - إن عمليات الرصد المستمرة على عمق 850 4 مترا في شمال شرق المحيط الأطلسي قد أنتجت بيانات عالية الاستبانة من سطح البحر إلى قاع البحر منذ عام 1989. وتحدث تحولات كبيرة في تجمعات الكائنات المحلية ومدى وفرتها استجابة التغيرات في تدفق المادة العضوية (مثلا، Billett and others, 2001) نتيجة للارتباط الوثيق بين الإنتاجية السطحية والتدفقات الصادرة من المواد (Frigstad and others, 2015). وتلك التحولات (2005-1989) تؤدي إلى تبدل كبير في تخزين الكربون. ويستجيب معظم الكائنات الحية في الأعماق السحيقة لتدفق الأغذية، وللتغيرات البيئية، والتفاعلات المتضاربة (Kalogeropoulou and others, 2010؛ و Lampitt and others, 2010؛ و Gooday and others, 2010؛ و Soto and others, 2010). وتبين النتائج الجيوكيميائية الأحيائية أن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون قد انخفض مع زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ (Hartman and others, 2015).

مرصد البحوث الإيكولوجية الطويلة الأمد (هاوسغارتن) - تشير البيانات المستمدة من هذا المرصد (مضيق فرام، منطقة القطب الشمالي، العمق 250-5500 متر، منذ عام 1999)، إلى القسر الموسمي الذي تخضع له مجتمعات الأحياء وذي الصلة بالظروف الإقليمية للجليد البحري وبجريان القوى المائية (Soltwedel and others, 2005, 2016). وتشير خمسة عشر سنة من البيانات المتعلقة بالأعماق غير القاعية والقاعية إلى وجود استجابات سريعة في النظام الإيكولوجي برمته نتيجة للتغيرات في الأعمدة المائية. بيد أنه لم يحسم بعد إسناد تلك الاتجاهات إلى تغيرات بشرية المنشأ أو إلى تغيرات طبيعية متعددة السنوات.

3 - الضغوط الطبيعية والبشرية المنشأ الرئيسية

3-1 - الضغوط الطبيعية

يمكن لأي اضطرابات طبيعية في شكل تيارات قريبة من القاع، أو إعادة تعليق الرواسب، أو ترقّد الجسيمات الغذائية أن تحدث تبدلات كبيرة لمجتمعات الكائنات القاعية (Hessler and Jumars, 1974؛ و Snelgrove and Smith, 2002). وفي منطقة المحيط الأطلسي، يمكن أن تؤثر الحركة حشود الرواسب صوب المنحدرات على نقل المواد العضوية إلى الأحواض السحيقة المتاخمة (Levin and Gooday, 2003). وتجري عمليات مماثلة أثناء الحركة الشلالية لمياه الرصيف القاري الكثيفة خلال الأخاديد والمنحدرات إلى الأعماق السحيقة، وهي ناجمة عن زيادة الملوحة والتبرّد في فصل الشتاء (Carney, 2005؛ و Company and others, 2008). وقد تؤدي هذه الاضطرابات إلى زيادة عمليات نقل المادة العضوية إلى الأعماق السحيقة (Canals and others, 2006؛ و Ulses and others, 2008؛ و Palanques and others, 2011).

وكذلك، يمكن أيضا لتضاريس قاع البحر غير المتجانسة أن تؤدي إلى تعديل تكوين الأنواع ووفرتها، وكذلك معدلات التحلل العضوي للكربون. ويُرجح أن تلك التلال السحيقة تؤدي دورا هاما في مجتمعات كائنات الأعماق وتدوير المادة العضوية في المحيط الهادئ، نظرا لكبر عددها ومحدودية إمدادات الرواسب القارية (Smith and Demopoulos, 2003).

3-2 - الضغوط البشرية المنشأ

3-2-1 - تغير المناخ

إن تغير المناخ سيؤثر على العمليات والوظائف الفيزيائية (مثلا الملوحة، ودرجة الحرارة)، والكيمائية الحيوية (المغذيات، وثاني أكسيد الكربون، والأكسيجين، والرسوبيات) والبيولوجية في الأعماق السحيقة (Mora, and others, 2013؛ و Sweetman and others, 2017). ويمكن أن ترتفع درجات حرارة الأعماق السحيقة بمقدار درجة مئوية واحدة خلال السنوات الثمانين القادمة، في حين أن موائل قاع البحر السحيقة القابعة تحت مناطق تكوّن المياه العميقة قد تشهد انخفاضا في درجة تركيز الأكسجين في أعمدة الماء بما يصل إلى 0,03 مليلتر في اللتر بحلول عام 2100. وهذه التغيرات يمكن أن تؤثر على الإمداد بالمغذيات ونقل الرواسب (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019؛ و Cheung and Levin, 2019). وقد تؤثر التغيرات الناجمة عن المناخ في دوران المحيطات والقوى المائية على الترابط فيما بين المناطق السحيقة بتعديل توزّعات اليرقات البحرية لكائنات الأعماق السحيقة (مع العلم بأن يرقات أنواع الأعماق السحيقة لا تصل إلى طبقة المحيطات العليا). ولا تزال تساؤلات مطروحة حول كيفية تأثير هذه التغيرات على المجتمعات الأحيائية في أعماق المحيطات، ولكن دراسات أُجريت لعقود من الزمن في شمال المحيط الهادئ تظهر وجود روابط هامة (Ruhl and others, 2008). ولذلك، يجب أن تنظر تقييمات آثار تغير المناخ والآثار التآزرية أو التراكمية مع الأنشطة الأخرى البشرية المنشأ في استجابات النظم الإيكولوجية في الأعماق السحيقة (Smith and others, 2008؛ و Levin and Le Bris, 2015؛ و Sweetman and others, 2017).

ويشير الطابع المحدود الغذاء الذي تتسم به النظم الإيكولوجية للأعماق السحيقة إلى حساسية عالية لدى جميع الكائنات الحية، من الجراثيم إلى الحيوانات الضخمة، إزاء التغيرات في بنية مجتمع العوالق النباتية وإنتاجيته وكمية تدفق المواد الصادرة ونوعيتها (Billett and others, 2010؛ و Ruhl and others, 2008؛ و Ruhl and Smith, 2004؛ و Smith and others, 2013). ومن المرجح أن يؤدي الاحترار المناخي إلى زيادة تطبق مياه المحيطات، وإلى خفض الإنتاج

الأولي، وزيادة الحموضة، وتحوّل بنية مجتمع العوالق النباتية السائدة، مما يؤدي إلى حدوث تغيرات أحيائية فوق المناطق الرئيسية من الأعماق السحيقة مثل المحيط الهادئ الاستوائي (Levin and others, 2020؛ و Smith and others, 2008). وتتناقض التنبؤات بتناقص كبير في تدفق المواد العضوية إلى قاع البحار العميقة في معظم المحيطات (Sweetman and others, 2017) مع التنبؤات بزيادة إنتاج الكتلة الأحيائية للعمود المائي وأعماق البحار في البحار القطبية (Jones and others, 2014). وتشمل التهديدات التي تتعرض لها بيئات الأغوار السحيقة أيضا تعميق مناطق الحد الأدنى للأكسجين.

3-2-2 - التلوث بالمواد البلاستيكية وأشكال التلوث الأخرى

لقد طالما أثر التلوث على الأعماق السحيقة (Chiba and others, 2018). وقد عُثر على مستويات عالية من حطام المواد البلاستيكية، كما عثر على كائنات حية قاعية ملوثة بملوثات عضوية، حتى في أعماق المحيطات التي تزيد عن 10 000 متر (انظر الفصلين 11 و 12). ولم توثق سوى دراسات قليلة تفاعلات الحياة في الأعماق السحيقة مع الحطام والملوثات الأخرى، ولكن هذا الموضوع البحثي حاليا يجذب الاهتمام بسرعة. ومن الأمثلة الأخرى على تلوث الأعماق السحيقة إغراق النفايات النووية قبل عام 1983، على النحو المبين في الفصل 24، الفرع 3، من التقييم الأول (United Nations, 2017b).

3-2-3 - التعدين

في العقود القليلة الماضية، ازداد الاهتمام بالاحتياطيات المعدنية في أعماق المحيطات السحيقة زيادة كبيرة. ويشكل استخراج معادن قاع البحار في المستقبل، في شكل العقيدات المتعددة الفلزات، أو قشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت، أو الكبريتيدات المتعددة الفلزات، تهديدا محتملا كبيرا لمجتمعات الأغوار غير القاعية والقاعية، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر (Christiansen and others, 2019). ويتناول الفصل 19 من هذا التقييم الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية للتعدين في قاع البحار.

3-2-4 - الضغوط البشرية على التنوع البيولوجي في الأغوار السحيقة

على الرغم من أن أنشطة التنقيب الأحيائي واستخراج النفط في السهول السحيقة للمحيطات نادرة حاليا، فهي تشكل تهديدات إضافية لصحة موائل الأغوار غير القاعية والموائل القاعية. ويمكن أن يشكل الصيد التجاري وتربية الأسماك في أعالي البحار تهديدا لتنوع موائل الأغوار غير القاعية إذا كانت تدار إدارة سيئة على الصعيدين الوطني والدولي. ويمكن أن يؤدي سوء الإدارة لذينك النشاطين إلى الحد من أعداد تجمعات الفرائس، وإلى التأثير على التدفق النزولي للمغذيات، وتقويض التنوع البيولوجي، بما في ذلك الموارد المستهدفة وغير المستهدفة. وعلى الرغم من أن أنشطة التنقيب الأحيائي واستخراج النفط نادرة حاليا في السهول السحيقة، فهي تشكل تهديدا إضافيا لبيئة الأغوار غير القاعية.

4 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

على الرغم من بُعد أغوار المحيطات وقسوتها، فإنها تؤدي دورا حاسما في الرفاه الاجتماعي والاقتصادي البشري من خلال الوظائف والخدمات التي تؤديها نظمها الإيكولوجية على النطاق الإقليمي وصولا إلى النطاق العالمي (Armstrong and others,2012؛ و Thurber and others, 2014؛ و Van den Hove and Moreau, 2007) (الجدولان 3 و 4).

الجدول 3

قابلية قاع البحر السحيق ومنطقة الأغوار غير القاعية للتأثر بالعوامل المحركة والضغوط البيئية الناجمة عن تغير المناخ

	آثار قاع البحر السحيق	آثار منطقة الأغوار غير القاعية
التغيرات في أنماط درجات الحرارة والحموضة والملوحة والأكسجين	متوسطة إلى مرتفعة	منخفضة
التغيرات في مستوى سطح البحر	منخفضة (من خلال التأثير الأرضي)	منخفضة (من خلال التأثير الأرضي)
التغيرات في شدة العواصف وحدة الظواهر البالغة الشدة	منخفضة	منخفضة
التغيرات في الإشعاع الشمسي فوق البنفسجي	منخفضة، غير مباشرة من خلال التقارن القاعي – غير القاعي	منخفضة، غير مباشرة من خلال التقارن القاعي – غير القاعي
التغيرات في الجوانب الفيزيائية والكيميائية للمحيطات	منخفضة	منخفضة
مدخلات الغذاء	متوسطة إلى مرتفعة	متوسطة إلى مرتفعة

4-1 - الآثار على خدمات النظم الإيكولوجية للأعماق السحيقة

مقارنةً بموائل قيعان البحار العميقة الأخرى، تتسم خدمات النظام الإيكولوجي التي توفرها السهول السحيقة بأنها خدماتٍ محدودة النطاق، ولكنها ذات أهمية من حيث حجمها ومداها. ولا يقدر البشر على الانتفاع، بشكل مباشر، إلاّ بعدد قليل من خدمات الأعماق السحيقة، مثل الموارد المعدنية، في حين أن معظم بيئات الأعماق السحيقة تدعم العمليات التي تساعد على قيام النظام الإيكولوجي لأعماق البحار والنظام الإيكولوجي العالمي والنظام المناخي للأرض بوظائفها على نطاق واسع بحيث تؤثر على النظام الأرضي بأسره.

وتوفر "المضخة البيولوجية" أهم خدمة داعمة وتنظيمية للنظام الإيكولوجي لمنطقة الأغوار غير القاعية من خلال تسريع نقل الكربون والمغذيات ومركبات أخرى من المياه السطحية إلى أعماق البحار. ويمكن أن تؤدي التغيرات في الحياة الحيوانية، أو الروابط الغذائية، أو تركيبة المجتمعات الأحيائية، أو التبدلات الفيزيائية في الكتل المائية (مثلا التطبق، والاحترار، وتناقص الأكسجين، والتحمض) إلى تعطيل العمليات البيولوجية المرافقة لها، مع حدوث آثار في الأعماق السحيقة من خلال التجمع القاعي - غير القاعي. ويمكن أن يؤدي الإجهاد الناجم عن تناقص الأكسجين، أو التحمّض، أو ارتفاع درجة الحرارة إلى الحد من قدرة الأنواع والنظم الإيكولوجية على الصمود من خلال تبدلات في طاقة التحمل لدى الكائنات الحية (Pörtner, 2010؛ و Pörtner and Farrell, 2008)، مما يؤخر التعافي من الاضطرابات الناجمة عن الأنشطة البشرية مثل التعدين في قاع البحار. ويمكن أن تؤدي آثار تغير المناخ إلى تفاقم الآثار البشرية المنشأ، وأن تعرض بنية النظام الإيكولوجي لقاع البحار العميقة ووظيفته للخطر، وتؤثر في النهاية على فوائدها بالنسبة لرفاه الإنسان (Mora and others ,2013).

الجدول 4

التهديدات والضغوط التي تتعرض لها خدمات النظم الإيكولوجية للأعماق السحيقة وأهميتها في الأعماق السحيقة

	تهديدات السهول السحيقة	تهديدات منطقة الأغوار غير القاعية
توفير الخدمات		
مصائد الأسماك	حاليا لا توجد	حاليا لا توجد
النفط والغاز	راهنا بعض التهديدات؛ أيضا تأثير غير مباشر من خلال الانتشار الناتج عن نشاط الرصيف القاري والنشاط غير القاعي	لا تهديدات راهنا، ولكن هناك تأثير غير مباشر من خلال الانتشار الناتج عن نشاط الرصيف القاري والنشاط غير القاعي
احتياطيات الميثان/إمكانات استخراج الغاز المائي	خليج المكسيك، ومناطق أخرى محتملة	لا ينطبق
توليد الهيدروجين وتخزينه تحت قاع البحر من أجل احتجاز الكربون والتخلص منه في المستقبل	حاليا غير معروفة	لا ينطبق
التعدين (رواسب غنية بالمعادن، عقيدات متعددة الفلزات، عناصر أرضية نادرة، مترسبات كبريتيدية ضخمة)	متوسطة إلى عالية في المستقبل (محتملة)	متوسطة إلى عالية في المستقبل (محتملة) من خلال نفايات التعدين ومعالجة تصريف المياه المستعملة
التخلص من النفايات	عالية (على نطاق واسع)	معتدلة إلى عالية (في الوقت الحاضر)
التنقيب الأحيائي	تهديدات قائمة، يحتمل أن تكون مرتفعة	احتمال كبير، غير معروفة
أنشطة واستخدامات عسكرية	غير معروفة	غير معروفة
توفير طاقات أخرى	ليس راهنا	
خدمات الدعم		
الموئل	منخفضة إلى معتدلة وعالية في المستقبل	منخفضة إلى معتدلة وعالية في المستقبل
تدوير المغذيات	معتدلة	معتدلة
دوران المياه وتبادلها	معتدلة	معتدلة
الإنتاج الأولي بالتخليق الكيميائي	معتدلة	معتدلة
القدرة على الصمود	عالية	عالية
الخدمات التنظيمية		
تنظيم الغازات والمناخ	معتدلة	معتدلة
امتصاص النفايات وإزالة السموم	معتدلة	معتدلة
التنظيم البيولوجي	معتدل	معتدل
تدوير المغذيات	معتدلة	معتدلة
الخدمات الثقافية		
المعرفة العلمية	معتدلة	معتدلة
القيمة التعليمية	معتدلة	معتدلة
المنافع الاقتصادية	يحتمل أن تكون عالية	يحتمل أن تكون عالية
العناصر الجمالية، الملهمة، الأخلاقية، الأصلية	عالية	عالية
السجل المناخي في رواسب قاع البحار العميقة	معتدلة	لا ينطبق

5 - آفاق المستقبل

لا يزال الكثير من الجوانب مجهولا فيما يتعلق بالنظم الإيكولوجية للأعماق السحيقة، ولكن البحوث ذات الصلة قد زادت زيادة كبيرة في العقد الماضي، ويُتوقع أن تزداد أكثر، ولا سيما بالنظر إلى تزايد الاهتمام باستخراج المعادن الموجودة في أعماق البحار. ويتضمن عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (2021-2030) أيضا خططا لإجراء المزيد من البحوث بشأن أعماق البحار.

ويشكل نشوء احتمال التعدين في قاع البحار العميقة بهدف استغلال العقيدات المتعددة الفلزات خطرا على النظم الإيكولوجية السحيقة. غير أن البيانات المجمّعة خلال أنشطة التنقيب الحالية قد تزيد من المعرفة بأعماق البحار في عدة مناطق على مدى السنوات العشر المقبلة. وكثيرا ما يعرب الباحثون عن الأسف للنقص الكبير في البيانات التصنيفية للتنوع البيولوجي لمعظم الحياة الحيوانية في الأعماق السحيقة. والعمل جارٍ على جمع هذه البيانات، ولكن ذلك سيتطلب المزيد من الوقت والموارد (Glover and others, 2018).

وتبين الدراسات مدى حساسية الأعماق السحيقة إزاء تغير المناخ. وعلى الرغم من الصعوبات التي تنطوي عليها عملية التنبؤ بالآثار الدقيقة لتغير المناخ على مدى السنوات العشر إلى العشرين المقبلة، يمكن توقع ارتفاع درجات الحرارة، وانخفاض درجات تركيز الأكسجين، وتضخُّل حد التشبُّع بالأراغونيت، والتغيرات في التجمع القاعي - غير القاعي (Rogers, 2015؛ و Sweetman and others, 2017). وبالنظر لبطء معدلات نمو الكائنات الحية، ولتكيفها جيدا مع الظروف القاعية المتمثلة في البرودة، وارتفاع الضغط، والاستقرار، والفقر بالمغذيات فإن من المرجح أن تكون آثار التغيرات المتوقعة على المجتمعات الأحيائية في الأعماق السحيقة أشد حدة من التغييرات في أعماق أشد ضحالة. وقد تطرح التنبؤات بانخفاض كبير في تدفق المواد العضوية إلى قاع البحار العميقة في معظم المحيطات تحديات أكبر بشكل خاص بالنسبة للمناطق السحيقة. وستعزز البحوث المستقبلية المعارف المتعلقة بالتنوع البيولوجي في الأعماق السحيقة، وستزيد من فهمنا للكيفية التي سيؤثر بها تغير المناخ والأنشطة البشرية المنشأ على النظم الإيكولوجية في الأعماق السحيقة.

وعلى الصعيد العالمي، قد تزداد حماية بيئات الأغوار السحيقة. ويشمل تصنيف المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية في إطار اتفاقية التنوع البيولوجي (Convention on Biological Diversity (CBD), 2008) تلك البيئات، ويُبذل حاليا مزيد من الجهود من خلال خطط الإدارة البيئية الإقليمية للسلطة الدولية لقاع البحار فيما يتعلق بالتعدين في قاع البحار، وكذلك التطورات التشريعية من أجل إدارة التنوع البيولوجي في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال المعرفة

على الرغم مما أحرز مؤخرا من تقدم في المعرفة بالنظم الإيكولوجية في الأعماق السحيقة، يوجد الكثير من الثغرات في فهم التنوع البيولوجي، والتطور والجغرافية الأحيائية والتوزّع والترابط والاستجابات الناتجة عن الظروف المتغيرة والآثار البشرية المنشأ في الأعماق السحيقة.

وتؤدي المعرفة الراهنة الضعيفة في مجالات التصنيف والتاريخ الطبيعي والتنوع البيولوجي للحياة الحيوانية في السهول السحيقة إلى تقييد رصد الأثر البيئي، وتكشف عن الحاجة إلى دراسات أساسية توفر قوائم بالأنواع وأعدادها. ونظرا لأن أكثر من نسبة 95 في المائة من الأنواع الموجودة في مناطق التعدين المقررة غير

موصّفة، فإن بروتوكولات الرصد الحالية غير كافية. وعلى الرغم من الجهود الجارية لإنشاء فهارس الحياة الحيوانية والمعرفة التصنيفية اللازمين (Glover and others, 2016b؛ و Dahlgren and others, 2016؛ و Wiklund and others, 2017) فإن كفاءة الرصد في المستقبل تتطلب توفير موارد مستدامة.

ولم تدرس موائل الأعماق السحيقة ذات القاع الصلب إلا في دراسات قليلة جدا، وعلى الرغم من وجود بعض المعلومات عن الحيوانات الضخمة، فلا تتوفر أي معلومات تقريبا عن الأحياء الدقيقة، و/أو الكائنات الأحادية الخلايا، أو الكائنات البحرية الحيوانية الصغيرة، أو المجموعات الحيوانية العيانية المرتبطة بها.

ولم يتم حتى الآن أخذ أي عينات على الإطلاق من مناطق شاسعة من الأعماق السحيقة. إذ تشير السجلات في قواعد البيانات الدولية (مثل نظام المعلومات عن التنوع البيولوجي للمحيطات) إلى نقص شديد جدا في أخذ العينات من جنوب المحيط الهادئ، وكذلك من أعماق المحيط الهندي وخليج البنغال.

والمعرفة حول النطاقات الجغرافية للأنواع أو أنماط الترابط فيما بينها أو قدرة التجمعات على الصمود في مواجهة عوامل الإجهاد المناخية أو الاضطرابات الناشئة مباشرة عن الأنشطة البشرية في الأعماق السحيقة غير متاحة إلا بشكل محدود. وتتوقف الإدارة الفعالة للأنشطة البشرية اللازمة للحفاظ على التنوع البيولوجي في أعماق البحار على هذه المعلومات. وإضافة إلى ذلك، فإن ضعف توصيف مساهمات الأعماق السحيقة في سلع وخدمات النظم الإيكولوجية يحد من توافر الأدوات المناسبة اللازمة لتقدير المنافع البشرية بشكل ملائم (Jobstvogtand others, 2014a, 2104b؛ و Thurberand others, 2014b).

والافتقار إلى الوثائق المتعلقة بإدارة التأثيرات البشرية على هذا الحيز الدينامي الواسع، الذي يقع كله تقريبا خارج نطاق الولايات الوطنية، عامل قد يمثل لوحده أهم ثغرة معرفية.

المراجع

Amon, Diva J., and others (2016a). Insights into the abundance and diversity of abyssal megafauna in a polymetallic-nodule region in the eastern Clarion–Clipperton Zone. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 30492.

Amon, Diva J., and others (2016b). Observations of organic falls in the abyssal Clarion–Clipperton Zone, tropical eastern Pacific Ocean. *Marin*e Biodiversity. https://doi.org/10.1007/s12526-016-0572-4.

Amon, Diva J., and others (2017a). Megafauna of the UKSRL exploration contract area and eastern Clarion–Clipperton Zone in the Pacific Ocean: Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Chordata, Ctenophora, Mollusca. Jeffrey C. Drazen and others, eds. *Biodiversity Data Journal*, vol. 5, e14598. https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e14598.

Amon, Diva J., and others (2017b). Megafauna of the UKSRL exploration contract area and eastern Clarion–Clipperton Zone in the Pacific Ocean: Echinodermata. *Biodiversity Data Journal*, vol. 5, e11794. https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e11794.

Armstrong, Claire W., and others (2012). Services from the deep: Steps towards valuation of deep sea goods and services. *Ecosystem Services*, vol. 2, pp. 2–13. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.001.

Atwood T.B., and others (2020) Global Patterns in Marine Sediment Carbon Stocks. *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, art. 165. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00165.

Baco, Amy R., and others (2016). A synthesis of genetic connectivity in deep-sea fauna and implications for marine reserve design. *Molecular Ecology*, vol. 25, No. 14, pp. 3276–3298.

Billett, D.S.M., and others (2001). Long-term change in the megabenthos of the Porcupine Abyssal Plain (NE Atlantic). *Progress in Oceanography*, vol. 50, Nos. 1–4, pp. 325–348.

Billett, D.S.M., and others (2010). Long–term change in the abyssal NE Atlantic: The 'Amperima Event' revisited. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 57, No. 15, pp. 1406–1417.

Bodil, Bluhm A., and others (2011). Diversity of the arctic deep–sea benthos. *Marine Biodiversity*, vol. 41, No. 1, pp. 87–107. https://doi.org/10.1007/s12526–010–0078–4.

Bouef, Dominique, and others (2019). Biological composition and microbial dynamics of sinking particulate organic matter at abyssal depths in the oligotrophic open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, No. 24, pp. 11824–11832.

Brandt, Angelika, and others (2006). The biodiversity of the deep Southern Ocean benthos. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 362, No. 1477, pp. 39–66.

Briones, Elva Escobar, and others (2009). Global open oceans and deep seabed (GOODS) biogeographic classification. IOC Technical Series No. 84, UNESCO–IOC.

Canals, Miquel, and others (2006). Flushing submarine canyons. *Nature*, vol. 444, No. 7117, p. 354.

Carney, Robert S. (1994). Consideration of the oasis analogy for chemosynthetic communities at Gulf of Mexico hydrocarbon vents. *Geo–Marine Letters*, vol. 14, Nos. 2–3, pp. 149–159.

_____(2005). Zonation of deep biota on continental margins. In *Oceanography and Marine Biology*, pp. 221–288. CRC Press.

Cavan, E.L., and others (2015). Attenuation of particulate organic carbon flux in the Scotia Sea, Southern Ocean, is controlled by zooplankton fecal pellets. *Geophysical Research Letters*, vol. 42, No. 3, pp. 821–830.

Chapman, Abbie S.A., and others (2019). sFDvent: A global trait database for deep–sea hydrothermal–vent fauna. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 28, No. 11, pp. 1538–1551. https://doi.org/10.1111/geb.12975.

Cheung, William, and Lisa Levin (2019). Ecosystem considerations. In *Deep–Ocean Climate Change Impacts on Habitat, Fish and Fisheries*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 638. Rome.

Chiba, S., and others (2018). Human footprint in the abyss: 30 year records of deep–sea plastic debris. *Marine Policy*, vol. 96, pp. 204–212.

Christiansen, B., and others (2020). Potential effects of deep seabed mining on pelagic and benthopelagic biota. *Marine Policy*, vol. 114, 103442.

Christodoulou, Magdalini, and others (2019). Dark Ophiuroid Biodiversity in a Prospective Abyssal Mine Field. *Current Biology*. , vol. 29, No. 22, pp. 3909–3912.e3. https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.09.012.

Company, Joan B., and others (2008). Climate influence on deep sea populations. *PLoS One*, vol. 3, No. 1, pp. 1–8. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001431.

Convention on Biological Diversity Secretariat (CBD) (2008). *Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, Decision IX/20. Marine and Coastal Biodiversity. UNEP/CBD/COP/DEC/IX/20. Annex I. Scientific Criteria for Identifying Ecologically or Biologically Significant Marine Areas in Need of Protection in Open–Ocean Waters and Deep–Sea Habitats.*

Cronin, Thomas M., and Maureen E. Raymo (1997). Orbital forcing of deep–sea benthic species diversity. *Nature*, vol. 385, No. 6617, p. 624.

Cronin, Thomas M., and others (1999). Deep–sea ostracode species diversity: response to late Quaternary climate change. *Marine Micropaleontology*, vol. 37, Nos. 3–4, pp. 231–249.

Dahlgren, Thomas G., and others (2016). Abyssal fauna of the UK–1 polymetallic nodule exploration area, Clarion–Clipperton Zone, central Pacific Ocean: Cnidaria. *Biodiversity Data Journal*, No. 4.

Davies, David K., and W. Richard Moore (1970). Dispersal of Mississippi sediment in the Gulf of Mexico. *Journal of Sedimentary Research*, vol. 40, No. 1.

Durden, Jennifer M., and others (2015). Abyssal hills – hidden source of increased habitat heterogeneity, benthic megafaunal biomass and diversity in the deep sea. *Progress in Oceanography*, vol. 137, pp. 209–218.

Dutkiewicz, Adriana, and others (2015). Census of seafloor sediments in the world's ocean. *Geology*, vol. 43, No. 9, pp. 795–798.

Ehlers, Birte-Marie, and Wilfried Jokat (2013). Paleo-bathymetry of the northern North Atlantic and consequences for the opening of the Fram Strait. *Marine Geophysical Research*, vol. 34, No. 1, pp. 25–43.

Engen, Øyvind, and others (2008). Opening of the Fram Strait gateway: A review of plate tectonic constraints. *Tectonophysics*, vol. 450, Nos. 1–4, pp. 51–69.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2019). *Deep-Ocean Climate Change Impacts on Habitat, Fish and Fisheries*. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 638. Rome.

Frigstad, H., and others (2015). Links between surface productivity and deep ocean particle flux at the Porcupine Abyssal Plain sustained observatory. *Biogeosciences*, vol. 12, No. 19, pp. 5885–5897.

Gage, John D., and Paul A. Tyler (1991). *Deep-Sea Biology: A Natural History of Organisms at the Deep-Sea Floor*. Cambridge University Press.

Gebbie, G., and P. Huybers (2019). The Little Ice Age and 20th-century deep Pacific cooling. *Science*, vol. 363, No. 6422, pp. 70–74.

Glover, Adrian G., and others (2002). Polychaete species diversity in the central Pacific abyss: local and regional patterns, and relationships with productivity. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 240, pp. 157–170.

Glover, Adrian G., and others (2016a). Abyssal fauna of the UK-1 polymetallic nodule exploration claim, Clarion-Clipperton Zone, central Pacific Ocean: Echinodermata. *Biodiversity Data Journal*, No. 4.

Glover, Adrian G., and others (2016b). An end-to-end DNA taxonomy methodology for benthic biodiversity survey in the Clarion-Clipperton Zone, central Pacific abyss. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 4, No. 1, art. 2.

Glover, Adrian G., and others (2018). Point of View: Managing a sustainable deep-sea 'blue economy' requires knowledge of what actually lives there. *ELife*, vol. 7, e41319.

Gooday, Andrew J., and others (2010). Decadal-scale changes in shallow-infaunal foraminiferal assemblages at the Porcupine Abyssal Plain, NE Atlantic. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 57, No. 15, pp. 1362–1382.

Griffiths, Huw J. (2010). Antarctic marine biodiversity – what do we know about the distribution of life in the Southern Ocean? *PloS One*, vol. 5, No. 8, e11683.

Hartman, S.E., and others (2015). Biogeochemical variations at the Porcupine Abyssal Plain sustained Observatory in the northeast Atlantic Ocean, from weekly to inter-annual timescales. *Biogeosciences*, vol. 12, No. 3, pp. 845–853.

Harzhauser, Mathias, and others (2007). Biogeographic responses to geodynamics: a key study all around the Oligo–Miocene Tethyan Seaway. *Zoologischer Anzeiger*, vol. 246, No. 4, pp. 241–256.

Hessler, Robert R., and Peter A. Jumars (1974). Abyssal community analysis from replicate cores in the central North Pacific. In *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, vol. 21, pp. 185–209. Elsevier.

Hoffmann, Sharon S., and others (2018). evidence for stable holocene basin-scale overturning circulation despite variable currents along the deep western boundary of the North Atlantic Ocean. *Geophysical Research Letters*, vol. 45, No. 24, pp. 13,427–13,436.

Houghton, Isabel A., and John O. Dabiri (2019). Alleviation of hypoxia by biologically generated mixing in a stratified water column. *Limnology and Oceanography*, vol. 64, No. 5, pp. 2161–2171. https://doi.org/10.1002/lno.11176.

Howell, Kerry L., and others (2003). Feeding ecology of deep–sea seastars (Echinodermata: Asteroidea): a fatty–acid biomarker approach. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 255, pp. 193–206.

Hu, Aixue, and others (2012). The Pacific–Atlantic seesaw and the Bering Strait. *Geophysical Research Letters*, vol. 39, No. 3.

Hunt, Gene, and others (2005). Species–energy relationship in the deep sea: a test using the Quaternary fossil record. *Ecology Letters*, vol. 8, No. 7, pp. 739–747.

Ingels, Jeroen, and others (2010). Preferred use of bacteria over phytoplankton by deep–sea nematodes in polar regions. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 406, pp. 121–133.

Jobstvogt, Niels, and others (2014a). How can we identify and communicate the ecological value of deep–sea ecosystem services? *PloS One*, vol. 9, No. 7, e100646.

Jobstvogt, Niels, and others (2014b). Twenty thousand sterling under the sea: estimating the value of protecting deep–sea biodiversity. *Ecological Economics*, vol. 97, pp. 10–19.

Jones, Daniel O.B., and others (2014). Global reductions in seafloor biomass in response to climate change. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 6, pp. 1861–1872.

Kalogeropoulou, V., and others (2010). Temporal changes (1989–1999) in deep–sea metazoan meiofaunal assemblages on the Porcupine Abyssal Plain, NE Atlantic. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 57, No. 15, pp. 1383–1395.

Kuhnz, Linda A., and others (2014). Rapid changes and long–term cycles in the benthic megafaunal community observed over 24 years in the abyssal northeast Pacific. *Progress in Oceanography*, vol. 124, pp. 1–11.

Lampitt, R.S., and A.N. Antia (1997). Particle flux in deep seas: regional characteristics and temporal variability. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 44, No. 8, pp. 1377–1403.

Lampitt, R.S., and others (2010). The sustained observatory over the Porcupine Abyssal Plain (PAP): Insights from time series observations and process studies (preface). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 57, No. 15, pp. 1267–1271.

Lawver, Lawrence A., and Lisa M. Gahagan (2003). Evolution of Cenozoic seaways in the circum–Antarctic region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 198, Nos. 1–2, pp. 11–37.

Levin, Lisa A. (2003). Oxygen minimum zone benthos: Adaptation and community response to hypoxia. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, vol. 41, pp. 1–45.

Levin, Lisa A., and Andrew J. Gooday (2003). The deep Atlantic Ocean. In *Ecosystems of the World*, pp. 111–178. Elsevier.

Levin, Lisa A., and Nadine Le Bris (2015). The deep ocean under climate change. *Science*, vol. 350, No. 6262, pp. 766–768.

Levin, Lisa A., and others (2020). Climate change considerations are fundamental to management of deep–sea resource extraction. *Global Change Biology*. https://doi.org/10.1111/gcb.15223.

Livermore, Roy, and others (2007). Drake Passage and Cenozoic climate: An open and shut case? *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 8, No. 1.

Lutz, Michael J., and others (2007). Seasonal rhythms of net primary production and particulate organic carbon flux to depth describe the efficiency of biological pump in the global ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 112, No. C10.

Marincovich, Louie, Jr., and Andrey Y. Gladenkov (2001). New evidence for the age of Bering Strait. *Quaternary Science Reviews*, vol. 20, Nos. 1–3, pp. 329–335.

Marsh, Leigh, and others (2018). Geomorphological evidence of large vertebrates interacting with the seafloor at abyssal depths in a region designated for deep–sea mining. *Royal Society Open Science*, vol. 5, No. 8, 180286.

McCave, Ian Nicholas (2017). Formation of sediment waves by turbidity currents and geostrophic flows: a discussion. *Marine Geology*, vol. 390, pp. 89–93.

McClain, Craig R., and others (2011). Dispersal, environmental niches and oceanic–scale turnover in deep–sea bivalves. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 279, No. 1735, pp. 1993–2002.

McClain, Craig R., and others (2012a). Energetics of life on the deep seafloor. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, No. 38, pp. 15366–15371.

McClain, Craig R., and others (2012b). Increased energy promotes size–based niche availability in marine mollusks. *Evolution: International Journal of Organic Evolution*, vol. 66, No. 7, pp. 2204–2215.

McClain, Craig R., and Sarah Mincks Hardy (2010). The dynamics of biogeographic ranges in the deep sea. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 277, No. 1700, pp. 3533–3546.

McClain, Craig R., and Thomas A. Schlacher (2015). On some hypotheses of diversity of animal life at great depths on the sea floor. *Marine Ecology*, vol. 36, No. 4, pp. 849–872.

Menzies, Robert James, and others (1973). Abyssal environment and ecology of the world oceans.

Mestre, Mireia, and others (2018). Sinking particles promote vertical connectivity in the ocean microbiome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 29, pp. E6799–E6807.

Mora, Camilo, and others (2013). Biotic and human vulnerability to projected changes in ocean biogeochemistry over the 21st century. *PLoS Biology*, vol. 11, No. 10, e1001682.

O'Dea, Aaron, and others (2016). Formation of the Isthmus of Panama. *Science Advances*, vol. 2, No. 8, e1600883.

O'Hara, Timothy D., and others (2019). Contrasting processes drive ophiuroid phylodiversity across shallow and deep seafloors. *Nature*, vol. 565, No. 7741, p. 636.

Palanques, Albert, and others (2011). Effects of storm events on the shelf–to–basin sediment transport in the southwestern end of the Gulf of Lions (Northwestern Mediterranean).

Pörtner, Hans–O., and Anthony P. Farrell (2008). Physiology and climate change. *Science*, vol. 322, No. 5902, pp. 690–692.

Pörtner, H–O. (2010). Oxygen– and capacity–limitation of thermal tolerance: a matrix for integrating climate–related stressor effects in marine ecosystems. *Journal of Experimental Biology*, vol. 213, No. 6, pp. 881–893.

Rex, Michael A., and Ron J. Etter (2010). *Deep–Sea Biodiversity: Pattern and Scale*. Harvard University Press.

Robison, Bruce H. (2009). Conservation of deep pelagic biodiversity. *Conservation Biology*, vol. 23, No. 4, pp. 847–858.

Rogers, Alex David (2015). Environmental change in the deep ocean. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 40, pp. 1–38.

Ruhl, Henry A., and Kenneth L. Smith (2004). Shifts in deep–sea community structure linked to climate and food supply. *Science*, vol. 305, No. 5683, pp. 513–515.

Ruhl, Henry A., and others (2014). Links between deep–sea respiration and community dynamics. *Ecology*, vol. 95, No. 6, pp. 1651–1662.

Ruhl, Henry A., and others (2008). Connections between climate, food limitation, and carbon cycling in abyssal sediment communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, No. 44, pp. 17006–17011.

Sardà, Francisco, and others (2004). An introduction to Mediterranean deep–sea biology. *Scientia Marina*, vol. 68, No. S3, pp. 7–38.

Scher, Howie D., and Ellen E. Martin (2006). Timing and climatic consequences of the opening of Drake Passage. *Science*, vol. 312, No. 5772, pp. 428–430.

Schmidt, Daniela N., and others (2007). The closure history of the Central American seaway: evidence from isotopes and fossils to models and molecules. *Deep Time Perspectives on Climate Change Marrying the Signal from Computer Models and Biological Proxies: London, Geological Society of London*, pp. 427–442.

Schmidt, Daniela N., and others (2016). Morphological response of planktic foraminifers to habitat modifications associated with the emergence of the Isthmus of Panama. *Marine Micropaleontology*, vol. 128, pp. 28–38.

Shulse, Christine N., and others (2017). Polymetallic nodules, sediments, and deep waters in the equatorial North Pacific exhibit highly diverse and distinct bacterial, archaeal, and microeukaryotic communities. *Microbiology Open*, vol. 6, No. 2, e00428.

Simon-Lledó, Erik, and others (2019a). Ecology of a polymetallic nodule occurrence gradient: Implications for deep-sea mining. *Limnology and Oceanography*, vol. 64, No. 5, pp. 1883–1894. https://doi.org/10.1002/lno.11157.

Simon-Lledó, Erik, and others (2019b). Megafaunal variation in the abyssal landscape of the Clarion Clipperton Zone. *Progress in Oceanography*, vol. 170, pp. 119–133.

Smith, Craig R., and others (2008). Abyssal food limitation, ecosystem structure and climate change. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 23, No. 9, pp. 518–528.

Smith, Craig R., and Amanda W.J. Demopoulos (2003). The deep Pacific ocean floor. In *Ecosystems of the World*, pp. 179–218.

Smith, Kenneth L., Jr., and others (2009). Climate, carbon cycling, and deep-ocean ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, No. 46, pp. 19211–19218.

Smith, Kenneth L., Jr., and others (2013). Deep ocean communities impacted by changing climate over 24 y in the abyssal northeast Pacific Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 49, pp. 19838–19841.

Snelgrove, Paul V.R., and C.R. Smith (2002). A riot of species in an environmental calm: the paradox of the species-rich deep-sea floor. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, vol. 40, pp. 311–42.

Soltwedel, Thomas, and others (2005). HAUSGARTEN: multidisciplinary investigations at a deep-sea, long-term observatory in the Arctic Ocean. *Oceanography*, vol. 18, No. 3.

Soltwedel, Thomas, and others (2016). Natural variability or anthropogenically-induced variation? Insights from 15 years of multidisciplinary observations at the arctic marine LTER site HAUSGARTEN. *Ecological Indicators*, vol. 65, pp. 89–102.

Somero, G.N. (1992). Biochemical ecology of deep-sea animals. *Experientia*, vol. 48, No. 6, pp. 537–543.

Soto, Eulogio H., and others (2010). Temporal variability in polychaete assemblages of the abyssal NE Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 57, No. 15, pp. 1396–1405.

Stramma, Lothar, and others (2010). Ocean oxygen minima expansions and their biological impacts. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 57, No. 4, pp. 587–595.

Suttle, Curtis A. (2005). Viruses in the sea. *Nature*, vol. 437, No. 7057, p. 356.

Sweetman, Andrew K., and others (2017). Major impacts of climate change on deep-sea benthic ecosystems. *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 5, art. 4.

Taboada, Sergi, and others (2018). Implications of population connectivity studies for the design of marine protected areas in the deep sea: an example of a demosponge from the Clarion–Clipperton Zone. *Molecular Ecology*, vol. 27, No. 23, pp. 4657–4679.

Thomas, Ellen (2007). Cenozoic mass extinctions in the deep sea: what perturbs the largest habitat on Earth? In *Large Ecosystem Perturbations: Causes and Consequences*, Simonetta Monechi, and others, eds. Geological Society of America, vol. 424. https://doi.org/10.1130/2007.2424(01).

Thomas, Ellen, and Andrew J. Gooday (1996). Cenozoic deep-sea benthic foraminifers: tracers for changes in oceanic productivity? *Geology*, vol. 24, No. 4, pp. 355–358.

Thomas, Ellen, and others (2000). Deep-sea environments on a warm earth: latest Paleocene–early Eocene. In *Warm Climates in Earth History*, eds. Brian T. Huber and others, pp. 132–160. Cambridge University Press.

Thornalley, David J.R., and others (2018). Anomalously weak Labrador Sea convection and Atlantic overturning during the past 150 years. *Nature*, vol. 556, No. 7700, p. 227.

Thurber, Andrew R., and others (2014). Ecosystem function and services provided by the deep sea. *Biogeosciences*, vol. 11, No. 14, pp. 3941–3963.

Ulses, C., and others (2008). Impact of storms and dense water cascading on shelf-slope exchanges in the Gulf of Lion (NW Mediterranean). *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 113, No. C2. https://doi.org/10.1029/2006JC003795.United Nations (2017a). Chapter 1: Introduction – Planet, oceans and life. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). Chapter 24: Solid waste disposal. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017c). Chapter 36F: Open ocean deep sea. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017d). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

Van den Hove, Sybille, and Vincent Moreau (2007). *Deep-Sea Biodiversity and Ecosystems: A Scoping Report on Their Socio-Economy, Management and Governanace*. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 184. UNEP/Earthprint.

Vanreusel, Ann, and others (2016). Threatened by mining, polymetallic nodules are required to preserve abyssal epifauna. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 26808.

Vinogradova, Nina G. (1979). The geographical distribution of the abyssal and hadal (ultra-abyssal) fauna in relation to the vertical zonation of the ocean. *Sarsia*, vol. 64, Nos. 1–2, pp. 41–50.

_____(1997). Zoogeography of the abyssal and hadal zones. In *Advances in Marine Biology*, vol. 32, pp. 325–387. Elsevier.

Watling, Les, and others (2013). A proposed biogeography of the deep ocean floor. *Progress in Oceanography*, vol. 111, pp. 91–112.

Webb, Thomas J., and others (2010). Biodiversity's big wet secret: the global distribution of marine biological records reveals chronic under-exploration of the deep pelagic ocean. *PLoS One*, vol. 5, No. 8, e10223.

Wei, Chih-Lin, and others (2010). Global patterns and predictions of seafloor biomass using random forests. *PloS One*, vol. 5, No. 12, e15323.

Wiklund, Helena, and others (2017). Abyssal fauna of the UK-1 polymetallic nodule exploration area, Clarion-Clipperton Zone, central Pacific Ocean: Mollusca. *ZooKeys*, vol. 707, pp. 1–46. https://doi.org/10.3897/zookeys.707.13042.

Wiklund, Helena, and others (2019). Abyssal fauna of polymetallic nodule exploration areas, eastern Clarion-Clipperton Zone, central Pacific Ocean: Annelida: Capitellidae, Opheliidae, Scalibregmatidae, and Travisiidae. *ZooKeys*, vol. 883, pp. 1–82. https://doi.org/10.3897/zookeys.883.36193.

Wlodarska-Kowalczuk, Maria, and Thomas H. Pearson (2004). Soft-bottom macrobenthic faunal associations and factors affecting species distributions in an Arctic glacial fjord (Kongsfjord, Spitsbergen). *Polar Biology*, vol. 27, No. 3, pp. 155–167.

Woolley, Skipton N.C., and others (2016). Deep-sea diversity patterns are shaped by energy availability. *Nature*, vol. 533, No. 7603, p. 393.

Yashayaev, Igor, and others (2007). Spreading of the Labrador Sea Water to the Irminger and Iceland basins. *Geophysical Research Letters*, vol. 34, No. 10.

Yashayaev, Igor, and other (2018). Marine biodiversity in space and time: what tiny fossils tell. *Mètode Science Studies Journal – Annual Review*. https://doi.org/10.7203/metode.9.11404.

Yashayaev, Igor, and other (2019a). Quaternary deep-sea ostracods from the north-western Pacific Ocean: global biogeography and Drake-Passage, Tethyan, Central American and Arctic pathways. *Journal of Systematic Palaeontology*, vol. 17, No. 2, pp. 91–110. https://doi.org/10.1080/14772019.2017.1393019.

Yashayaev, Igor, and other (2019b). North Atlantic intermediate water variability over the past 20,000 years. *Geology*, vol. 47, No. 7, pp. 659–63. https://doi.org/10.1130/G46161.1.

Yasuhara, Moriaki, and Roberto Danovaro (2016). Temperature impacts on deep-sea biodiversity. *Biological Reviews*, vol. 91, No. 2, pp. 275–287.

Yasuhara, Moriaki, and others (2017). Combining marine macroecology and palaeoecology in understanding biodiversity: microfossils as a model. *Biological Reviews*, vol. 92, No. 1, pp. 199–215.

Yasuhara, Moriaki, and Thomas M. Cronin (2008). Climatic influences on deep-sea ostracode (Crustacea) diversity for the last three million years. *Ecology*, vol. 89, No. sp11, pp. S53–S65.

Yesson, Chris, and others (2011). The global distribution of seamounts based on 30 arc seconds bathymetry data. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 58, No. 4, pp. 442–453.

الفصل 7 نون

المحيطات المفتوحة

المساهمون: بيتر كروت (منظم الاجتماع)، وعثمان كيه كامارا، وجوزيف مونتويا، وتريسي ت. ساتون، ومايكل فيكيوني.

النقاط الرئيسية

- إن الاحترار العالمي يؤثر بالفعل على المحيطات المفتوحة، كما أنه يرجح أن تزداد موجات الحر البحرية الشديدة تواترا وشدة في المستقبل.
- ستؤدي التبدلات الناجمة عن تغير المناخ في المضخة البيولوجية للمحيطات المفتوحة إلى تغيير قدرة المحيطات على استيعاب الكربون الناجم عن الأنشطة البشرية.
- يؤدي تناقص الأكسجين في المحيطات المفتوحة بالفعل إلى تقلص موائل بعض الأنواع غير القاعية مع ما يترتب على ذلك من آثار على توزيعها الرأسي والأفقي في المحيطات.
- تؤثر تدفقات نفايات المواد البلاستيكية المتزايدة الآتية من البر على النظم الإيكولوجية للمحيطات المفتوحة.
- توجد فجوة معرفية حرجة في البيئات المتوسطة العمق (mesopelagic) (مثل البيئات المتوسطة العمق (mesopelagic) والبيئات القاعية (bathypelagic))، حيث إن نشاط أخذ العينات فيها غير كاف ومستوى الإحاطة بها ضعيف.

1 - مقدمة

1-1 - نطاق الموضوع

تضمن الفصل 36-واو من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a) تقييما لكل من المحيطات المفتوحة (منطقة أعالي البحار) والنظم الإيكولوجية في أعماق البحار (المنطقة القاعية) باتجاه البحر من الجرف القاري (عمق 200 متر). وفي هذا التقييم المحدّث، تُتَناول النظم الإيكولوجية القاعية بشكل منفصل، في حين يركز هذا الفصل حصرا على المجال غير القاعي على امتداد العمود المائي كاملا.

وفيما مضى، ورد في التقييم الأول (United Nations, 2017b) أن المحيطات المفتوحة توفر السلع والخدمات الأساسية الخاصة بالنظام الإيكولوجي البحري، على الرغم من تعذّر الوصول إليه نسبيا. وعلاوة على ذلك، تنطوي تلك المناطق غير القاعية على إمكانات كبيرة لتوفير الموارد المعدنية والطاقية والمعيشية من تلك المناطق غير القاعية، على الرغم من أنها غير مدروسة دراسة جيدة سواء مكانيا وزمنيا، مما يعقّد مسائل الحفظ حيث لا يعرف سوى القليل عن التنوع البيولوجي وعمل النظم الإيكولوجية.

1-2 - المجال غير القاعي

إن العوامل الفيزيائية المحركة الرئيسية في هيكلة النظم الإيكولوجية البحرية هي العمق والضغط، والضوء، ودرجة الحرارة، ومدخلات المغذيات (مثل النيتروجين والحديد)، والأكسجين المذاب، والتيارات. وتحدَّد المنطقة السطحية للمحيطات المفتوحة (المنطقة العلوية (epipelagic)، وصولا إلى عمق 200 م) بناء على نفاذ أشعة الشمس الكافية لدعم الإنتاج الأولي. وتحت تلك المنطقة تقع المنطقة المتوسطة العمق، أو منطقة "الغسق"، وهي تمتد عادة من أسفل المنطقة العلوية إلى حوالي 1 000 متر - وهو أقصى عمق لنفاذ أشعة الشمس وطبقة المنحدر الحراري الدائم. وتعد المنطقة المتوسطة العمق ذات أهمية للهجرة الرأسية النشطة والتفسخ الجرثومي للمواد العضوية التي تسقط من السطح - وهما عنصران رئيسيان من عناصر المضخة البيولوجية (Robinson and othersand others, 2010). وتحظى الهجرة الرأسية اليومية لكائنات أعماق البحار من المنطقة المتوسطة العمق إلى المنطقة العلوية صعودا ونزولا بتقدير متزايد لدورها كقوة دافعة لتدفق الكربون

بسبب زيادة تقدير الكتلة الأحيائية لسوابح المنطقة المتوسطة العمق (Irigoien and others, 2014).

ويتألف أكبر نظام إيكولوجي على كوكب الأرض من المنطقة القاعية (bathypelagic)، وهي منطقة مظلمة وباردة (صفر-5 درجات مئوية) تقع بين 1 000 و 4 000 متر، وتضم ما تقرب نسبته من 75 في المائة من حجم المحيطات (Costello and othersand others, 2010). والمحيط العميق غير القاعي مجال معاينته ناقصة وتقل فيه أنشطة أخذ العينات بسبب مجموعة من العوامل: (أ) إمكانية الوصول المحدودة إلى منصات لأخذ العينات في المحيطات المفتوحة من المياه العميقة؛ (ب) كبر حجم المحيطات المعنية؛ (ج) انتشار التجمعات الأحيائية على نطاق واسع. وتشهد البيانات المتعلقة بالنظم الإيكولوجية المتوسطة العمق تحسنا حاليا، ولكن لا يُعرف سوى النزر اليسير عن الكائنات الحية في مناطق أعمق، بما في ذلك منطقة القاعية ومنطقة الأغوار غير القاعية (4 000 6 000-abyssopelagic) متر) ومنطقة الخنادق الغمرية (hadalpelagic) (تزيد على 6 000 متر). وتشير النتائج الأولية إلى أن التنوع العام للأنواع قد يكون أقل مما هو عليه في النظم الإيكولوجية الأخرى، على الرغم من أن الدراسات الجرثومية الجديدة تكشف عن تنوع كبير في أعماق المحيطات. وأظهرت مسوحات أن الترابط الجانبي يحدث أيضا فيما بين المناطق العميقة من المحيطات المفتوحة، ولا يقتصر على المنطقة المتوسطة العمق ومنطقة السطح (Sutton, 2013).

وتمثل القشريات (مثل مجدافيات الأرجل، ومزدوجات الأقدام، وصدفيات القشرة) أحياء مساهمة مهمة في وفرة أعداد العوالق الحيوانية وأنواعها في أعماق المحيطات. كما أن الحيوانات الهلامية، من قبيل السالب، وقنديل البحر، والزراقيات العشائرية هي أيضا أنواع على قدر كبير من الأهمية. وتشمل الكائنات الحية الأكبر حجما الكثير من أنواع الأسماك وأسماك القرش والقشريات (مثل الجمبري، والكريل) ورأسيات الأرجل (مثل الحبار). وتشير تقديرات الكتلة الأحيائية المستندة إلى القياسات الصوتية إلى أن أسماك المياه المتوسطة العمق ربما كان تقديرها في الماضي ناقصا إلى حد كبير. ويرجح أن يقارب حجمها ما بين 10 000 و 15 000 مليون طن، كما يعوّل عليها في زيادة بنسبة 10 في المائة من الإنتاجية الأولية (Irigoien and othersand others, 2014). ومن المرجح أن تشكّل الكتلة الأحيائية لأسماك المنطقة غير القاعية العميقة الجزء الأكبر للكتلة الحيوية للأسماك على كوكب الأرض (Sutton, 2013). وتلك الأنواع هي أيضا فرائس هامة للثدييات (الحيتان المسننة، والفقمات) والتونة والطيور البحرية وأسماك القيعان العميقة.

1-3 - الضغوط على المجال غير القاعي

تتأثر المحيطات المفتوحة بعوامل إجهاد بيئية متعددة، أبرزها احترار المحيطات وتحمّضها وانخفاض تركيز الأكسجين فيها. ومن المرجح أن تؤدي عوامل الإجهاد تلك إلى تعزيز التحولات في التوزّع الرأسي والعمودي للأرصدة السمكية في المحيطات المفتوحة وأعماق البحار (Brander, 2010)، في حين أن انخفاض تركيز الأكسجين قد يؤدي إلى تقلص موائل الكائنات الحية الهوائية ((Stramma and othersand others, 2012) بما يؤدي، في الوقت نفسه، إلى توسيع حجم المياه الداعمة للعمليات اللاهوائية. ويُرجح أن تؤدي التغيرات في القسر المتجه من القعر إلى السطح أو من السطح إلى القعر إلى تأثيرات معقدة وغير مباشرة على خدمات النظم الإيكولوجية للمحيطات المفتوحة، ولا سيما مضخة الكربون البيولوجية، على الرغم من أن التأثير الإجمالي غير واضح، حيث لا يُعرف سوى القليل عن التنوع الجرثومي ووظيفته، وعملياته في أعماق المحيطات.

1-4 - الثغرات المحددة في مجال المعرفة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

أُشيرَ في التقييم الأول إلى الافتقار إلى المعلومات الرئيسية عن النظم الإيكولوجية غير القاعية، حيث إن البيانات لم تتوفر إلا من مناطق جغرافية قليلة العدد، وعن جزء صغير من التنوع البيولوجي الإجمالي. وأبرز التقييم

الأول أن المعلومات المتعلقة ببنية النظم الإيكولوجية وعملياتها غير كافية لتقييم الأداء المحتمل لتدابير الحفظ والإدارة التي وضعت للنظم الإيكولوجية البحرية الخاصة بالأرصفة القارية والسواحل.

1-5 - التطورات العلمية منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات

كانت المحيطات، بما في ذلك المحيطات المفتوحة، موضوع تقرير خاص صدر مؤخرا وأعدته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019). وكان من بين التطورات الرئيسية الاعتراف بأن الطابع المتعدد عوامل الإجهاد في المحيطات المفتوحة الناتجة عن تغير المناخ سيتطلب أدوات جديدة لتحليل تأثيرات كل نوع من أنواع الإجهاد المنصب على النظام الإيكولوجي والتفاعلات التآزرية فيما بين عوامل الإجهاد، لأن الاستجابة قد تكون متباينة بشكل كبير (Boyd and others, 2015).

وأمكن استنتاج التحركات الرأسية اليومية من الفضاء باستخدام جهاز لكشف المدى وتحديده بالضوء (مسبار ضوئي) مركّب على ساتل (Behrenfeld and others, 2019)، مما وفر معارف جديدة بشأن تلك العملية ذات الأهمية الجيوكيميائية الأحيائية. وقد أحرز البرنامج الدولي جيوتريسرز (GEOTRACES) تقدما كبيرا في معرفة التوزّع العالمي للعناصر النزرة ونظائرها في جميع الأحواض المحيطية (Schlitzer and others, 2018). وقد توسع نطاق الإحاطة بالجانبين الفيزيائي والجيوكيميائي الإحيائية للمحيطات المفتوحة من الناحيتين المكانية والزمانية من خلال الاستخدام المتزايد لمنصات "آرغو" العائمة لجمع البيانات (Roemmich and others, 2019) والطائرات الشراعية المحيطية (Rudnick, 2016). وقد ساعدت تلك البيانات، إلى جانب برنامج التحريات الهيدروغرافية للمحيطات على متن السفن (GO-SHIP) (Sloyan and others, 2019)، على إثراء معارفة متعمقة جديدة حول وظيفة المضخة البيولوجية بمسار آخر مميز، وهو مضخة حقن الجسيمات (Boyd and others, 2019)، التي تعمل جنبا إلى جنب مع مضخة الجاذبية البيولوجية التقليدية.

وعلى مدى العقد الماضي، طُبقت التطورات السريعة في فروع العلوم البيولوجية على الدراسات المنصبة على المحيطات المفتوحة، مما أتاح معرفة تسلسل المجتمعات الجرثومية في البحر بشكل شبه آني (Bennke and others, 2016)؛ أو تطبيق الحمض النووي البيئي (eDNA) للكشف عن أسماك القرش الأبيض في المحيطات المفتوحة (Truelove and others, 2019)؛ أو الجمع بين استخدام الحمض النووي البيئي والمركبات الغواصة المستقلة لدراسة التنوع البيولوجي (Yamahara and others, 2019). ويوفر حاليا الاستخدام المتزايد للعلامات والمجسات الذكية التي تعلّق على أجسام بالكائنات الحية (Harcourt and others, 2019) والمجسات الصوتية السلبية (Delory and others, 2014) وأدوات العرض البصري الجديدة للجسيمات البحرية (Lombard and others, 2019) بياناتٍ جديدة عن التنوع البيولوجي للنظم الإيكولوجية في المحيطات المفتوحة ووظائف تلك النظم. وعلى وجه الخصوص، تطور فهمنا للمنطقة المتوسطة العمق بدرجة أصبح معها من الممكن تحديد أقاليم جغرافية إحيائية وأقاليم جيوكيميائية إحيائية على المستوى العالمي (Reygondeau and others, 2018).

2 - التغيرات البيئية في المحيطات المفتوحة منذ عام 2010

2-1 - التغيرات في الحالة العامة، بما في ذلك الحالة الفيزيائية أو البيولوجية

2-1-1 - احترار المحيطات وموجات الحر البحرية الشديدة وأنماط اتجاه الريح

إن الدليل واضح حاليا على أن حرارة المحيطات تزايدت على مدى العقود الأخيرة (Cheng and others, 2019)، وفي حين أن المحيط السطحي قد امتص معظم الحرارة الزائدة، فإن إشارة الاحترار يمكن ملاحظتها أيضا في عمق المحيط المتوسط والسحيق (Cheng and others, 2017). ويُتوقع أن يؤدي الاحترار السطحي إلى زيادة تطبق المياه القريبة من السطح، على الرغم من أن الأبحاث التي أجريت مؤخرا تشير إلى أنه، وفي حين أن درجات حرارة سطح البحر تتزايد حاليا عند منطقة خطوط العرض الوسطى، فإن التطبق لا يتزايد، وكذلك لا تتعرض أعماق الطبقات المختلطة للتموج (Somavilla and others, 2017). وفي الواقع أن أعماق الطبقات المختلطة في فصل الشتاء هي في تزايد بسبب التغيرات في الضخ الإيكماني (Somavilla and others, 2017).

ومع ارتفاع درجات الحرارة العالمية في السنوات الأخيرة، باتت موجات الحر البحرية الشديدة (Hobday and others, 2016) أطول مدة وأكثر تواترا (Oliver and others, 2018). وتشير دراسات النمذجة إلى أن من المرجح جدا أن تزيد موجات الحر تلك أيضا في المستقبل في ظل تأثير الاحترار العالمي (Frölicher and others, 2018). وتنجم موجات الحر في المناطق الاستوائية للمحيطين الهادئ والهندي عن التذبذب الجنوبي وما يتعلق بها من الاتصال عن بُعد نتيجة ظاهرة النينيو (Holbrook and others, 2019)، في حين أنه، على مستوى أعلى من خطوط العرض، ترتبط موجات الحر تلك بالتبدلات في التيارات المحيطية الدافئة، وبنشاط الدوّامات المتوسط النطاق، وديناميات الغلاف الجوي - المحيطات (Rodrigues and others, 2019). وقد ضعف الدوران الحراري والملحي في السنوات الأخيرة بسبب الاحترار العالمي، كما أن عواقبه على أنماط درجة الحرارة والمناخ في البلدان المطلة على المحيط الأطلسي والمنطقة الاستوائية في جميع أنحاء العالم وعلى خدمات النظام الإيكولوجي باتت عميقة بشكل متزايد (Ramshtorf and others, 2015).

وقد تغيرت أيضا أنماط اتجاه الريح في المحيطات المفتوحة على مدى العقود الثلاثة الماضية، حيث شهدت زيادات طفيفة في متوسط سرعة الرياح وارتفاع الموج. وتم الوقوف على زيادات أكبر في الظروف البالغة القسوة (سرعة الرياح أو ارتفاع الموج الذي يتجاوز المئينات التسعين) (Young and Ribal, 2019). وأظهرت عمليات الرصد الساتلية في الفترة الواقعة ما بين عامي 1995 و 2018 أكبر الزيادات في سرعة الرياح وارتفاع الموج في المحيط الجنوبي.

2-1-2 - تحمّض المحيطات

تشير أحدث التقديرات المتعلقة باستيعاب المحيطات المفتوحة للكربون البشري المصدر (1994-2007) إلى أن الاستيعاب في تزايد حاليا، ولكنه مترافق بانحرافات إقليمية هامة، فعلى سبيل المثال، كان الاستيعاب أبطأ مما كان متوقعا في منطقة شمال المحيط الأطلسي، ولكنه أسرع في منطقة جنوب المحيط الأطلسي (Gruber and others, 2019). وتُظهر دراسات متسلسلة زمنيا للمحيطات المفتوحة، جُمعت من خلال إدخال بيانات أجهزة استشعار مستقلة للكربون البحري (مثل الرقم الهيدروجيني، والضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون)، تعود إلى ما يقرب من 20 عاما في بعض المواقع، اتجاهاتٍ ملحوظة بوضوح في الرقم الهيدروجيني (متناقص) والضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون (متزايد) (Sutton and others, 2019).

2-1-3 - تناقص الأكسجين في المحيطات

يُتوقع أن يزداد فقدان الأكسجين من المحيطات المفتوحة في عالم يشهد احترارا، وذلك من خلال مجموعة معقدة من العمليات الجيوكيميائية الإحيائية والعمليات الفيزيائية (Levin, 2018). وأظهرت القدرة على قياس الأكسجين المذاب على مستويات التركيز المتناهي الدقة أن المناطق الخالية من الأكسجين (صفر أكسجين) ربما كانت التقديرات بشأنها في السابق ناقصة في المحيطات المفتوحة (Tiano and others, 2014). ويوجد، في الوقت الحاضر، قصور في فهم تداعيات تغير المناخ على التنفس، ولا سيما لدى الكائنات الجرثومية (Robinson, 2019)، حيث إن تعقد التغذية المرتدة قد يؤدي إلى إعادة توزّع الأنواع البكتيرية والأنواع أحادية الخلية في المحيط (Beman and Carolan, 2013) مع انحياز الكائنات الحية إلى مكامن بيئية معينة ضمن مناطق المختلفة للاختزال والأكسدة (Bertagnolli and Stewart, 2018). وعلى الرغم من قدرة بعض العوالق الحيوانية في المحيطات المفتوحة على تحمل نقص الأكسجين، فإن تلك العوالق بلغت بالفعل شفا حدودها الفسيولوجية، وقد تسبب تناقص الأكسجين المستمر في تغييرات غير متوقعة في بنية النظام الإيكولوجي ووظيفته في المنطقة المتوسطة العمق (Wishner and others, 2018).

2-1-4 - الآثار البشرية: مناطق الحياة الطبيعية المتبقية وارتفاع معدل التلوث بالمواد البلاستيكية

إن المحيط قد تأثر بشدة بالأنشطة البشرية (Jones and others, 2018)، ويقع معظم المناطق الطبيعية المتبقية المحددة خارج المناطق الاقتصادية الخالصة (أي المناطق الواقعة خارج حدود الولاية الوطنية). وعلى الرغم من كون نفايات المواد البلاستيكية بعيدة عن المصادر البرية، فإن كثرة تلك القمامة ومدى انتشارها في المحيطات المفتوحة آخذة في الازدياد (Van Sebille and others, 2015). وتؤدي الحركات الدائرية في المحيطات المفتوحة دور محرك مناطق تراكم للتلوث بالمواد البلاستيكية، وهي ما يسمى برقع القمامة (Lebreton and others, 2018). ويُتوقع أن يزداد تدفق نفايات المواد البلاستيكية الدقيقة إلى المحيطات المفتوحة ازديادا كبيرا في المستقبل (Lebreton and Andrady, 2019).

2-2 - العوامل المرتبطة بالتغييرات

2-2-1 - احترار المحيطات والتغيرات في مضخة الكربون المحيطية

إن احترار المحيطات المفتوحة قد أدى إلى انخفاض إنتاج مصائد الأسماك البحرية بنسبة تقدر بنحو 4,1 في المائة بين عامي 1930 و 2010، وذلك استنادا إلى نماذج التحليل الرجعي (Free and others, 2019). ويُشار إلى أن لاحترار المحيطات تأثيرا أكبر من تأثير تحمض المحيطات على الأرصدة السمكية في المنطقة المحيطة بالقطب على الصعيد العالمي (Watson and others, 2018). وبشكل عام، من المرجح أن تكون المحيطات المفتوحة أكثر عرضة للإجهاد الحراري مقارنة بالبر (Pinsky and others, 2019)، مما قد يؤدي إلى زيادة الحساسية إزاء الاحترار وإلى معدلات استيطان أسرع، ينتج عنهما تسريع دوران الأنواع. وقد عزز الاحترار ظهور تحول صوب القطب في توزّع بعض الأنواع (Pinsky and others, 2020)، بما في ذلك الأنواع ذات الأهمية التجارية مثل التونة (Monllor-Hurtado and others, 2017). وفي حين أن بعض توزّعات الطيور البحرية تبدو غير متأثرة بتبدلات درجة الحرارة البحرية (Keogan and others, 2018)، فإن موجات الحر البحرية الشديدة في شمال شرق المحيط الهادئ قد تسببت في معدلات وفيات شديدة الارتفاع لدى طيور المور الشائع (Piatt and others, 2020). وفي هذا السياق، يُرجح أن يكون لموجات الحرّ تلك تأثير كبير على التنوع البيولوجي في المحيطات المفتوحة (Smale and others, 2019).

ولا تزال شكوك كبيرة مثارة حول ما إذا كان احترار المحيطات سيؤدي إلى تغير الإنتاجية الأولية أم لا

(Behrenfeld and others, 2016)، على الرغم من أن النمذجة تشير إلى انخفاضات صغيرة نتيجة ارتفاع درجات الحرارة في المحيط الاستوائي (Kwiatkowski and others, 2017). بيد أن من المرجح أن يكون لاعتماد المعدلات الأيضية في الطبقة العليا للمحيطات اعتمادا شديدا على درجة الحرارة تأثير على مضخة الكربون البيولوجية، ولا سيما أنواع الأحياء الدقيقة (Cavan and others, 2019)، وقد يشكل ذلك تغذية مرتدة إيجابية للمناخ عن طريق الحد من صافي احتجاز المحيط للكربون (Boscolo-Galazzo and others, 2018).

وقد يؤثر الاحترار العالمي أيضا على توقيت (علم الظواهر الأحيائية الموسمية) تكاثر العوالق النباتية في المحيطات المفتوحة (Barton and others, 2016)، على الرغم من أن التغيرات في التشمس هي العامل المحرك الرئيسي للعوالق النباتية (Boyce and others, 2017)، وقد تحد في نهاية المطاف من هجرة الأنواع صوب القطب (Sundby and others, 2016). وقد يؤدي الاحترار إلى الحد من التخلف الزمني بين إنتاج العوالق النباتية والأوالي (Aberle and others, 2012) وبين وفرة العوالق الحيوانية، مع ما يترتب على ذلك من آثار على ارتفاع مستويات التغذية (Sundby and others, 2016) وعلى مضخة الكربون البيولوجية وخدمات النظام الإيكولوجي الناتجة عنها (Barange and others, 2017).

وفي حين يرجح أن تكون التغيرات في الرقم الهيدروجيني وتركيز الكربونات أقل شدة في المحيطات المفتوحة منها في المياه الساحلية (Duarte and others, 2013) فإن التنوع البيولوجي قد يتأثر سلبا في المناطق التي يكون فيها استيعاب ثاني أكسيد الكربون البشري المصدر في أعلى درجاته (مثلا، شمال المحيط الأطلسي) (Gehlen and others, 2014). وستتأثر العمليات الجيوكيميائية الإحيائية الأخرى بانخفاض الرقم الهيدروجيني (Gehlen and others, 2011)، وتوجد، بالفعل، أدلة على انخفاض معدلات التشبع بالنيتروجين في المحيطات المفتوحة (Beman and others, 2011)، مما قد يحدث تبدلات في المجتمعات الجرثومية ودورة النيتروجين في المستقبل.

2-2-2 - تناقص الأكسجين وتقلص الموائل

يؤدي تناقص الأكسجين في المحيطات إلى توسع مناطق الحد الأدنى من الأكسجين، سواء رأسيا وأفقيا (Levin, 2018)، مما قد يسفر عن تقلص موائل بعض الكائنات الحية غير القاعية (Stramma and others, 2012) عن طريق قيود أيضية (Deutsch and others, 2015). وقد يؤدي تقلص الموائل أيضا إلى زيادة قابلية صيد أسماك الخرمان في شرق المحيط الهادئ، مما يحتمل معه الإفراط في استغلالها ما لم تتم إدارة صيدها بعناية (Pohlot and Ehrhardt, 2017).

2-2-3 - الآثار البشرية المباشرة

إن الأثر التراكمي للأنشطة البشرية على المحيطات المفتوحة يتغير حاليا من الناحيتين الزمانية والمكانية (Halpern and others, 2015)، مما لن تتبقى معه إلاّ نسبة صغيرة من المناطق الطبيعية البحرية في المحيطات المفتوحة (Jones and others, 2018). وإلى جانب آثار انبعاثات الكربون البشرية المصدر، فإن الأنشطة البشرية الأخرى تؤثر أيضا تأثيرا مباشرا على المحيطات المفتوحة.

أنشطة صيد السمك - إن الأغذية البحرية يُحصل عليها حاليا بعيدا عن أماكن استهلاكها (Watson and others, 2015)، مما يؤدي إلى توسّع الأثر العالمي لأنشطة صيد الأسماك في المحيطات المفتوحة (Kroodsma and others, 2018). غير أن الإنتاجية البحرية تحدُّ، في نهاية المطاف، من كمية الأسماك المتاحة (Chassot and others, 2010)، ويبدو أن المصيد العالمي من الأسماك البحرية بلغ حاليا مستوى مستقرا (انظر الفصل 15).

أعمدة الملوثات التي يسببها الإنسان في المحيطات المفتوحة - إن الأنشطة الصناعية في المحيطات المفتوحة تخلف حاليا آثارا على التنوع البيولوجي من خلال الانبعاثات المستمرة للملوثات (Tournadre, 2014) فضلا عن الأحداث العابرة. وأظهرت الانسكابات النفطية مثل كارثة "ديبواتر هورايزن" في عام 2010 في خليج المكسيك أن تأثير مثل هذا الحدث يطال جميع المستويات

الغذائية لسنوات عديدة (McClain and others, 2019). وتشير جهود النمذجة إلى أن التأثير على النظام الإيكولوجي يمكن أن يستمر لعقود (Ainsworth and others, 2018). ومن المرجح أيضا أن يؤثر التعدين في قاع البحار العميقة وإغراق نفايات التعدين في البحر على المحيطات المفتوحة (Vare and others, 2018). ولا يزال يوجد قصور في فهم آثار إغراق مخلفات المناجم في المياه العميقة (Ramirez-Llodra and others, 2015) فيما يتعلق بتأثيرها على الكائنات الحية في المنطقة غير القاعية والمنطقة المتوسطة العمق.

2-3 - آثار التغيرات على العناصر الأخرى للنظام البحري وتفاعلها معها

2-3-1 - التغيرات في خدمات النظم الإيكولوجية

يوجد حاليا نقص في المعلومات فيما يتعلق بخدمات النظم الإيكولوجية للمجتمعات في المنطقة المتوسطة العمق والمنطقة القاعية (Martinetto and others, 2020; St. John and others, 2016). وتوجد، على غرار ذلك، أمثلة قليلة لدراسات تتناول مدى التجمعات القاعية - غير القاعية في المحيط (Trueman and others, 2014).

2-3-2 - الآثار غير المباشرة لتغير المناخ على المستويات الغذائية الأعلى

أدت التغيرات في الدوران بسبب احترار المناخ في منطقة شمال المحيط الأطلسي إلى تحول صوب الشمال لجنس مجدافيات الأرجل(Calanus finmarchicus)، وهو المصدر الغذائي الرئيسي للحوت الحقيقي الشمالي المهدد بالانقراض. ودفعت تلك التغييرات بالحيتان إلى تغيير نمط ارتحالها الموسمي طلبا للقوت من أجل متابعة مجدافيات الأرجل. ولسوء الحظ، فإن إعادة توزّع الحيتان في مناطق لم توضع فيها بعدُ تدابير للحماية من ضربات السفن أو التشبّك في معدات الصيد، يؤدي إلى توقف تعافي ذلك النوع (Record and others, 2019).

3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

3-1 - العواقب الملحوظة في الوقت الراهن

تشكل المحيطات المفتوحة حالة خاصة حينما يتعلق الأمر بتقييم عواقب تغير النظام الإيكولوجي على البشر، إذ لا تعيش أي مجتمعاتٍ بشرية دائمة في المحيطات المفتوحة في الوقت الحاضر. بيد أنه يوجد الكثير من المجتمعات الساحلية التي تعتمد على الموارد المستخرجة من المحيطات المفتوحة، وتلك المجتمعات ستتأثر بعواقب تغير المناخ على النظم الإيكولوجية هناك. وقد بدأت بالفعل تُلاحظ بعض الآثار من قبيل التغيرات في توزّع الأنواع، وهي ناتجة عن نزوع وحدات تصنيفية صوب القطب (Barton and others, 2016) وتقلص الموائل بسبب تناقص الأكسجين (Stramma and others, 2012).

وتشير أعمال اضطُلع بها مؤخرا إلى أن اعتماد اتفاق باريس[1] يعود بالنفع على مصائد الأسماك (Sumaila and others, 2019)، وأن تحسين إدارة مصائد الأسماك يمكن أن يعوض بعض الآثار الناجمة عن تغير المناخ على مصائد الأسماك (Gaines and others, 2018).

[1] انظر FCCC/CP/2015/10/Add.1، المقرر 1/م أ-21، المرفق.

3-2 - الآثار على تحقيق أهداف التنمية المستدامة[2]

3-2-1 - الحد من التلوث البحري (المؤشر 14-1-1 من مؤشرات أهداف التنمية المستدامة)

إن السيل الجارف من المواد البلاستيكية التي تدخل المحيطات يتطلب اتخاذ إجراءات من جانب الدول للقضاء على استخدام المواد البلاستيكية أو الحد منه حيثما أمكن. والمبادرات المتخذة في الآونة الأخيرة في الاتحاد الأوروبي وأماكن أخرى للحد من استخدام المواد البلاستيكية، وزيادة إعادة التدوير، للحد في نهاية المطاف من نفايات المواد البلاستيكية التي تدخل البيئة، استجابة لضغوط شعبية، هي موضع ترحيب، ولكن لا يزال يتعين على جميع الدول بذل مزيد من الجهود إذا ما أريدِ تحقيق تخفيض كبير بحلول عام 2025.

3-2-2 - تقييم التغيرات الجيوكيميائية الإحيائية في المحيطات (المؤشران 14-2-1 و 14-3-1 من مؤشرات أهداف التنمية المستدامة)

أسفرت أعمال النمذجة عن الجداول الزمنية اللازمة لتقييم الاتجاهات الناجمة عن تغير المناخ في المحيطات المفتوحة وكشف تلك الاتجاهات (Henson and others, 2016)، ويشار إليها على أنها فترة لظهور الاتجاه. ويلزم الحصول على بيانات متسلسلة زمنيا لمدة 14 سنة (الرقم الهيدروجيني) و 32 سنة (إنتاجية أولية) للتمييز بين تغير المناخ والتقلبات الطبيعية. وكذلك، فإن بيانات الرقم الهيدروجيني والضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون التي جُمعت في مواقع متسلسلة زمنيا في المحيطات المفتوحة تشير إلى مدة تتراوح ما بين 8 و 15 سنة للحصول على فترة ظهور الاتجاه (Sutton and others, 2019). وسيتطلب تطوير مواقع جديدة متسلسلة زمنيا في المحيطات المفتوحة وتمديد الموجود منها استثمارات في كل من التكنولوجيا والقدرات البشرية (Miloslavich and others, 2019).

3-2-3 - المحميات البحرية (المؤشران 14-5-1 و 14-ج-1 من مؤشرات أهداف التنمية المستدامة)

يجري حاليا تصنيف مساحات شاسعة متزايدة من المحيطات المفتوحة في عداد المحميات البحرية أو المناطق البحرية المحمية، ولا سيما في المحيط الهادئ (مثلا المنطقة المحمية البحرية "رابا نوي" (Rapa Nui) في شيلي، ومعلم "باباهانوموكواكي" الوطني البحري (Papahānaumokuākea) في الولايات المتحدة الأمريكية)، وستكون إدارة تلك المناطق البحرية المحمية محفوفة بالمصاعب (Norse, 2005). وستسهم جميع تلك المناطق البحرية المحمية في تحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة، على الرغم من أنه لا يزال يتعين إحراز مزيد من التقدم (Lubchenco and Grorud-Colvert, 2015)، حيث لا يوجد سوى عدد قليل من تلك المناطق في مناطق واقعة خارج حدود الولاية الوطنية. وستشكل الوثيقة الختامية للمؤتمر الحكومي الدولي لوضع صك دولي ملزم قانونا في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار بشأن حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام خطوة أساسية لوضع الإطار القانوني للمناطق البحرية المحمية في أعالي البحار (انظر أيضا الفصل 27).

3-2-4 - مصائد الأسماك (المؤشر 14-4-1 من مؤشرات أهداف التنمية المستدامة)

إن تحقيق التنمية المستدامة لمصائد الأسماك في المحيطات المفتوحة ينطوي على تعقيدات حتى بوجود العديد من الأطر القانونية في كل منطقة من المناطق (انظر المؤشرين 14-5-1 و 14-ج-1 المذكورين أعلاه، من مؤشرات

[2] انظر قراري الجمعية العامة 70/1 و 71/313، المرفق.

أهداف التنمية المستدامة، والمؤشر 14-6 (الإعانات) ينطبق أيضا هنا)، وهي على الأرجح ناتجة عن قصور معرفي بالبنية العامة للنظم الإيكولوجية للمحيطات المفتوحة ووظائف تلك النظم. وعلى وجه الخصوص، فإن التطوير المحتمل لقطاع بالاعتماد على أسماك المنطقة المتوسطة العمق سيتطلب صقل أساليب تقييم الثروة السمكية وإدخال تكنولوجيات جديدة ونُهج للنمذجة (Hidalgo and Browman, 2019). وسيؤثر تغير المناخ أيضا على النظم الإيكولوجية للمحيطات المفتوحة ومصائد الأسماك المرتبطة بها (Barange and others, 2018). ولا يزال الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم أحد أكبر الأخطار التي تهدد استدامة مصائد الأسماك، كما يشكّل تحديا عالميا.

5-2-3 - موارد البحث المتعلقة بالتكنولوجيا البحرية (المؤشر 14-أ-1 من مؤشرات أهداف التنمية المستدامة)

لا بد من توفير مزيد من الموارد للبحوث والتكنولوجيا البحرية وبناء القدرات، التقنية والبشرية على السواء، من أجل جمع المعارف المتعلقة بالمحيطات المفتوحة وتفسير تلك المعارف ونشرها. وذلك يشمل تطوير التعاون على نطاق أحواض المحيطات من خلال النظام العالمي لرصد المحيطات والمنظمات ذات الصلة. وينبغي للأنشطة المضطلع بها في إطار عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (2021-2030)[3] أن تعود بفائدة جمة في تحقيق ذلك المؤشر.

4 - التغيرات والنتائج الرئيسية في مناطق معينة

1-4 - المحيط المتجمد الشمالي

يتواصل احترار منطقة القطب الشمالي بسرعة، مع ما يترتب على ذلك من خسارة للجليد العائم المتعدد السنوات مما يؤثر على النظم الإيكولوجية في المحيط المتجمد الشمالي المفتوح، إلى جانب الاحترار العالمي وتحمّض المحيطات. وذلك يمكن أن يؤدي إلى تغيرات رئيسية في الإنتاجية الأولية والتنوع البيولوجي وعمل النظام الإيكولوجي. وإضافة إلى ذلك، فإن تحول الكثير من أنواع شمال المحيط الأطلسي صوب القطب (انظر أدناه) يؤدي إلى تزايد التعدي على المنطقة القطبية الشمالية.

2-4 - المحيط الأطلسي الشمالي وبحر البلطيق والبحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال

يتسبب احترار المحيطات حاليا في تحول الكثير من الأنواع صوب القطب مع احتمال حدوث تغيرات في عمل النظام الإيكولوجي. ومن المرجح أن تزداد البحار الإقليمية تأثرا بالتلوث الناجم عن المواد البلاستيكية الدقيقة ما لم تخفَّض مصادر تلك المواد الوافدة إلى المحيطات المفتوحة انخفاضا كبيرا.

3-4 - منطقة شمال الأطلسي الاستوائية ومنطقة البحر الكاريبي

من المرجح أن يزداد تأثير تكاثر طحالب السرغس على منطقة البحر الكاريبي في السنوات القادمة (Putman and others, 2018)، ويُرجح أن يكون لذلك تأثير في تلك المنطقة سلبيا على السياحة، على الرغم من أنه قد يوفر، في مناطق أخرى، فرصا جديدة (Milledge and Harvey, 2016). ويشكل تكاثر طحالب السرغس الكبيرة بنية مادية واسعة على السطح تحجب المياه الواقعة تحته، مما يؤثر على إنتاجية العوالق النباتية، ولكن ذلك يؤدي أيضا إلى تجمّع الأسماك في الظلال تحت كتل السرغس الطافية. وتتسبب بنية الحركة الدائرية لتيارات شمال المحيط الأطلسي حاليا في تركيز المواد

[3] انظر قرار الجمعية العامة 72/73، الفقرة 292.

البلاستيكية الكبيرة والدقيقة في "رقعة القمامة" (Poulain, 2019). وقد يؤثر اشتداد الأعاصير على عمليات الخلط المتوسطة النطاق إلى الواسعة النطاق.

4-4 - جنوب المحيط الأطلسي

إن موجات الحر الشديد البحرية باتت أكثر شيوعا في جنوب المحيط الأطلسي مع ما يترتب على ذلك من آثار جسيمة على أنماط المناخ، وبالتالي على توزيع ووفرة الأرصدة السمكية. وتشمل ظاهرة سلبية جانبية أخرى زيادة تواتر العواصف المدارية في جنوب المحيط الأطلسي في ظل تغير المناخ.

4-5 - المحيط الهندي وبحر العرب وخليج البنغال وخليج عدن والخليج الفارسي

مع احترار المحيط الهندي نتيجة لتغير المناخ، من المرجح أن تزداد موجات الحر البحرية الشديدة عددا في الهند في المستقبل، مما سيؤدي إلى تغيرات في عمل النظام الإيكولوجي وديناميات، مع ما يترتب على ذلك من آثار على المجتمعات المحلية في المنطقة التي تعتمد على صيد الأسماك.

4-6 - شمال المحيط الهادئ

من المرجح أن تتأثر الحركة المائية الدائرية في شمال المحيط الهادئ تأثرا أكبر بالتلوث بالمواد البلاستيكية الدقيقة، غير أن الآثار المحتملة لذلك على النظم الإيكولوجية البحرية ليست معروفة أو مفهومة تماما بعدُ. ومن المرجح أيضا أن يتسبب احترار المحيطات وتحمضها وتناقص الأكسجين فيها في إحداث تغيرات في النظم الإيكولوجية البحرية وفي الإنتاجية. ويؤثر ازدياد موجات الحر الشديد البحرية على النظم الإيكولوجية في شمال شرق المحيط الهادئ، مما يؤدي إلى ازدهار الهلاميات النارية وإلى تضور الطيور التي تقتات على الأسماك جوعا (Piatt and others, 2020).

4-7 - المحيط الهادئ الجنوبي

من المرجح أن تصبح موجات الحر البحرية الشديدة أكثر تواترا وحدة في المستقبل. ويُتوقع أن تتوسع منطقة الحد الأدنى للأكسجين في منطقة الشرق المدارية لجنوب المحيط الهادئ سواء أفقيا أو رأسيا، مما سيكون له أثر على توزّع الأرصدة السمكية غير القاعية. وفيما يخص جزر المحيط الهادئ المعتمدة على المحيط، فمن المرجح أن يكون لتغير المناخ تأثير كبير على سبل العيش والصحة والثقافة.

4-8 - المحيط الجنوبي

يتواصل احترار المحيط الجنوبي، وتمثل زيادة درجة حرارته أكبر نسبة من الزيادة العالمية للحرارة في المحيطات (IPCC, 2019). ومن العواقب المحتملة لذلك زيادة انكماش موطن الجليد البحري الخاص بالكريل صوب الجنوب، والتحول نحو حالات تهيمن فيها رتبة السالبيات، مما سيؤثر على الكائنات المنتمية إلى المستويات العليا للسلسلة الغذائية (الفقمات "عجول البحر"، والحيتان، والبطاريق) التي يشكل نوع الكريل الفريسة الرئيسية لها. وسيواصل المحيط الجنوبي إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى انخفاض الرقم الهيدروجيني، مع احتمال زيادة انخفاض معدلات التكلس.

5 - آفاق المستقبل

5-1 - المحيطات المفتوحة في المستقبل القريب

على مدى العقود المقبلة، سترتفع درجة حرارة المحيطات المفتوحة، وسيتناقص الأكسجين فيها، وتزداد حموضتها بسبب آثار تغير المناخ (IPCC, 2019). وسيؤدي تباين الجداول الزمنية لعوامل الإجهاد تلك والتفاعلات المتعددة فيما بينها إلى تغييرات في عمل النظام الإيكولوجي وبنيته على مجموعة متنوعة من النطاقات الزمنية والمكانية. وسيتفاوت الإطار الزمني لتلك الآثار إقليميا، وسيستغرق وقتا أطول حتى يتجلى في العمق بسبب حجم المحيطات السحيقة وبطء دورانها.

5-2 - عواقب التغيرات الجارية في المحيطات المفتوحة على النظم الإيكولوجية

إن التغير العالمي يلقي حاليا بظلاله على خدمات النظم الإيكولوجية في المحيطات المفتوحة (الاقتصاد الأزرق)، غير أنه يصعب التنبؤ بالتغيرات المستقبلية بسبب التداخل بين الآثار الناجمة عن عوامل إجهاد متعددة (Boyd and others, 2018). ويُتوقع أن يتسبب تقلص الموائل، بسبب توسّع مناطق الحد الأدنى من الأكسجين واستمرار بعض الأصناف الحيوانية الرئيسية في الهجرة صوب القطب، في إحداث تغيير مستمر في النظم الإيكولوجية للمحيطات المفتوحة. وستؤثر التغيرات في الإنتاجية والمضخة البيولوجية على احتجاز الكربون في أعماق البحار.

5-3 - الآثار الاجتماعية والاقتصادية للتغيرات الجارية في المحيطات المفتوحة

إن التغيرات الجارية في المحيطات المفتوحة سيكون لها أثر اجتماعي واقتصادي واسع النطاق بمرور الوقت، حيث سيتعين أن تتكيف الأنشطة ذات الصلة مع تلك التغيرات (مثلا هجرة أنواع الأسماك بسبب الاحترار وتناقص الأكسجين، وزيادة أعشاب السرغس البحرية) وأن تخفّف من آثارها (مثلا التلوث بالمواد البلاستيكية الدقيقة، والانبعاثات البحرية) في مواجهة ذلك. كما أن إنشاء محميات بحرية ومناطق محمية واسعة النطاق في المحيطات المفتوحة كإجراءات لتحقيق أهداف التنمية المستدامة سيتطلب اتفاقات دولية جديدة بشأن إنشاء ورصد تلك المناطق. وستقتضي زيادة الطلب على عمليات المراقبة العالمية للمحيطات المفتوحة (Levin and others, 2019؛ و Miloslavich and others, 2018) مزيدا من الاستثمار في كل من المعدات والقدرات البشرية لتفسير البيانات وإبداء تقييمات حصيفة من أجل إسداء المشورة في وضع السياسات وتنفيذها.

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال المعرفة

لا يعرف سوى أقل القليل عن النظم الإيكولوجية للمحيطات المفتوحة، وعن تأثير العوامل المحركة الفيزيائية على التنوع البيولوجي فيها. ومن الأهمية البالغة أن استكشاف المناطق المتوسطة العمق والمناطق الأعمق من المحيط ناقص بشكل حاد ويوجد قصور في فهمها، بما في ذلك حركات التبادل بين الطبقات العميقة والعليا للمحيطات، وعلى رأسها الهجرة الرأسية اليومية للكائنات الحية. وثمة أيضا حاجة إلى ضمان جمع معلومات أساسية (التصنيف التقليدي، مثلا) عن الأنواع التي تعيش في تلك البيئات، حيث إن بيانات فروع العلوم البيولوجية الشاملة ليست سوى واحدة من العديد من الخيوط التي يُستفاد منها في فهم التنوع البيولوجي (Boero, 2010).

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

إن مواصلة تطوير منصة آرغو العائمة لجمع البيانات في المياه العميقة ومنصات أخذ العينات المرتبطة بها (من قبيل أجهزة رسم المقاطع الجانبية الفيديوية تحت الماء (Underwater Video Profilers)، وأجهزة أخذ عينات الحمض النووي البيئي (eDNA)، وأجهزة الاستشعار الجيوكيميائية الإحيائية) للمياه المتوسطة العمق (Martin and others, 2020) والمياه الأعمق أمر بالغ الأهمية لتحسين فهم هذه المنطقة الشاسعة من المحيطات. وقد ساعدت أنشطة أجريت مؤخرا، من قبيل مؤتمر رصد المحيطات لعام 2019 (OceanObs19)، على تحديد الثغرات الكامنة في مجال القدرات على نطاق الحوض المحيطي، ولذلك ينبغي توجيه الجهود نحو الدول التي تعمل معا من أجل تحقيق تغطية كافية لعلم البحار والمحيطات الرصدي على هذه النطاقات. ويشكّل توفير التعليم والتدريب للجيل القادم من الباحثين في جميع جوانب البحوث البحرية عاملا أساسيا من عوامل تنمية القدرات البشرية على الاستفادة إلى أقصى حد من التكنولوجيات الجديدة لهذا الغرض (Levin and others, 2019).

المراجع

Aberle, Nicole, and others (2012). Warming induces shifts in microzooplankton phenology and reduces time-lags between phytoplankton and protozoan production. *Marine Biology*, vol. 159, No. 11, pp. 2441–2453.

Ainsworth, Cameron H., and others (2018). Impacts of the Deepwater Horizon oil spill evaluated using an end-to-end ecosystem model. *PloS One*, vol. 13, No. 1, e0190840.

Barange, Manuel, and others (2017). The cost of reducing the North Atlantic Ocean biological carbon pump. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 290.

Barange, Manuel, and others, eds. (2018). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 627. Rome: FAO.

Barton, A.D., and others (2016). Anthropogenic climate change drives shift and shuffle in North Atlantic phytoplankton communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, pp. 2964–2969.

Behrenfeld, Michael J., and others (2016). Revaluating ocean warming impacts on global phytoplankton. *Nature Climate Change*, vol. 6, No. 3, p. 323.

Behrenfeld, Michael J., and others (2019). Global satellite-observed daily vertical migrations of ocean animals. *Nature*, vol. 576, No. 7786, pp. 257–61. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1796-9.

Beman, J. Michael, and others (2011). Global declines in oceanic nitrification rates as a consequence of ocean acidification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, No. 1, pp. 208–213.

Beman, J. Michael, and Molly T. Carolan (2013). Deoxygenation alters bacterial diversity and community composition in the ocean's largest oxygen minimum zone. *Nature Communications*, vol. 4, art. 2705.

Bennke, Christin M., and others (2016). Modification of a high-throughput automatic microbial cell enumeration system for shipboard analyses. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 82, No. 11, pp. 3289–3296.

Bertagnolli, Anthony D., and Frank J. Stewart (2018). Microbial niches in marine oxygen minimum zones. *Nature Reviews. Microbiology*, vol. 16, No. 12, pp. 723–729.

Boero, Ferdinando (2010). The Study of Species in the Era of Biodiversity: A Tale of Stupidity. *Diversity*, vol. 2. https://doi.org/10.3390/d2010115.

Boscolo-Galazzo, Flavia, and others (2018). Temperature dependency of metabolic rates in the upper ocean: A positive feedback to global climate change? *Global and Planetary Change*, vol. 170, pp. 201–212.

Boyce, Daniel G., and others (2017). Environmental structuring of marine plankton phenology. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No. 10, p. 1484.

Boyd, Philip W., and others (2015). Biological ramifications of climate-change-mediated oceanic multi-stressors. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 1, p. 71.

Boyd, Philip W., and others (2018). Experimental strategies to assess the biological ramifications of multiple drivers of global ocean change—a review. *Global Change Biology*, vol. 24, No. 6, pp. 2239–2261.

Boyd, Philip W., and others (2019). Multi-faceted particle pumps drive carbon sequestration in the ocean. *Nature*, vol. 568, No. 7752, pp. 327–335.

Brander, Keith (2010). Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, vol. 79, Nos. 3–4, pp. 389–402.

Cavan, Emma Louise, and others (2019). The sensitivity of subsurface microbes to ocean warming accentuates future declines in particulate carbon export. *Frontiers in Ecology and Evolution*, vol. 6, pp. 1–10.

Chassot, Emmanuel, and others (2010). Global marine primary production constrains fisheries catches. *Ecology Letters*, vol. 13, No. 4, pp. 495–505.

Cheng, Lijing, and others (2017). Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015. *Science Advances*, vol. 3, No. 3, e1601545.

Cheng, Lijing, and others (2019). How fast are the oceans warming? *Science*, vol. 363, No. 6423, pp. 128–129.

Costello, Mark John, and others (2010). Surface area and the seabed area, volume, depth, slope, and topographic variation for the world's seas, oceans, and countries. *Environmental Science & Technology*, vol. 44, No. 23, pp. 8821–8828.

Delory, Eric, and others (2014). Developing a new generation of passive acoustics sensors for ocean observing systems. In *2014 IEEE Sensor Systems for a Changing Ocean (SSCO)*, pp. 1–6. IEEE.

Deutsch, Curtis, and others (2015). Climate change tightens a metabolic constraint on marine habitats. *Science*, vol. 348, No. 6239, pp. 1132–1135.

Duarte, Carlos M., and others (2013). Is ocean acidification an open-ocean syndrome? Understanding anthropogenic impacts on seawater pH. *Estuaries and Coasts*, vol. 36, No. 2, pp. 221–236.

Free, Christopher M., and others (2019). Impacts of historical warming on marine fisheries production. *Science*, vol. 363, No. 6430, pp. 979–983.

Frölicher, Thomas L., and others (2018). Marine heatwaves under global warming. *Nature*, vol. 560, No. 7718, p. 360.

Gaines, Steven D., and others (2018). Improved fisheries management could offset many negative effects of climate change. *Science Advances*, vol. 4, No. 8, eaao1378.

Gehlen, Marion, and others (2011). Biogeochemical consequences of ocean acidification and feedbacks to the Earth system. *Ocean Acidification*, vol. 1, pp. 230–248.

Gehlen, Marion, and others (2014). Projected pH reductions by 2100 might put deep North Atlantic biodiversity at risk.

Gruber, Nicolas, and others (2019). The oceanic sink for anthropogenic CO_2 from 1994 to 2007. *Science*, vol. 363, No. 6432, pp. 1193–1199.

Halpern, Benjamin S., and others (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications*, vol. 6, art. 7615.

Harcourt, Rob, and others (2019). Animal-borne telemetry: an integral component of the ocean observing toolkit. *Frontiers in Marine Science*.

Henson, Stephanie A., and others (2016). Observing climate change trends in ocean biogeochemistry: when and where. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 4, pp. 1561–1571.

Hidalgo, Manuel, and Howard I. Browman (2019). *Developing the Knowledge Base Needed to Sustainably Manage Mesopelagic Resources*. Oxford University Press.

Hobday, Alistair J., and others (2016). A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, vol. 141, pp. 227–238.

Holbrook, Neil J., and others (2019). A global assessment of marine heatwaves and their drivers. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, art. 2624.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate,* H-O. Pörtner and others, eds.

Irigoien, Xabier, and others (2014). Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean. *Nature Communications*, vol. 5, art. 3271.

Jones, Kendall R., and others (2018). The location and protection status of Earth's diminishing marine wilderness. *Current Biology*, vol. 28, No.15, pp. 2506–2512.

Keogan, Katharine and others (2018). Global phenological insensitivity to shifting ocean temperatures among seabirds. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 4, pp. 313–18. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0115-z.

Kroodsma, David A., and others (2018). Tracking the global footprint of fisheries. *Science*, vol. 359, No. 6378, pp. 904–908.

Kwiatkowski, Lester, and others (2017). Emergent constraints on projections of declining primary production in the tropical oceans. *Nature Climate Change*, vol. 7, No. 5, p. 355.

Lebreton, Laurent, and others (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 4666.

Lebreton, Laurent, and Anthony Andrady (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, vol. 5, No. 1, art. 6.

Levin, Lisa A. (2018). Manifestation, drivers, and emergence of open ocean deoxygenation. *Annual Review of Marine Science*, vol. 10, pp. 229–260.

Levin, Lisa A., and others (2019). Global observing needs in the deep ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 241.

Lombard, Fabien, and others (2019). Globally consistent quantitative observations of planktonic ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 196.

Lubchenco, Jane, and Kirsten Grorud-Colvert (2015). Making waves: the science and politics of ocean protection. *Science*, vol. 350, No. 6259, pp. 382–383.

Martin, Adrian, and others (2020). The oceans' twilight zone must be studied now, before it is too late. *Nature*, vol. 580, pp. 26–28.

Martinetto, Paulina, and others (2020). Linking the scientific knowledge on marine frontal systems with ecosystem services. *Ambio*, vol. 49, No. 2, pp. 541–556. https://doi.org/10.1007/s13280-019-01222-w.

McClain, Craig R., and others (2019). Persistent and substantial impacts of the Deepwater Horizon oil spill on deep-sea megafauna. *Royal Society Open Science*, vol. 6, No. 8, 191164.

Milledge, John J., and Patricia J. Harvey (2016). Golden tides: problem or golden opportunity? The valorisation of *Sargassum* from beach inundations. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 4, No. 3, art. 60.

Miloslavich, Patricia, and others (2019). Challenges for global ocean observation: the need for increased human capacity. *Journal of Operational Oceanography*, vol. 12, No. sup2, pp. S137–S156.

Monllor-Hurtado, Alberto, and others (2017). Shift in tuna catches due to ocean warming. *PloS One*, vol. 12, No. 6, e0178196.

Norse, Elliott (2005). Pelagic protected areas: the greatest parks challenge of the 21st century. *Parks*, vol. 15, pp. 32–39.

Oliver, Eric C.J., and others (2018). Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 1324.

Piatt, John F., and others (2020). Extreme mortality and reproductive failure of common murres resulting from the northeast Pacific marine heatwave of 2014–2016. *PLoS One*, vol. 15, No. 1, pp. 1–32. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226087.

Pinsky, Malin L., and others (2019). Greater vulnerability to warming of marine versus terrestrial ectotherms. *Nature*, vol. 569, No. 7754, p. 108.

Pinsky, Malin L., and others (2020). Climate-driven shifts in marine species ranges: scaling from organisms to communities. *Annual Review of Marine Science*, vol. 12, No. 1, pp. 153–79. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010419-010916.

Pohlot, Bruce G., and Nelson Ehrhardt (2017). An analysis of sailfish daily activity in the Eastern Pacific Ocean using satellite tagging and recreational fisheries data. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 2, pp. 871–879.

Poulain, Marie, and others (2019). Small microplastics as a main contributor to plastic mass balance in the North Atlantic subtropical gyre. *Environmental Science & Technology*, vol. 53, pp. 1157–1164.

Putman, Nathan F., and others (2018). Simulating transport pathways of pelagic *Sargassum* from the Equatorial Atlantic into the Caribbean Sea. *Progress in Oceanography*, vol. 165, pp. 205–214.

Rahmstorf, S., and others (2015). Exceptional twentieth-century slowdown in Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 5, pp. 475–480.

Ramirez-Llodra, Eva, and others (2015). Submarine and deep-sea mine tailing placements: a review of current practices, environmental issues, natural analogs and knowledge gaps in Norway and internationally. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 97, Nos. 1–2, pp. 13–35.

Record, Nicholas, and others (2019). Rapid climate-driven circulation changes threaten conservation of endangered North Atlantic right whales. *Oceanography*, vol. 32, No. 2.

Reygondeau, Gabriel, and others (2018). Global biogeochemical provinces of the mesopelagic zone. *Journal of Biogeography*, vol. 45, No. 2, pp. 500–514.

Robinson, Carol (2019). Microbial respiration, the engine of ocean deoxygenation. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 533.

Robinson, Carol, and others (2010). Mesopelagic zone ecology and biogeochemistry – a synthesis. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 57, No. 16, pp. 1504–1518.

Rodrigues, Regina, and others (2019). Common cause for severe droughts in South America and marine heatwaves in the South Atlantic. *Nature Geoscience*, vol. 12. https://doi.org/10.1038/s41561-019-0393-8.

Roemmich, Dean, and others (2019). On the future of Argo: a global, full-depth, multi-disciplinary array. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6.

Rudnick, Daniel L. (2016). Ocean research enabled by underwater gliders. *Annual Review of Marine Science*, vol. 8, pp. 519–541.

Schlitzer, Reiner and others (2018). The GEOTRACES Intermediate Data Product 2017. *Chemical Geology*, vol. 493, pp. 210–223. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.05.040.

Sloyan, B.M., and others (2019). The Global Ocean Ship-Based Hydrographic Investigations Program (GO-SHIP): a platform for integrated multidisciplinary ocean science. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 445. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00445.

Smale, Dan A., and others (2019). Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change*, vol. 9, No. 4, p. 306.

Somavilla, R., and others (2017). The warmer the ocean surface, the shallower the mixed layer. How much of this is true? *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 122, No. 9, pp. 7698–7716.

St. John, Michael A., and others (2016). A dark hole in our understanding of marine ecosystems and their services: perspectives from the mesopelagic community. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 31.

Stramma, Lothar, and others (2012). Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes. *Nature Climate Change*, vol. 2, No. 1, p. 33.

Sumaila, U. Rashid, and others (2019). Benefits of the Paris Agreement to ocean life, economies, and people. *Science Advances*, vol. 5, No. 2, eaau3855.

Sundby, Svein, and others (2016). The North Atlantic spring–bloom system – where the changing climate meets the winter dark. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 28.

Sutton, Adrienne J., and others (2019). Autonomous seawater pCO_2 and pH time series from 40 surface buoys and the emergence of anthropogenic trends. *Earth System Science* Data, p. 421.

Sutton, T.T. (2013). Vertical ecology of the pelagic ocean: classical patterns and new perspectives. *Journal of Fish Biology*, vol. 83, No. 6, pp. 1508–1527.

Tiano, Laura, and others (2014). Oxygen distribution and aerobic respiration in the north and south eastern tropical Pacific oxygen minimum zones. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 94, pp. 173–183.

Tournadre, Jean (2014). Anthropogenic pressure on the open ocean: The growth of ship traffic revealed by altimeter data analysis. *Geophysical Research Letters*, vol. 41, No. 22, pp. 7924–7932.

Truelove, Nathan K., and others (2019). A rapid environmental DNA method for detecting white sharks in the open ocean. *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 10, No. 8, pp. 1128–1135. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13201.

Trueman, Clive N., and others (2014). Trophic interactions of fish communities at midwater depths enhance long–term carbon storage and benthic production on continental slopes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281.

United Nations (2017a). Chapter 36F: Open ocean deep sea. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Van Sebille, Erik, and others (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, vol. 10, No. 12, 124006.

Vare, Lindsay L., and others (2018). Scientific considerations for the assessment and management of mine tailings disposal in the deep sea. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 17.

Watson, Reg A., and others (2015). Marine foods sourced from farther as their use of global ocean primary production increases. *Nature Communications*, vol. 6, art. 7365.

Watson, Sue–Ann, and others (2018). Ocean warming has a greater effect than acidification on the early life history development and swimming performance of a large circumglobal pelagic fish. *Global Change Biology*, vol. 24, No. 9, pp. 4368–4385.

Wishner, Karen F., and others (2018). Ocean deoxygenation and zooplankton: very small oxygen differences matter. *Science Advances*, vol. 4, No. 12, eaau5180.

Yamahara, Kevan M., and others (2019). In situ autonomous acquisition and preservation of marine environmental DNA Using an autonomous underwater vehicle. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 373. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00373.

Young, Ian R., and Agustinus Ribal (2019). Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height. *Science*, vol. 364, No. 6440, pp. 548–552.

الفصل 7 سين
الأحياد والهضاب والخنادق

المساهمون: أنا كولساو (منظمة الاجتماعات)، وأنجيليكا براندت، وآنا هيلاريو، ونونو لورينسو، وبهافاني إ. نارايانا سوامي، وإيمنتس جورج بريدي، وجوشوا ت. توهوميري (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي)، ومايكل فيكيوني، وهيرومي واتانابي.

النقاط الرئيسية

- تتناول معظمُ الدراسات الحديثة المتعلقة ببيولوجيا الأحياد البيئات كيميائية التخليق (انظر الفصل 7-عين من هذا التقييم).
- وتبين نماذج تغير المناخ أن البيئات غير القاعية ستعاني من انخفاض في الرقم الهيدروجيني، وهو ما سيؤثر على المجتمعات الأحيائية القاعية.
- وتخضع الأحياد والارتفاعات والهضاب والأجراف لضغط بشري ناشئ عن الاستغلال الحالي والمحتمل للموارد، بينما تتراكم الأدلة على التلوث في الخنادق.
- وقد أدى ضعف هذه النظم الإيكولوجية أمام الضغوط البشرية، على حد سواء، إلى زيادة الوعي المجتمعي وإلى وضع ضوابط جديدة.

1 - مقدمة وموجز التقييم العالمي الأول للمحيطات

خُصص الفصل 51 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a) لمعالم أعماق البحار التي يُنظر إليها على أنها مهددة احتمالا بسبب الاضطرابات التي يسببها البشر. وهذه المعالم، بما في ذلك الجبال البحرية، والأحياد، والهضاب، والأخاديد المغمورة، وخنادق الهدال، كلها معقدة من الناحية الطبوغرافية والهيدروغرافية. ومن بين هذه المعالم، ينظر هذا التقييم في الجبال البحرية (الفصل 7-لام) والأخاديد (الفصل 7-ياء) في أماكن أخرى، إلى جانب المنافث الحرارية المائية وغيرها من النظم البيئية كيميائية التخليق (الفصل 7-عين)، التي كانت مشمولة أيضاً بشكل منفصل في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017b). وبالنسبة لكل من المعالم التي جرى النظر فيها، قدم الفصل 51 وصفا مفصلا، بما في ذلك الجيولوجيا والخصائص الأوقيانوغرافية الفيزيائية، والمدى (عدد كل معلم من المعالم علاوة على النسبة المئوية للمنطقة المحيطية) والخصائص الإيكولوجية، مثل التنوع البيولوجي والجغرافيا الأحيائية. ووثق أيضاً الآثار البشرية المنشأ على هذه المعالم، مسلطا الضوء على صيد الأسماك (بما في ذلك إزالة الأنواع والكتلة الأحيائية، علاوة على الآثار المادية لأنشطة الصيد على المجتمعات الأحيائية القاعية المكونة لهياكل)، وتغير المناخ (بما يشمل التحمض وتناقص الأكسجين، إلى جانب ارتفاع درجات الحرارة)، والتلوث، وإلقاء النفايات، والتعدين. ويستند هذا الفصل إلى هذه الخلفية من خلال التركيز على التغيرات والمعارف الجديدة المكتسبة منذ عام 2010 فيما يتعلق بالأحياد والهضاب وخنادق الهدال.

1-1 - الأحياد

تُقسِّم الأحياد وسط المحيط أحواضَ المحيطات الرئيسية (الشكل الأول)، بيد أن مناطق الصدع التي تتخللها تسمح بحركة المياه العميقة والكائنات الحية في الأعماق السحيقة (انظر الفصل 7-عين) بين الحوضين على جانبي الحيد. ويتناول الفصل 7-صاد المنافث الحرارية المائية النشطة التي غالبا ما تكون مرتبطة بالارتفاعات المتطاولة في وسط المحيط (Beaulieu and others، 2013)، في حين أن الفصل 7-لام يدرس الجبال البحرية المرتبطة بالأحياد. ومن حيث الجغرافيا الأحيائية، يبدو أن الأحياد عموماً متصلة بالحيوانات في الأحواض المجاورة أو المنحدرات القارية (Vallina and others, 2013؛ Watling and others, 2013). ويمكن أن تحتضن الأحياد لافقاريات قاعية مكونة لهياكل مثل مرجانيات المياه الباردة (الفصل 7-هاء) والإسفنجيات، التي يصنف بعضها على أنه نوع من الأنواع الكاشفة للنظم الإيكولوجية البحرية الهشة على النحو الذي حددته منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (Food

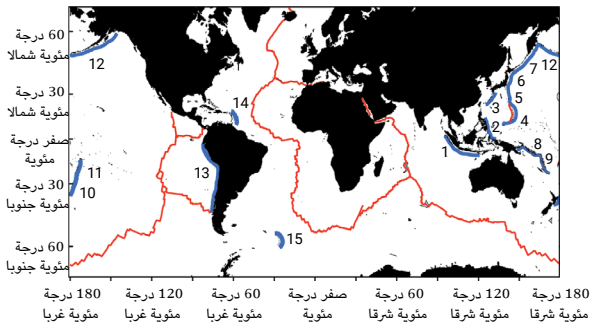
and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009). وتعد المنحدرات الجزرية وقمم الجبال البحرية (الفصل 7-لام) المرتبطة بالأحياد المحيطية من المناطق الهامة بالنسبة لأنشطة صيد الأسماك. وتقع معظم الأحياد خارج المناطق الاقتصادية الخالصة (Harris and Whiteway, 2009).

1-2 - خنادق الهدال

تعد بيئات الهدال مجهولة نسبيا بسبب ما تطرحه من تحديات فيما يخص الوصول إلى الأعماق السحيقة. غير أن جميع الخنادق توجد، بسبب مواقعها على حواف اندساس الصفائح التكتونية، على مقربة من الكتل الأرضية أو الجزر وتقع كليا أو جزئيا داخل المناطق الاقتصادية الخالصة. فعلى سبيل المثال، يقع خندق ماريانا، القريب من أراضي تطالب بها الولايات المتحدة، بالكامل تقريباً داخل المنطقة الاقتصادية الخالصة للولايات المتحدة، في حين يقطع خندق كيرمديك - تونغا المنطقتين الاقتصاديتين الخالصتين لنيوزيلندا وتونغا (Flanders Marine Institute, 2018). وهكذا، فبينما يرجح أن كل الخنادق تقع في حدود ولاية وطنية واحدة، فإن بعضها تتقاسمه عدة دول، ويوجد، في مثل هذه الحالات، تباين كبير بين القدرات التقنية لهذه الدول المختلفة على رصد وإدارة التهديدات التي تتعرض لها بيئات الهدال. وتشغل منطقة الهدال، التي يزيد عمقها عن 6 000 متر، 45 في المائة من مجموع مساحة أعماق المحيطات، ولكنها لا تمثل سوى 0.404 في المائة من مجموع مساحة المحيطات. وفي هذه المنطقة، يبلغ عمق 95 من الأحواض أو الخنادق المميزة 7 000 متر أو أكثر، وأهمها 15 خندقا معترفا به (Priede, 2017) (الشكل الأول). ولأغراض بيولوجية، أعادت منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة تعيين الحدود العليا لمنطقة الهدال في عمق 6 500 متر لكي تعكس الحدود الفاصلة بين الحيوانات التي تعيش في الأعماق السحيقة المنتشرة على نطاق عالمي والحد الأعلى للحيوانات التي لا تعيش سوى في الهدال (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)، 2009). وباستثناء ما يميز البيئة في خنادق الهدال من ضغط أعلى، فإن هذه البيئة أشبه بالبيئة السائدة في معظم البحار العميقة التي تتميز بتيارات بطيئة تتراوح سرعتها ما بين 1 و 8 سنتيمترات في الثانية، وتحمل مياه تناهز درجة حرارتها درجتين مئويتين وتحتوي على كمية من الأكسجين (3,43 مليلتر لكل لتر) تكفي لدعم أشكال الحياة المعتمدة على الأكسجين، إلى جانب بطء نزول المواد العضوية الجسيمية الموفرة للغذاء من السطح (Jamieson and others, 2010).

الشكل الأول

خريطة للعالم توضح خنادق الهدال ونظام الأحياد وسط المحيطية



المصدر: مقتبس بتصرف من Bird, 2003.

ملاحظات: الخطوط الزرقاء تمثل خنادق الهدال (أعماق تتجاوز 6 000 متر تحت مستوى سطح البحر): 1- جافا، 2- الفلبين، 3- ريوكيو، 4- ماريانا، 5- ايزو بونين، 6- اليابان، 7- كوريل - كامتشاتكا، 8- بريطانيا الجديدة، 9- جنوب سليمان، 10- كيرمديك، 11- تونغا، 12- ألوتيان، 13- إكوادور إلى تشيلي، 14- بورتو ريكو، 15- ساوث ساندويتش/إسلاس ساندويتش ديل سور. وتمثل الخطوط الحمراء نظام الأحياد وسط محيطية في العالم.

1-3 - الهضاب والارتفاعات والأجراف

تعد الهضاب والارتفاعات والأجراف معالم طبوغرافية كبيرة ومسطحة نسبيا، تُعرَف على أنها شظايا قارية أو قارات صغيرة، وغالبا ما تفصلها قنوات مائية عميقة عن القارات الرئيسية. وحتى الآن، فقد رسمت خرائط تخص 184 هضبة (Harris and others 2014)، تغطي حوالي 5 في المائة من المساحة التي تشغلها محيطات العالم. وعلى الرغم من أن الهضاب توجد في جميع محيطات العالم، فإنها أكثر انتشارا في المحيط

الهندي (مثل هضبتا كيرغولين وماكارين)، وجنوب المحيط الهادئ (هضبتا تشالنجر وكامبل)، وهو ما يعكس ما اعترف به مؤخرا من أنها ناتجة عن تفكك تكتوني لقارة غونداوانا الكبرى (Mortimer and others, 2017). وقد يكون هناك تشابه كبير فيما يخص تنوع الحيوانيات وتكوينها مع التنوع الذي تتميز به الأجراف القارية والمنحدرات والأجراف القريبة (Narayanaswamy and others, 2013). بيد أن من شأن التعقيد الطوبوغرافي والأوقيانوغرافي، مقرونا بتوافر الغذاء، أن يكون له تأثير كبير على تكوين المجتمعات الأحيائية وتنوعها (Compton and others, 2013؛ Kroon and others, 2012). وأفاد Compton and others (2013)، على إثر بحثهم في مجتمعات القشريات المزدوجة الأرجل (amphipod) في جميع أنحاء نيوزيلندا، بوجود وفرة وتنوع بقدر أكبر على ارتفاع تشاثام المتسم بتعقيد أكبر مقارنة مع الطرف الغربي من هضبة تشالنجر المتسمة بقلة إمداداتها الغذائية نسبيا. ومع ذلك، رفض Leduc and others (2012) أن يكون توافر الأغذية محركا أساسيا لتكوين مجتمع السِّلكيات (nematode).

واستهدف صيد الأسماك في المياه العميقة منحدرات الهضاب والارتفاعات والأجراف (مثلا Johnson and others, 2019). وتشكل أيضا الأنشطة الناشئة، مثل التعدين، تهديدات لهذه البيئات (مثلا Leduc and others, 2015).

2 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020

2-1 - المعارف الجديدة المكتسبة منذ عام 2010 وكيف يمكن استخدامها لتقييم التغيرات

لوحظت تغيرات ناجمة عن الضغوط البشرية، وهو ما ينجم عنه تطبيق بعض تدابير حماية الموائل القاعية (الأحياد والخنادق والهضاب) (انظر الجدول أدناه)[1]. وقد نتج تقدم كبير في المعارف عن تعداد الكائنات الحية البحرية، الذي انتهى في عام 2010، ولكن تواصل نشر نتائجه لفترة طويلة حتى العقد الحالي. واستعرضت العديد من هذه المنشورات (2010-2014) لأغراض إنجاز التقييم العالمي الأول للمحيطات. وفيما يلي موجز لأوجه التقدم الأخرى التي أحرزت.

2-1-1 - الأحياد: التنوع البيولوجي وعمل النظام الإيكولوجي

أُبلغ عن إحراز تقدم كبير خلال العقد الماضي في دراسة الأحياد. وتزيد الأحياد وسط المحيطية من عدم التجانس البيئي وتؤثر على المجتمعات الأحيائية (Alt and others, 2019). وفيما يخص أحياد المحيط الهندي، أظهر أول تحقيق مفصل عن تجمعات الحيوانات الضخمة (Sautya and others, 2017) أن الوفرة كانت أعلى في المنطقة غير القاعية العليا ولكنها أقل في المناطق الأعمق في جدران وادي الخسف وقاعه. وقد حسنت عملية مسح قاع البحر مؤخرا في جنوب المحيط الهندي من وضوح الصورة فيما يخص المعالم الكبرى وكشفت عن تنوع وتعقيد لم يكونا معروفين في مورفولوجيا قاع البحر، مما يرجح أن ينعكس في التنوع البيولوجي للمجتمعات الأحيائية القاعية (Picard and others, 2018).

وستُكتشف تعقيدات أخرى في قاع المحيطات العميقة مع استمرار عملية المسح، لا سيما من خلال مبادرات عالمية مثل مشروع المسح "GEBCO-Nippon Foundation Seabed 2030 Project".

وتستوفي أجزاء كبيرة من نظام الأحياد وسط المحيطية معايير منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة المتعلقة

[1] انظر www.mpatlas.org/map/high-seas.

بتحديد النظم الإيكولوجية البحرية الهشة (Morato and others, 2018)، بينما تعتبر أجزاء أخرى منه موائل ذات أولوية تحتاج إلى الحماية بموجب اتفاقيات إقليمية من قبيل اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي[2]. وقد أظهرت دراسات حديثة بشأن الأحياد أهمية الأنواع الكاشفة للنظم الإيكولوجية البحرية الهشة. وتكتسي مجتمعات مرجانيات المياه الباردة وتجمعات الإسفنج أهمية بالنسبة للدورات الجيوكيميائية الإحيائية العالمية ولحلقة الاقتران بين المستويات القاعية وغير القاعية، المسؤولة عن نقل ما يقرب من 30 في المائة من المواد العضوية المنتجة على سطح المحيط وفي قاع البحر (Cathalot and others, 2015).

وتشكل المجتمعات القاعية المتنوعة على طول مرتفع وسط المحيط الأطلسي الشمالي موئلا هيكليا معقدا ثلاثي الأبعاد يوفر الملجأ وفرص التغذية ومناطق التبويض والتفريخ لمجموعة واسعة من الأنواع اللاطئة والمتنقلة ذات الصلة، بما في ذلك الأنواع السمكية والقشريات ذات الأهمية التجارية (Beazley and others, 2013؛ Pham and others, 2015؛ Gomes-Pereira and others, 2017). فعلى سبيل المثال، تبين أن أسماك قرش المياه العميقة تضع بيضها بين مرجانيات المياه الباردة (Henry and others, 2013). إلى جانب ذلك، فإن وجود مستوطنات مرجانية سوداء كبيرة طويلة البقاء (عدة ألفيات) في مرتفع وسط المحيط الأطلسي يدل أيضا على وجود بيئات محفوظة على نحو جيد.

ولا تسمح مناطق الصدع الكبيرة فحسب بتواصل الكتل المائية بين الأحواض التي يفصل بينها مرتفع وسط المحيط الأطلسي، ولكنها يمكن أيضا أن تعمل بمثابة قناة لانتشار اليرقات. وعلى طول منطقة الصدع فيما، كانت وفرة المجموعة الحيوانية العيانية أكثر بشكل عام في الجانب الشرقي مقارنة بالجانب الغربي (Brandt and others, 2018). وقد اكتُسبت الكثير من المعارف الجديدة بشأن الأحياد في السنوات العشر الأخيرة في ضوء الاهتمام بالعثور على الكبريتيدات المتعددة الفلزات وقشور المنغنيز الغنية بالكوبالت المخصب بفلزات قيمة من أجل التعدين. غير أن معظم هذه البيانات لم يجر التطرق إليها هنا لأنها تتعلق بالمنافث الحرارية المائية (انظر الفصل 7-عين). وتقدم الدراسات الجيولوجية والجيوكيميائية والجيوفيزيائية التي أُجريت بغرض تقديمها إلى لجنة حدود الجرف القاري مصدرا رئيسيا آخر للمعلومات الجديدة المتعلقة بالأحياد. وعلى الرغم من أن هذه البيانات لا تُجمع أساسا بغرض فهم البيئة، فإنها قد تستخدم لهذا الغرض في المستقبل. وعلى سبيل المثال، يمكن استخدام هذه البيانات في وضع نماذج توزيع الموائل المناسبة للحيوانات، وهو ما قد يوفر معلومات قيمة تستخدم في مجال الإدارة (Lecours, 2017). ويتبين بالفعل من بعض الأعمال التي همت نماذج ملاءمة الموائل، أن الأحياد وسط المحيطية، إلى جانب الحواف، تحتوي على موائل هامة ومناسبة لسبعة أصناف فرعية من المرجانيات الثُمانية (Yesson and others, 2012) والمرجانيات الصلبة (Davies and Guinotte, 2011)، ويكتسي مرتفع وسط المحيط الأطلسي الشمالي أهمية خاصة بالنسبة لهذه الأصناف.

2-1-2 - مصائد الأسماك في أعماق البحار في الأحياد وسط المحيطية

يخلف الصيد بشباك الجر في أعماق البحار آثارا مباشرة على المجتمعات القاعية في أعماق البحار من جراء لمس المعدات لقاع البحر، في حين أن خيوط الصيد الطويلة المخصصة لقاع البحر تخلف أثرا أصغر بكثير ولكنها تؤثر، مع ذلك، على بعض أقدم الكائنات الحية التي تعيش باستمرار في مرتفع وسط المحيط الأطلسي الشمالي (Pham and others, 2014).

[2] United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No. 42279.

2-1-3 - المناخ

تشير توقعات تغيّر المناخ فيما يخص أعماق البحار إلى آثار كبيرة في الموائل غير القاعية (عمق يتراوح ما بين 200 و 3 000 متر)، بما في ذلك الأحياد والمجتمعات المستوطنة فيها (Levin and others, 2019a). وتشير التوقعات الأخيرة المستمدة من النماذج التي أجراها جاميسون وآخرون (Sweetman and others 2017) إلى أن الأعماق غير القاعية في جميع أنحاء العالم ستعاني من انخفاضات كبيرة في الرقم الهيدروجيني (0.29 إلى 0.37 وحدة حمضية) في جميع المحيطات بحلول عام 2100، وستنخفض درجات تركيز الأكسجين بنسبة تصل إلى 3,7 في المائة على المستوى غير القاعي من شمال شرق المحيط الهادئ والمحيط الجنوبي. وسينخفض تدفق المواد العضوية الجسيمية (الثلوج البحرية) نحو قاع البحر انخفاضا كبيرا في معظم المحيطات، ولا سيما في المحيط الهندي غير القاعي، مع توقع حدوث انخفاض بنسبة 40 إلى 55 في المائة بحلول نهاية القرن. إلى جانب ذلك، تتنبأ النماذج بانخفاض معدل التشبع بكربونات الكالسيوم في جميع محيطات العالم (Zheng and Cao, 2014). وقد تكون الكائنات البحرية المتكلسة التي تعيش في المياه الباردة والمناطق العميقة حساسة بشكل خاص للتغيرات المتوقعة في كيمياء الكربونات (Levin and others, 2019a). وفي الحالات التي توجد فيها أحياد في أعماق غير قاعية، من المرجح أن تتعرض الحيوانات التي تستوطن تلك الأحياد لجميع الآثار ذات الصلة بالمناخ المذكورة أعلاه (Levin and others, 2019a).

2-1-4 - خنادق الهدال

ارتفعت بشكل كبير خلال العقد الأخير أنشطة أخذ العينات والبحث في أعماق الهدال بسبب تجدد الاهتمام بها وكذلك بفضل التكنولوجيات الجديدة (Jamieson, 2015؛ Jamieson and others, 2018). ويمكن نشر مركبات قاعية جديدة منخفضة التكلفة انطلاقا من سفن صغيرة، دون استخدام آليات رفع كاملة مخصصة لعمق المحيطات (Jamieson and others, 2019).

وقد كانت بعثة KuramBio II الدولية إلى خندق كوريل – كامتشاتكا من بين أهم الجهود المبذولة في هذا الصدد (Brandt and others, 2016, 2018). وقد سُجل تطور مواز تمثل في البحوث والبعثات التي يرعاها خواص، مثل نزول مركبة Deepsea Challenger إلى قاع خندق ماريانا في عام 2015 أو بعثة Five Deeps Expedition (Five Deeps Edpedition, 2019؛ و Stewart and Jamieson, 2019).

وقد أفرز هذا النشاط معرفة جديدة بالبيئة والحياة في خنادق الهدال. وتشمل الاكتشافات أدلة على أنه لا يمكن لأي نوع من الأسماك البقاء على قيد الحياة في أعماق تزيد عن 8 400 متر (Yancey and others، 2014)، مما يحصر الأسماك المستوطنة للخنادق في المنحدرات المحيطة بحافات أعمق الخنادق. والأسماك الوحيدة التي تعيش في الأعماق التي تتجاوز 6 800 متر هي أسماك الحلزون من فصيلة أسماك القوقع (Liparidae). وقد اكتُشفت أنواع جديدة في العديد من الأصناف في خندق ماريانا (Gerringer and others, 2017)، وخندق أتاكاما (المعروف أيضا باسم خندق بيرو – شيلي) (Priede, 2017)، وكذلك أنواع أخرى مما لم يجر وصفها بعد.

وعموما، يتناقص التنوع البيولوجي كلما زاد عمق الخنادق (Jamieson, 2015). أما بالنسبة للافقاريات، فلا يوجد عمق أقصى ثابت لوجودها. وتوجد جميع السِّلكيات والديدان متعددة الأهداب (polychaetes) والرخويات والقشريات وشوكيات الجلد في قاع أعمق الخنادق. ويؤدي مفعول الحركة القمعية الشكل إلى تركيز المواد العضوية على طول محور الخندق (Ichino and others, 2015؛ Luo and others, 2017)، وهو ما قد يؤدي إلى وفرة وكتلة أحيائية بأعلى المستويات في الأعماق القصوى. وقد أبلغ لوديك وآخرون (Leduc and others, 2016) أن عدد السلكيات في الجزء السفلي من خندق تونغا (عمق 10 800 متر) يتجاوز بستة أضعاف عددها في حافة الخندق. ووجد جاميسون وآخرون (Jamieson and others (2009)) أكبر عدد من القشريات مزدوجة الأرجل الكاسحة (lysianassoid

amphipods) في أكبر الأعماق. ويشهد خندق كوريل كامتشاتكا هيمنة ذوات الصدفتين وخياريات البحر على أعماق الهدال (Brandt and others, 2018).

وعلى النقيض من توطن أسماك الحلزون التي تعيش في الهدال، عادة ما تتواجد نفس الأنواع من اللافقاريات في خنادق مختلفة (Ritchie and others, 2017)، على الرغم من أن الأدلة الجديدة تشير إلى التمايز الجيني بين الأنواع في بعض الخنادق (Zhang and others, 2019) وإلى اكتشاف أنواع جديدة (Eustace and others, 2016).

ومن شأن خنادق الهدال أن تشكل حواجز حيوانية بين أجزاء مختلفة من أعماق البحار. ففي خندق كوريل كامتشاتكا، تختلف حيوانات الهدال عن حيوانات الأعماق السحيقة في شمال غرب المحيط الهادئ والبحار الحافية (Brandt and others, 2016). ويعزل الخندق أنواع البحار الحافية عن شمال غرب المحيط الهادئ. وهو يعوق أيضا الانتشار الحيواني لبعض قشريات isopods من أنواع desmosomatid و nannoniscid و ischnomesid) Bober and others, 2018؛ و Jennings others, in press). غير أنه بالنسبة لبعض الأنواع، لا يوجد دليل على وجود حاجز جغرافي أحيائي صارم بين بحر أوخوتسك وشمال غرب المحيط الهادئ المفتوح. واعترف جاميسون وآخرون (Jamieson and others, 2011) بوجود منطقة انتقالية بين حيوانات الأعماق السحيقة وحيوانات الهدال في خندق كيرماديك، وهناك أدلة على وجود هيكل مجتمعي داخل الخنادق (Jamieson and others, 2013؛ Fujii and others, 2013؛ Gallo and others, 2015؛ Lacey and others, 2016؛ Leduc and Rowden , 2018).

وتقع الخنادق في مناطق نشطة زلزالياً، وقد أدى الزلزال العظيم لشرق اليابان (المعروف أيضا باسم زلزال توهوكو – أوكي) في عام 2011 إلى خسوف مفاجئ فوري تقريباً لرواسب بحجم يعادل 0,2 كيلومتر مكعب وتحتوي على أكثر من تيراغرام 1 من الكربون العضوي سقطت في خندق اليابان (Kioka and others, 2019؛ Oguri and others, 2013). وقد غيرت زيادة الكربون تكوين وتوزيع الكائنات البحرية الحيوانية على منحدر الخندق المتجه نحو البر (Kitahashi and others, 2014) وعدلت أيضا البنية الهيدرو – جيولوجية للرواسب ولقاع البحر (Kawagucci and others, 2012). وبالإضافة إلى ذلك، نُقلت النظائر المشعة الناجمة عن كارثة محطة فوكوشيما دايتشي النووية لتوليد الكهرباء إلى عمق 800 4 متر بعد شهر تقريبا من حدوث الزلزال (Honda and others, 2013)، واستقرت في قاع البحر في عمق يتجاوز 000 7 متر في غضون أربعة أشهر (Oguri and others, 2013).

ويزيد القرب من اليابسة والمساكن البشرية من قابلية خنادق الهدال للتضرر من الآثار البشرية، وهو وضع يتضخم بسبب مفعول الحركة القمعية الشكل الذي يركّز عملية الترسب في محور الخندق. ويوجد غبار اللقاح الذي تنتجه الأشجار البرية بكميات كبيرة في خنادق جنوب غرب المحيط الهادئ، وهو ما يوفر مصدرا غذائيا محتملا للكائنات التي تستوطن الهدال (Leduc and Rowden, 2018). ووجد جاميسون وآخرون (Jamieson and others, 2017) مستويات عالية بشكل غير عادي من المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور والإيثرات الثنائية الفينيل المتعددة البروم لدى القشريات المزدوجة الأرجل في الأعماق القصوى في خندق ماريانا وخندق كيرماديك. وقد كانت درجات التركيز أعلى بكثير من الدرجات التي لوحظت في مناطق التصنيع الكثيف، وهو ما يشير إلى تراكم أحيائي طويل الأمد في هذه الأعماق. وقد لاحظت شيبة وآخرون (Chiba and others (2018)) وجود حطام بلاستيكي في قاع خندق ماريانا، وأبلغ عن وجود جزيئات بلاستيك دقيقة في الأمعاء الخلفية للقشريات المزدوجة الأرجل في ستة خنادق في المحيط الهادئ في أعماق تتراوح بين 000 7 متر و 890 10 مترا (Jamieson and others, 2019).

2-1-5 – الهضاب والارتفاعات والأجراف

في الفترة السابقة لعام 2010، تنوولت الجبال البحرية بالدراسة في مشروع مخصص للتعداد العالمي للحياة

البحرية في الجبالَ البحرية (التعداد العالمي للحياة البحرية في الجبال البحرية (CenSeam))، لكن المشروع لم يستهدف سوى عدد قليل جد من الأجراف والهضاب. وفي شمال شرق المحيط الأطلسي، اهتم تقييم بيئي استراتيجي وطني للمنطقة بدراسة جرف جورج بلاي وجرف هاتون وجرف روكال. ويشبه تكوين المجتمعات في جرف جورج بلاي التكوين الذي لوحظ على الطبقات التحتية الصلبة في أماكن أخرى في شمال شرق المحيط الأطلسي (Narayanaswamy and others, 2013). وتشير دراسات حديثة خصت هضبة كيرغولن إلى تحولات يحتمل أن تكون متباينة في توزيع الحيوانات القاعية (التحول في اتجاه القطب، والتراجع على صعيد خطوط العرض، والانقراض المحلي)، وتتعلق على سبيل المثال بطائفة قنافذ البحر (Abatus cordatus و Brisaster antarcticus و Ctenocidaris nutrix و Sterechinus diadema)، وطرأت استجابة للتغير البيئي (Guillaumot and others، 2018). غير أن تفسير الاستجابة المستقبلية لتغير المناخ والتنبؤ بها يتطلبان دراسة متأنية. وعادة ما تمتد التنبؤات المتعلقة بالتغيرات في درجة حرارة وملوحة الماء على نطاقات مكانية كبيرة قد لا تعكس المقاييس المحلية، مثل هضبة كيرغولن، وقد تؤدي فيها الاختلافات في موقع الواجهات والتدفق الحراري (Vivier and others، 2015) إلى تغييرات في توزيع الأنواع في هذا الموقع في المستقبل (Guillaumot and others، 2018).

وخلص لوديك وآخرون (Leduc and others, 2015)، من خلال دراسة للمجموعة الحيوانية العيانية الأصغر على طول ارتفاع تشاثام في جنوب غرب المحيط الهادئ، إلى ارتباط هيكل المجتمعات أقوى ارتباط بكثافة عقيدات الفوسفوريت، إذ تشكل في بعض الأحيان مجتمع عقيدات خاص بها. ومن المرجح أن يجري تعدين هذه العقيدات في المستقبل (Leduc and others, 2015). وفي حالة عدم وجود العقيدات، سيتطور مجتمع بديل وسيُفقد مجتمع العقيدات الخاص حيث يجري التعدين (Bluhm, 2001).

3 - وصف التغيرات الاقتصادية والاجتماعية بين عامي 2010 و 2020

ازدادت خلال العقد الماضي قابلية النظم الإيكولوجية في أعماق البحار للتضرر من الضغوط البشرية المنشأ وما يتصل بذلك من آثار، وذلك بسبب تزايد القيمة الاقتصادية لموارد المحيطات. وقد أدت هذه الضغوط إلى زيادة الوعي المجتمعي وإلى وضع ضوابط جديدة (الشكل الثاني). وتتناول هذه الضوابط مسائل من قبيل الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، والاستكشاف لأغراض التعدين في قاع البحار العميقة، والتنقيب الأحيائي واستغلال الموارد الجينية، وتعريف المناطق البحرية المحمية، وتوزيع وحماية النظم الإيكولوجية البحرية الهشة أو غيرها من المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية.

وتسهم الضوابط الجديدة في تحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة: (أ) حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة[3] والغايات ذات الصلة بها مثل ما يرمي منها إلى منع التلوث البحري بجميع أنواعه والحد منه بدرجة كبيرة، بالنظر إلى أن ذلك مرتبط بخنادق الهدال؛ (ب) إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها، من أجل تجنب حدوث آثار سلبية كبيرة؛ (ج) تقليل تحمض المحيطات إلى أدنى حد ومعالجة آثاره، بما في ذلك من خلال تعزيز التعاون العلمي على جميع المستويات؛ (د) تنظيم الصيد على نحو فعال، وإنهاء الصيد المفرط والصيد غير القانوني وغير المبلغ عنه وغير المنظم وممارسات الصيد المدمرة، وتنفيذ خطط

[3] انظر قرار الجمعية العامة 1/70.

إدارة قائمة على العلم؛ (هـ) حفظ 10 في المائة على الأقل من المناطق الساحلية والبحرية، بما يتسق مع القانون الوطني والدولي واستنادا إلى أفضل المعلومات العلمية المتاحة؛ (و) زيادة المعارف العلمية، وتطوير قدرات البحث، ونقل التكنولوجيا البحرية؛ (ز) تعزيز حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام عن طريق تنفيذ القانون الدولي بصيغته الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[4] بالنسبة لجميع البيئات الأخرى الموضوعة قيد النظر في هذا الفصل الفرعي.

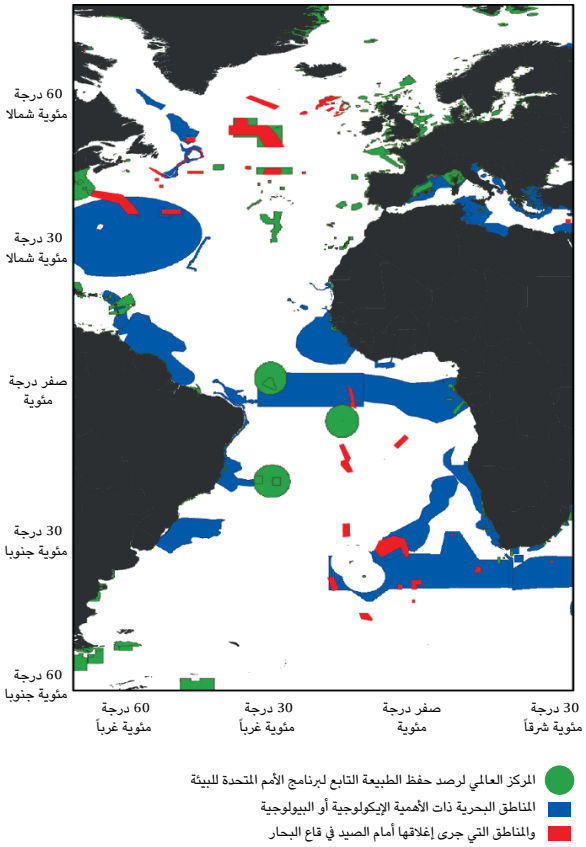
وفي السنوات العشر الأخيرة، أدت هذه المبادرات إلى إنجازات منها إنشاء مناطق بحرية محمية تشمل على وجه التحديد المعالم التي نوقشت في هذا الفصل (انظر الجدول أدناه). وسيكون التخطيط الجيد للحيز البحري الدولي (داخل المناطق الاقتصادية الخالصة للبلدان وفي المناطق الواقعة خارج حدود الولاية الوطنية ضروريا لإدارة حالات التعارض المحتملة بين الاستكشاف/الاستغلال والحفظ/الصيانة (مثلا مترسبات الكبريتيد الضخمة، والمناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية، والمناطق البحرية المحمية في مرتفع وسط المحيط الأطلسي؛ انظر الشكل الثاني).

ولا تحتوي خنادق الهدال على موارد ينظر حاليا في إخضاعها للاستغلال البشري المباشر. فالكتلة الأحيائية لتجمعات الأسماك فيها منخفضة جدا وأبعد عن السطح من أن تتيح استدامة استغلال مصائد الأسماك أيا كانت، علاوة على أن الجوانب المغطاة بالرواسب تفتقر إلى أي موارد معدنية معروفة. ويمكن أن يستهدف التنقيب الأحيائي الكائنات الجرثومية المتكيفة مع الحياة في الضغط العالي (piezophiles) التي قد تكون لها تطبيقات صناعية خاصة. في (Peoples and others 2019) ويرد وصف لتنوع كبير من البكتيريا والعتائق في الرواسب المأخوذة من خندق ماريانا وخندق كيرماديك، ولكنه لم يتسن عزل واستزراع سوى القليل منها. وقد تكون الاختلافات الهامة في المجتمعات الجرثومية بين الخنـدقين مرتبطة باختلافات في الإمدادات من المواد العضوية الآتية من السطح؛ فارتفاع مستوى المواد العضوية في خندق كيرماديك يدعم المزيد من الأصناف المرتبطة بتحلل المواد العضوية. بيد أن الأصناف لم تكن خاصة بالخندق، والأصناف المعزولة من بينها مرتبطة بما كان يُعرَّف سابقا على أنها كائنات (piezophiles) آتية من بيئات أخرى.

[4] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1833, No. 31363.

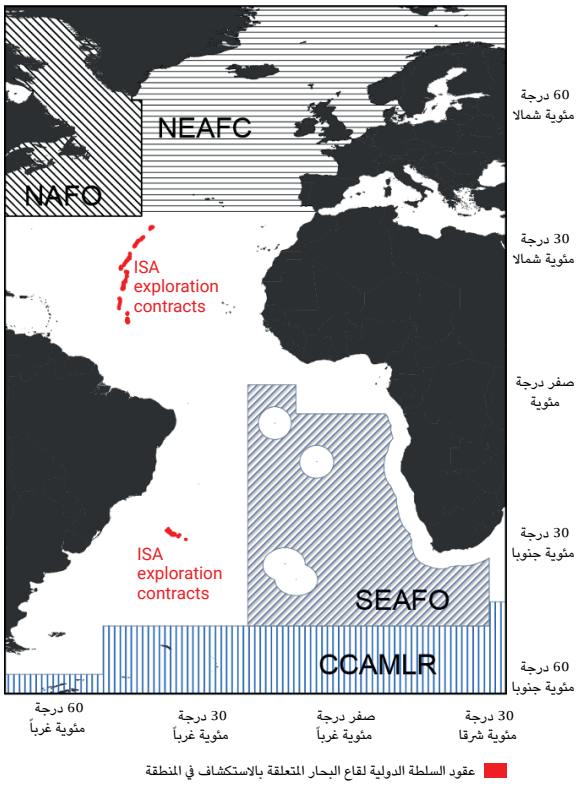
الشكل الثاني - ألف

صورة عن قرب لمنطقة المحيط الأطلسي. والمناطق التي جرى تحديدها على أنها مناطق بحرية ذات أهمية إيكولوجية وبيولوجية والمناطق المشمولة بتدابير الحماية في قاع المحيط الأطلسي (المركز العالمي لرصد حفظ البيئة التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة والاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة والموارد الطبيعية، 2019)



الشكل الثاني - باء

حدود اتفاقية حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا في إطار نظام معاهدة أنتاركتيكا والمنظمات الإقليمية لإدارة مصائد الأسماك



المختصرات: CCAMLR، لجنة حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا؛ ISA، السلطة الدولية لقاع البحار؛ NAFO، منظمة مصائد أسماك شمال غرب الأطلسي؛ NEAFC، لجنة مصائد الأسماك في شمال شرق المحيط الأطلسي؛ SEAFO، منظمة مصائد الأسماك في جنوب شرق المحيط الأطلسي.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

المنطقة	التغيرات المناخية الملاحظة	الضغوط البشرية	المناطق التي حُددت على أنها مناطق بحرية ذات أهمية إيكولوجية وبيولوجية أو مناطق مشمولة بتدابير حماية في القاع (الأحياد والخنادق والهضاب)[أ]
المحيط المتجمد الشمالي	نسبة منخفضة من الأكسجين في المياه العميقة وتحمضها واحترارها؛ تغير في تدفق الكربون العضوي إلى قاع البحر (Sweetman and others, 2017)	**الأحياد والارتفاعات والهضاب والأجراف:** استكشاف الموارد المعدنية (الفصل 18)؛ توسيع مصائد الأسماك (الفصل 15)	
شمال المحيط الأطلسي وبحر البلطيق والبحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال	نسبة منخفضة من الأكسجين في المياه العميقة وتحمضها واحترارها؛ وتغير في تدفق الكربون العضوي (Sweetman and others, 2017)؛ الآثار المحتملة على انتشار اليرقات في العمود المائي، مما يؤثر على ترابط المجموعات التي تعيش في هذه الموائل (Levin and others, 2019a)؛ الاحترار، وتناقص الأكسجين من المياه متوسطة العمق والعميقة للبحر الأبيض المتوسط (Stendardo and others, 2015)، وتناقص تهوية المياه السحيقة للبحر الأبيض المتوسط بما يخلف عواقب على أصناف المنافث وفتحات النز وعلى وظائف النظام الإيكولوجي	**الأحياد والارتفاعات والهضاب والأجراف:** استكشاف الموارد المعدنية (الفصل 18)؛ استخراج الهيدروكربونات من عرض البحر (الفصل 19)؛ توسع مصائد الأسماك (الفصل 15) الخنادق: التلوث	**المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية:** حقول المنافث الحرارية المائية لشمال غرب المحيط الأطلسي؛ منطقة الصدع في المحيط الأطلسي الاستوائي ونظام الإنتاجية المرتفعة **المناطق البحرية المحمية:** منتزه الأزور البحري **اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال المحيط الأطلسي:** المنطقة البحرية المحمية تشارلي - جيبس في أعالي البحار الشمالية؛ والمنطقة البحرية المحمية تشارلي - جيبس في أعالي البحار الجنوبية؛ المنطقة البحرية المحمية شمال المنطقة البحرية المحمية لأعالي بحار جزر الأزور في الحيد وسط المحيطي **وقف صيد الأسماك في قاع البحار:** عمليات لجنة مصائد الأسماك في شمال شرق المحيط الأطلسي لوقف صيد الأسماك في قاع البحار
جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى	لا يوجد ما يكفي من المعارف لمراقبة التغير	**الأحياد والارتفاعات والهضاب والأجراف:** استكشاف الموارد المعدنية (الفصل 18)؛ استخراج الهيدروكربونات من عرض البحر (الفصل 19)؛ توسع مصائد الأسماك (الفصل 15) **الخنادق:** التلوث	**المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية:** منطقة الالتقاء شبه الاستوائية **وقف صيد الأسماك في قاع البحار:** عمليات لجنة مصائد الأسماك في شمال شرق المحيط الأطلسي لوقف صيد الأسماك في قاع البحار
المحيط الهندي وبحر العرب وخليج البنغال والبحر الأحمر وخليج عدن والخليج الفارسي	لا يوجد ما يكفي من المعارف لمراقبة التغير	**الأحياد والارتفاعات والهضاب والأجراف:** استكشاف الموارد المعدنية (الفصل 18)؛ استخراج الهيدروكربونات من عرض البحر (الفصل 19)؛ توسيع مصائد الأسماك (الفصل 15) **الخنادق:** التلوث	**المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية:** حيد إيست بروكن ريدج غويو
شمال المحيط الهادئ	المناخ: اتجاه نحو الاحترار في شمال شرق المحيط الهادئ	**الأحياد والارتفاعات والهضاب والأجراف:** استكشاف الموارد المعدنية (الفصل 18)؛ توسع مصائد الأسماك (الفصل 15) **الخنادق:** التلوث	**المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية:** حيد كيوشو بالاو؛ خندق ويست كوريل، وخندق اليابان، وخندق إيزو - أوغاساوارا، وشمال خندق ماريانا؛ منطقة خندق ريوكيو
المحيط الهادئ الجنوبي	لا يوجد ما يكفي من المعارف لمراقبة التغير	**الأحياد والارتفاعات والهضاب والأجراف:** استكشاف الموارد المعدنية (الفصل 18)؛ توسع مصائد الأسماك (الفصل 15) **الخنادق:** التلوث	**المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية:** الحيدان سالاس إي غوميز ونزاكا، تقاطع كيرماديك - تونغا - لويسفيل
المحيط الجنوبي	المناخ: الاحترار، والتغير في دورة وتدفقات الكربون العضوي الجسيمي؛ (حيد إيست سكوتيا)، التحولات في توزيع الأنواع.	**الأحياد والارتفاعات والهضاب والأجراف:** توسع مصائد الأسماك (الفصل 15) **الخنادق:** التلوث	لجنة حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا - تدبير الحفظ 22-06 (2019) الصيد في قاع البحار في منطقة الاتفاقية

أ انظر www.mpatlas.org/map/high-seas.

5 - آفاق المستقبل

لا تزال هناك العديد من العوامل المجهولة فيما يتعلق ببيئات أعماق البحار ونظمها الإيكولوجية، ولكن بحوثا هامة أجريت في العقد الماضي، مع توقع إجراء المزيد منها في العقد المقبل. وقد أعلنت الأمم المتحدة عقد علوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (2021-2030)[5] من أجل دعم الجهود الرامية إلى عكس اتجاه دوامة تدهور صحة المحيطات، وكذلك لتوحيد صف أصحاب المصلحة المعنيين بالمحيطات من جميع أنحاء العالم خلف إطار مشترك يكفل أن تكون علوم المحيطات قادرة على تقديم الدعم الكامل للبلدان في تهيئة ظروف محسنة للتنمية المستدامة للمحيطات. وستنسق اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات هذا الجهد. وقد أنشأت المفوضية الأوروبية خمس بعثات أوروبية للبحث والابتكار، بما في ذلك بعثة مكرسة للمحيطات والبحار.

وفي الآونة الأخيرة، زادت الصورة الإعلامية البارزة لبعض المبادرات الخاصة من الاهتمام باستكشاف الأحياد والخنادق، وهو ما قد يعزز اهتمام جمهور واسع بهذه النظم الإيكولوجية.

وتدعم الأحياد والهضاب العديدَ من النظم الإيكولوجية البحرية الهشة (بما فيها من مجتمعات قاعية تسود فيها الشعاب المرجانية والإسفنجيات والمنافث الحرارية المائية) المستفيدة من الحماية بموجب لوائح منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. بيد أن ظهور احتمال التعدين في أعماق البحار في الأحياد والارتفاعات بهدف استغلال الكبريتيدات المتعددة الفلزات وقشور المنغنيز الغنية بالكوبالت يشكل تهديدات جديدة لهذه النظم الإيكولوجية. وتقوم السلطة الدولية لقاع البحار حاليا بوضع لوائح لتنظيم الاستغلال، بما يشمل تقييمات الأثر والحماية. ومن المتوقع أن تصدر التوصيات النهائية بحلول عام 2020 (الفصل 18).

واضطلع في إطار اتفاقية التنوع البيولوجي[6] بأنشطة للنهوض باتفاق دولي بشأن إقامة شبكات ممثلي المناطق البحرية المحمية وغيرها من تدابير الحفظ الفعالة الأخرى المتخذة حسب المناطق، مع وضع هدف لعام 2020 متمثل في 10 في المائة من مجموع المساحة البحرية (Convention on Biological Diversity (CBD), 2010). وشرع أيضا في برنامج لتحديد المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية (CBD, 2009).

والموارد الجينية البحرية في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية، وفي أعالي البحار والمنطقة (قاع البحار والمحيطات وباطن أرضها خارج حدود الولاية الوطنية) هي موارد غير منظمة، وهي مسألة هامة بوجه خاص بالنظر إلى ما يلي: (أ) الإمكانيات الاقتصادية غير المعروفة في مجالات مثل المستحضرات الصيدلانية، والإصلاح البيولوجي، ومستحضرات التجميل، والابتكارات في مجال الأغذية العلاجية أو الطبية الأحيائية، (ب) القدرة غير المتكافئة على استخدام الموارد الجينية البحرية على الصعيد العالمي. وبما أن الوصول إلى الموارد الجينية البحرية يبدأ في الغالب بالبحث العلمي البحري الذي يخضع، بوصفه حرية مشروطة لأعالي البحار، للأحكام ذات الصلة من الجزء الثالث عشر من اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار (على سبيل المثال، تبادل المعلومات والمعارف)، فثمة أساس جزئي لوضع نظم قانونية جديدة لإدارة الموارد الجينية البحرية في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية (Broggiato and others, 2014).

ويجري حاليا التفاوض في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار على صك دولي ملزم قانونا بشأن حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام، مع التركيز على مجموعة من المسائل تتألف من أدوات إدارية

[5] انظر قرار الجمعية العامة 72/73.
[6] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.

قائمة على أساس المناطق، بما في ذلك المناطق البحرية المحمية، وتقييمات الأثر البيئي، وبناء القدرات ونقل التكنولوجيا البحرية، والموارد الجينية البحرية، بما في ذلك المسائل المتعلقة بتقاسم المنافع (Rabone and others, 2019)[7]. ومع ذلك، حتى مع كل هذا والخفض المزمع في المنتجات البلاستيكية أحادية الاستخدام وفي عمليات التخلص من النفايات في البحر، فإن أعماق البحار تصبح بالوعة في نهاية المطاف. ويمثل إلقاء النفايات والتلوث مصدر قلق خاص فيما يتعلق بخنادق الهدال بسبب تركز هذه المواد على طول محور الخندق، وهو ما يؤثر على الكائنات الحية التي تعيش هناك. (Jamieson and others, 2017).

6 - الثغرات المعرفية الرئيسية المتبقية

في العقد الماضي، كانت معظم البحوث بشأن الأحياد مرتبطة بالدراسات التي تتطرق إلى المنافث الحرارية المائية والجبال البحرية المنفردة (الفصلان 7-عين و 7-لام)، التي تغطي جزءا صغيرا من النظام العالمي للأحياد. وبالنسبة للأحياد والهضاب والخنادق، ستظل هناك ثغرات كبيرة في الفهم العلمي لأنماط التنوع البيولوجي والنطاقات المكانية، وتكوين الأنواع ووفرتها.

وكما هو الحال في معظم أعماق المحيطات، فإن المعرفة المتعلقة بعالم البحار محدودة بشكل خاص، بما في ذلك الجوانب الأساسية للتنوع البيولوجي مثل تكوين الأنواع ووفرتها، علاوة على التغيرات المكانية والزمانية، ولكن بعض جوانب النظم الإيكولوجية القاعية لا يزال فهمها ضعيفا. والبيانات الإيكولوجية والبيئية، من قبيل أنماط تاريخ الحياة، والمعالم التحتية وديناميات المحيطات المتوسطة النطاق، هي ضرورية للإحاطة بتدفق الجسيمات والشبكة الغذائية ونماذج ملاءمة الموائل التي يمكن أن تعالج رد فعل النظم الإيكولوجية على الاضطراب. ويعني نقص المعرفة أن أعماق البحار لا تزال "العلبة السوداء" التي لا غنى عنها فيما يخص محاكاة النماذج العالمية.

وعلاوة على ذلك، فإن العلم لم يخط سوى الخطوات الأولى في فهم الكيفية التي ستؤثر بها العوامل البشرية على وظائف النظام الإيكولوجي لأعماق البحار، وبالتالي، على الخدمات التي تقدمها هذه النظم الإيكولوجية للمجتمع (Thurber and others, 2014). وهذه المعارف بالغة الأهمية من أجل إدارة فعالة للمحيطات. وقد حددت الأوساط المهتمة ببيولوجيا أعماق البحار مؤخراً، من خلال عدة مبادرات (مثل مبادرة المحافظة على أعماق البحار واستراتيجية رصد المحيطات العميقة) الأسئلة الرئيسية الأربعة التي يتعين الإجابة عليها من أجل تحقيق الإدارة المستدامة لقاع البحار (Deep-Ocean Stewardship Initiative (DOSI), 2019)، وهي: (أ) ما هو تنوع الحياة في أعماق المحيطات؟؛ (ب) ما هي الروابط التي تجمع بين الموائل والأحياء التي تستوطنها؟؛ (ج) ما هو دور الكائنات الحية في عمل النظام الإيكولوجي وتوفيره الخدمات؟؛ (د) كيف تستجيب الأنواع ومجتمعات الأحياء والنظم الإيكولوجية للاضطراب؟ وعلى الرغم من أن هذه الأسئلة تُعرض كأسئلة عامة فيما يخص أعماق البحار، فهي مناسبة تماما لأن تُطرح في السياق المحدد للأحياد والهضاب والخنادق، وينبغي منحها الأولوية في البحوث المقبلة.

[7] انظر قرار الجمعية العامة 72/249.

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في بناء القدرات

يبقى الوصول إلى أعماق المحيطات مقتصرا على عدد قليل من البلدان المتقدمة النمو، رغم أن جزءا كبيرا منها يقع ضمن المناطق الاقتصادية الخالصة للبلدان النامية وفي أعالي البحار. وتعد مسألة توفر التكنولوجيا، مثل مركبات أعماق البحار، أكثر العوامل التي تحد من عمليات الاستكشاف. وقد يكون سد هذه الثغرة أصعب العوائق لأسباب مالية وتقنية، إلا أن شبكات بحثية تعاونية ومتعددة التخصصات اقتُرحت بوصفها وسيلة فعالة لتعظيم مدة البقاء في البحر (Levin and others, 2019b). ومن الضروري أيضا اتباع نهج متعدد التخصصات لتطوير طرق جديدة لجعل وسائل النمذجة في المتناول لإتاحة التنبؤ بالتغيرات وبقابلية التأثر من أجل إجراء تقييم بيئي أفضل.

وثمة ثغرة رئيسية أخرى في مجال الخبرة، ولا سيما في البلدان النامية. ويلزم تدريب جيل جديد من العلماء، بما يشمل تدريبهم على أفضل الممارسات، والقدرات التصنيفية، ونهج النظم الإيكولوجية، وكيفية استكشاف وإدارة وحفظ أعماق البحار باستخدام أحدث الأدوات.

ومن شأن التعاون الدولي من خلال البرامج القائمة، مثل تلك التي يقدمها برنامج التبادل الدولي للبيانات والمعلومات الأوقيانوغرافية للجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات التابعة لمنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة، أو برنامج التعليم والتدريب في مجال التعلم التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، أو المبادرات التي شُكلت حديثاً، والمكرسة للبحوث في أعماق البحار، أن يسهم في تيسير الوصول إلى التكنولوجيا ومواد التدريب، بما في ذلك الدورات المخصصة، والمشاركة في الرحلات البحثية، وفرص التدريب الداخلي على البحوث الميدانية، وتطوير الأجهزة، وتحليل البيانات.

المراجع

Alt, Claudia H.S., and others (2019). Bathyal benthic megafauna from the Mid-Atlantic Ridge in the region of the Charlie-Gibbs fracture zone based on remotely operated vehicle observations. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 145, pp. 1–12.

Beaulieu, Stace E., and others (2013). An Authoritative Global Database for Active Submarine Hydrothermal Vent Fields. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 14, No. 11, pp. 4892–4905.

Beazley, Lindsay I., and others (2013). Deep-Sea Sponge Grounds Enhance Diversity and Abundance of Epibenthic Megafauna in the Northwest Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 70, No. 7, pp. 1471–1490.

Bird, Peter (2003). An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 4, No. 3, pp. 1–52.

Bluhm, H. (2001). Re-establishment of an abyssal megabenthic community after experimental physical disturbance of the seafloor. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 48, pp. 3841–3868.

Bober, Simon, and others (2018). Does the Mid-Atlantic Ridge affect the distribution of abyssal benthic crustaceans across the Atlantic Ocean? *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 148, pp. 91–104.

Brandt, A., and others (2018). First insights into macrofaunal composition from the SokhoBio expedition (Sea of Okhotsk, Bussol Strait and northern slope of the Kuril-Kamchatka Trench). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 154, pp. 106–120.

Brandt, A., and others (2016). *RV Sonne SO–250 Cruise Report / Fahrtbericht: Tomakomai–Yokohama (Japan) 16.08.–26.09.2016 – SO–250 KuramBio II*. Kuril Kamchatka Biodiversity Studies.

Broggiato, A., and others (2014) Fair and equitable sharing of benefits from the utilization of marine genetic resources in areas beyond national jurisdiction: bridging the gaps between science and policy. *Marine Policy*, vol. 49, pp. 176–185.

Cathalot, Cécile, and others (2015). Cold–water coral reefs and adjacent sponge grounds: hotspots of benthic respiration and organic carbon cycling in the deep sea. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 37.

Chiba, Sanae, and others (2018). Human footprint in the abyss: 30 year records of deep–sea plastic debris. *Marine Policy*, vol. 96, pp. 204–212.

Compton, Tanya J., and others (2013). Biophysical Patterns in Benthic Assemblage Composition across Contrasting Continental Margins off New Zealand. *Journal of Biogeography*, vol. 40, No. 1, pp. 75–89.

Convention on Biological Diversity Secretariat (CBD) (2009). *Azores Scientific Criteria and Guidance for Identifying Ecologically or Biologically Significant Marine Areas and Designing Representative Networks of Marine Protected Areas in Open Ocean Waters and Deep Sea Habitats*. Montreal: CBD.

_____ (2010). Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its Tenth Meeting X/2. The Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020 and the Aichi Biodiversity Targets.

Davies, Andrew J., and John M. Guinotte (2011). Global habitat suitability for framework–forming cold–water corals. *PloS One*, vol. 6, No. 4.

Deep–Ocean Stewardship Initiative (DOSI) (2019). Deep–sea research in the Decade of Ocean Science: Mapping the role of the deep ocean in human society. www.dosi–project.org/wp–content/uploads/2019/07/DOSI_Decade_Position_Final–1.pdf.

Eustace, Ryan M., and others (2016). Morphological and ontogenetic stratification of abyssal and hadal *Eurythenes gryllus* sensu lato (Amphipoda: Lysianassoidea) from the Peru–Chile Trench. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 109, pp. 91–98.

Five Deeps Expedition (2019). Accessed 12 September 2019. https://fivedeeps.com.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2009). *International Guidelines for the Management of Deep–Sea Fisheries in the High Se*as. Rome.

Fujii, Toyonobu, and others (2013). Deep–sea amphipod community structure across abyssal to hadal depths in the Peru–Chile and Kermadec trenches. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 492, pp. 125–138.

Gallo, Natalya D., and others (2015). Submersible– and lander–observed community patterns in the Mariana and New Britain trenches: influence of productivity and depth on epibenthic and scavenging communities. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 99, pp. 119–133.

Gerringer, Mackenzie E., and others (2017). *Pseudoliparis swirei* sp. nov.: a newly–discovered hadal snailfish (Scorpaeniformes: Liparidae) from the Mariana Trench. *Zootaxa*, vol. 4358, No. 1, pp. 161–177.

Gomes–Pereira, José Nuno, and others (2017). Cold–water corals and large hydrozoans provide essential fish habitat for *Lappanella fasciata* and *Benthocometes robustus*. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 145, pp. 33–48.

Guillaumot, Charlène, and others (2018). Benthic species of the Kerguelen Plateau show contrasting distribution shifts in response to environmental changes. *Ecology and Evolution*, vol. 8, No. 12, pp. 6210–6225.

Harris, Peter T., and others (2014). *Geomorphology of the Oceans. Marine Geology*, vol. 352, pp. 4–24.

Harris, Peter T., and Tanya Whiteway (2009). High seas marine protected areas: benthic environmental conservation priorities from a GIS analysis of global ocean biophysical data. *Ocean & Coastal Management*, vol. 52, No. 1, pp. 22–38.

Henry, Lea-Anne, and others (2013). Cold-water coral reef habitats benefit recreationally valuable sharks. *Biological Conservation*, vol. 161, pp. 67–70.

Honda, M.C., and others (2013). Concentration and vertical flux of Fukushima-derived radiocesium in sinking particles from two sites in the Northwestern Pacific Ocean. *Biogeosciences*, vol. 10, No. 6, pp. 3525–3534.

Ichino, Matteo C., and others (2015). The distribution of benthic biomass in hadal trenches: a modelling approach to investigate the effect of vertical and lateral organic matter transport to the seafloor. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 100, pp. 21–33.

Jamieson, A.J. (2015). *The Hadal Zone: Life in the Deepest Oceans*. Cambridge University Press.

Jamieson, Alan J., and others (2009). HADEEP: Free-falling landers to the deepest places on Earth. *Marine Technology Society Journal*, vol. 43, No. 5, pp. 151–160.

Jamieson, Alan J., and others (2010). Hadal trenches: the ecology of the deepest places on Earth. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 25, No. 3, pp. 190–197.

Jamieson, Alan J., and others (2011). Bait-attending fauna of the Kermadec Trench, SW Pacific Ocean: evidence for an ecotone across the abyssal-hadal transition zone. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 58, No. 1, pp. 49–62.

Jamieson, Alan J., and others (2019). Microplastics and synthetic particles ingested by deep-sea amphipods in six of the deepest marine ecosystems on Earth. *Royal Society Open Science*, vol. 6, No. 2, 180667.

Jamieson, A.J., and others (2013). The supergiant amphipod *Alicella Gigantea* (Crustacea: Alicellidae) from hadal depths in the Kermadec Trench, SW Pacific Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 92, pp. 107–113.

Jamieson, A.J., and others (2018). Exploring the hadal zone: recent advances in hadal science and technology. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 155, pp. 1–3.

Jamieson, A.J., and others (2017). Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the deepest ocean fauna. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No. 3, pp. 1–4.

Jennings, R., and others (2020). Integrative species delimitation of desmosomatid and nannoniscid isopods from the Kuril–Kamchatka trench, with description of a hadal species. *Progress in Oceanography*, vol. 182, art. 102236.

Johnson, David Edwards, and others (2019). Rockall and Hatton: resolving a super wicked marine governance problem in the high seas of the northeast Atlantic Ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 69.

Kawagucci, Shinsuke, and others (2012). Disturbance of deep-sea environments induced by the M9.0 Tohoku Earthquake. *Scientific Reports*, vol. 2, art. 270.

Kioka, A., and others (2019). Megathrust earthquake drives drastic organic carbon supply to the hadal trench. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, pp. 1–10.

Kitahashi, Tomo, and others (2014). Effect of the 2011 Tohoku Earthquake on deep-sea meiofaunal assemblages inhabiting the landward slope of the Japan Trench. *Marine Geology*, vol. 358, pp. 128–137.

Knox, Matthew A., and others (2012). Mitochondrial DNA (COI) analyses reveal that amphipod diversity is associated with environmental heterogeneity in deep-sea habitats. *Molecular Ecology*, vol. 21, No. 19, pp. 4885–4897.

Lacey, Nichola C., and others (2016). Community structure and diversity of scavenging amphipods from bathyal to hadal depths in three South Pacific Trenches. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 111, pp. 121–137.

Lecours, Vincent (2017). On the use of maps and models in conservation and resource management (warning: results may vary). *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 288.

Leduc, Daniel, and Ashley A. Rowden (2018). Not to be sneezed at: does pollen from forests of exotic pine affect deep oceanic trench ecosystems? *Ecosystems*, vol. 21, No.2, pp. 237–247.

Leduc, Daniel, and others (2012). Nematode beta diversity on the continental slope of New Zealand: spatial patterns and environmental drivers. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 454, pp. 37–52.

Leduc, Daniel, and others (2015). Distribution of macro–infaunal communities in phosphorite nodule deposits on Chatham Rise, Southwest Pacific: implications for management of seabed mining. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 99, pp. 105–118.

Leduc, Daniel, and others (2016). Comparison between infaunal communities of the deep floor and edge of the Tonga Trench: possible effects of differences in organic matter supply. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 116, pp. 264–275.

Levin, Lisa A., and others (2019a). Climate change: overview and drivers. Chapter 2 in: *Deep Ocean Climate Change Impacts on Habitat, Fish and Fisheries*, L. Levin and others, eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Rome, FAO, pp. 56–79.

Levin, Lisa A., and others (2019b). Global Observing Needs in the Deep Ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 241.

Luo, Min, and others (2017). Provenances, distribution, and accumulation of organic matter in the southern Mariana Trench rim and slope: implication for carbon cycle and burial in hadal trenches. *Marine Geology*, vol. 386, pp. 98–106.

Morato, Telmo, and others (2018). A Multi Criteria Assessment Method for Identifying Vulnerable Marine Ecosystems in the North–East Atlantic. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 460.

Mortimer, Nick, and others (2017). Zealandia: Earth's hidden continent. *GSA Today*, vol. 27, No. 3, pp. 27–35.

Narayanaswamy, Bhavani E., and others (2013). First observations of megafaunal communities inhabiting George Bligh Bank, northeast Atlantic. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 92, pp. 79–86.

Oguri, Kazumasa, and others (2013). Hadal disturbance in the Japan Trench induced by the 2011 Tohoku–Oki Earthquake. *Scientific Reports*, vol. 3, art. 1915.

Peoples, Logan Maxwell, and others (2019). Microbial community diversity within sediments from two geographically separated hadal trenches. *Frontiers in Microbiology*, vol. 10, art. 347.

Pham, Christopher K., and others (2015). The importance of deep–sea vulnerable marine ecosystems for demersal fish in the Azores. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 96, pp. 80–88.

Pham, Christopher K., and others (2014). Deep–water longline fishing has reduced impact on vulnerable marine ecosystems. *Scientific Reports*, art. 4837.

Picard, Kim, and others (2018). Malaysia Airlines flight MH370 search data reveal geomorphology and seafloor processes in the remote southeast Indian Ocean. *Marine Geology,* vol. 395, pp. 301–319.

Priede, Imants G. (2017). *Deep–Sea Fishes: Biology, Diversity, Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press.

Rabone, Muriel, and others (2019). Access to marine genetic resources (MGR): raising awareness of best–practice through a new agreement for biodiversity beyond national jurisdiction (BBNJ). *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 520.

Ritchie, H., and others (2017). Population genetic structure of two congeneric deep–sea amphipod species from geographically isolated hadal trenches in the Pacific Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 119, pp. 50–57.

Sautya, Sabyasachi, and others (2017). First quantitative exploration of benthic megafaunal assemblages on the mid–oceanic ridge system of the Carlsberg Ridge, Indian Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 97, No. 2, pp. 409–417.

Stendardo, Ilaria, and others (2015). Interannual to decadal oxygen variability in the mid–depth water masses of the eastern North Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 95, pp. 85–98.

Stewart, Heather A., and Alan J. Jamieson (2019). The five deeps: the location and depth of the deepest place in each of the world's oceans. *Earth–Science Reviews*, vol. 197, 102896.

Sweetman, Andrew K., and others (2017). Major impacts of climate change on deep–sea benthic ecosystems. *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 5, pp. 1–23.

Thurber, Andrew R., and others (2014). Ecosystem function and services provided by the deep sea. *Biogeosciences*, vol. 11, No. 14, pp. 3941–3963.

United Nations (2017a). Chapter 51: Biological communities on seamounts and other submarine features potentially threatened by disturbance. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2009). *Global Open Oceans and Deep Seabed (GOODS) Bioregional Classification*. UNESCO–IOC, Technical Series 84. Paris: UNESCO.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2019). Protected Planet: The World Database on Protected Areas. Cambridge, United Kingdom: UNEP–WCMC and IUCN. www.protectedplanet.net.

Vivier, Frédéric, and others (2015). Variability of the Antarctic Circumpolar Current transport through the Fawn Trough, Kerguelen plateau. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 114, pp. 12–26.

Watling, Les, and others (2013). A proposed biogeography of the deep ocean floor. *Progress in Oceanography*, vol. 111, pp. 91–112.

Yancey, Paul H., and others (2014). Marine fish may be biochemically constrained from inhabiting the deepest ocean depths. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 12, pp. 4461–4465.

Yesson, Chris, and others (2012). Global habitat suitability of cold–water octocorals. *Journal of Biogeography*, vol. 39, No. 7, pp. 1278–1292.

Zhang, Weipeng, and others (2019). Gut microbial divergence between two populations of the hadal amphipod *Hirondellea gigas*. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 85, No. 1, e02032–18.

Zheng, Mei–Di, and Long Cao (2014). Simulation of global ocean acidification and chemical habitats of shallow–and cold–water coral reefs. *Advances in Climate Change Research*, vol. 5, No. 4, pp. 189–196.

الفصل 7 عين
المنافث الحرارية المائية وفتحات النز البارد

المساهمون: نادين لو بريس (منظمة الاجتماع)، وهيلكوندا كالومبونغ (عضوة رئيسية)، وسناء شيبة (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، وآنا كولاسو، وإلفا إسكوبار، وآنا ميتاكساس، وباراسكيفي نوميكو، وجوليا سيغوارت، وفيرينا تونيكليف، وهيرومي واتانابي.

النقاط الرئيسية

- تحتضن المنافث الحرارية المائية وفتحات النز البارد موائل ومجتمعات معقدة بشكل فريد، وأنواع مستوطنة متنوعة، وكتلة أحيائية كثيفة، وإنتاجية مدعومة بالتخليق الكيميائي.
- وتشكل هذه النظم الإيكولوجية مصادر للابتكار في مجالي التكنولوجيا الأحيائية والطب الأحيائي.
- ولها دور هام في عمليات المحيطات العالمية، إذ تعزل ثاني أكسيد الكربون والميثان، وتسهم في إنتاجية المحيطات السطحية من خلال نقل الحديد إلى قاع البحر.
- وفي السنوات الخمس الماضية، حددت الاستكشافاتُ باستخدام أدوات جديدة لرصد إشارات الأعمدة المائية مكانَ الآلاف من المنافث وفتحات النز البارد الجديدة.
- ويدعم الدراسات التي أجريت مؤخرا استكشافُ الموارد (الكبريتيدات المتعددة الفلزات وماء الميثان) والحاجة إلى حصر وحماية الموائل والأنواع الهشة.
- ومنذ عام 2011، أصدرت السلطة الدولية لقاع البحار سبعة عقود لاستكشاف الكبريتيدات المتعددة الفلزات شملت حقول منافث في الأحياد وسط المحيطية في المحيطين الهندي والأطلسي.
- وتحمي النظمُ الإيكولوجية البحرية الهشة والمناطق البحرية المحمية في المناطق الاقتصادية الخالصة والمناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية بعضَ المنافث وفتحات النز.
- وتحدد حالة حفظ المنافث وفتحات النز ثماني مناطق محمية بموجب القانون الوطني داخل المناطق الاقتصادية الخالصة.
- وتشمل الثغرات المعرفية الأنماطَ المكانية والزمانية، والآثارَ الناجمة عن الاضطرابات المباشرة، والتغيرات في دوران المياه العميقة، وتناقص الأكسجين، والاحترار، والتحمض.
- ويعد احترار المحيطات الذي يؤدي إلى تفكك هيدرات الغاز عاملا رئيسيا من عوامل الضغط على نشاط النز البارد ونظمه الإيكولوجية.
- وتمثل بناء القدرات أولوية، لا سيما في الدول الجزرية.

1 - مقدمة

1-1 - نطاق وملخص حالة خط الأساس من التقييم العالمي الأول للمحيطات

تنشأ المنافث الحرارية المائية حيثما يكون مصدر للحرارة يدفع دوران مياه البحر عبر قاع البحر. وتشير فتحات النز البارد إلى سوائل غنية بالهيدروكربونات نابعة من مواد عضوية مدفونة أو خزانات وقود أحفوري أو ماء الميثان. وتشمل البيئتان مجموعة واسعة من تكوينات السوائل وأنواع الموائل (Cordes and others, 2009؛ Watanabe and others, 2010؛ Levin and Sibuet 2012؛ Le Bris and others, 2019).

ويركز هذا الفصل على الحياة البحرية وموائل قاع البحار التي تتأثر بانبعاثات السوائل، بما في ذلك فتحات النز والمنافث الضحلة ذات الأهمية بالنسبة للتنوع البيولوجي والجغرافية الأحيائية المحليتين ولتدفق غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي، مع ما يترتب على ذلك من آثار بعيدة المدى على كل من قاع البحر والعمود المائي. وأشار الفصل 45 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a) إلى تسارع وتيرة استكشاف المنافث الحرارية المائية، ولا سيما فيما يتعلق باستكشاف الموارد المعدنية، وقدمت معلومات عن تطور حالة حفظ المنافث أو فتحات النز داخل المناطق الاقتصادية الخالصة وخارج الولايات الوطنية.

1-2 - كيف يتأثر الموضوع بالمكونات البحرية الأخرى وكيف يؤثر فيها

تلقى الكتلة الأحيائية المحلية الكثيفة المتألفة من الكائنات الجرثومية المنتجة الأولية كيميائية التخليق والحيوانات المرتبطة بها الدعم من تدفقات الميثان، أو كبريتيد الهيدروجين، أو الهيدروجين، أو الحديد المختزل والمنغنيز. وتحتضن العديد من الأصناف المتخصصة بكتيريا متكافلة (Dubilier and others, 2008) وتعمل كأنواع قاعدية للنظام الإيكولوجي (Govenar, 2010). وتتشابه مجتمعات الأحياء عالميا على مستوى الفصائل، إذ تشكل 11 منطقة جغرافية أحيائية حسب الأنواع المستوطنة (Rogers and others, 2012؛ Moalic and others, 2012). وتستفيد الموائل المحيطة من الموارد الكيميائية التخليق (Levin and others, 2016). وتنقل الأعمدة الحرارية المائية المعادن والمواد العضوية وتسهم في موازين الحديد على الصعيدين الإقليمي والعالمي (Resing and others 2015؛ German and others, 2016؛ Tagliabue and Resing, 2016).

1-3 - صلة الموضوع بالمجتمعات البشرية ورفاهها

1-3-1 - مناطق صيد الأسماك

تستفيد الكائنات اللاطئة، بما في ذلك الأنواع المشكلة للموائل (الإسفنجيات والمرجانيات الناعمة والصلبة)، من الركائز الصلبة التي تشكلت في المنافث وفتحات النز، بما يسهم في الموائل الأساسية لأسماك القاع (United States Pacific Fishery Management Council, 2019). ومن شأن الإنتاج الأولي بالتخليق الكيميائي أن يسهم في إنتاجية أرصدة المصائد التجارية، مثل سرطان البحر الذي يجري استغلاله قبالة سواحل كولومبيا البريطانية، كندا، والذي يستوعب الكربون الآتي من مصادر للتخليق الكيميائي (Seabrook and others, 2019). وتتزايد في فتحات النز قبالة سواحل كاليفورنيا، الولايات المتحدة، كثافة التجمعات التي تستهدفها مصائد الأسماك (Grupe and others, 2015).

1-3-2 - تنظيم تدفق غازات الدفيئة

تعتبر المنافث مصادر طبيعية لثاني أكسيد الكربون والميثان الناتج عن فصل غازات الصهارة، وتحول صخور وشاح الأرض، والتدهور المابعدي للمادة العضوية في الرواسب المطمورة. وتساهم التغذية الذاتية الكيميائية واستخدام البكتيريا للميثان كمصدر للكربون في الاحتفاظ بهذه الانبعاثات في قاع البحر (Orcutt and others, 2011؛ Wankel and others, 2011؛ Römer and others, 2014؛ Ruppel and Kessler, 2017). وتعد الأكسدة اللاهوائية للميثان بواسطة العتائق مسلكا رئيسيا للعزل (Boetius and Wenzhöffer, 2013). ومن شأن الحديد الحراري المائي أن يخصب محلياً المياه السطحية (Guieu and others, 2018؛ Ardyna and others، 2019) وهو يدعم عالميا بالوعة ثاني أكسيد الكربون التي تحركها العوالق النباتية المحيطية.

1-3-3 - النماذج الإيكولوجية للتكيف والقدرة على الصمود

توفر المنافث الحرارية المائية وفتحات النز البارد نماذج لدراسة استجابة الحيوانات للضغط في حالات ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون/انخفاض الرقم الهيدروجيني، وحالات الحرارة القصوى، ونقص الأكسجين، والتعرض للكبريتيدات، والفلزات السامة وأشباه الفلزات، وتساعد على زيادة فهم أوجه التكيف الكيميائية الأحيائية والفسيولوجية والسلوكية (على سبيل المثال: Hall-Spencer and others، 2008؛ Tunnicliffe and others, 2009؛ Childress and Girguis 2011؛ Di Carlo and others, 2017؛ Rossi and Tunnicliffe, 2017). وتوفر أنماط الاستيطان رؤى حول قدرات انتشار اليرقات، وأوجه ترابط الأنواع وقدرتها على الصمود أمام الاضطرابات (Gollner and others، 2017؛ Mullineaux and

others, 2018). وتتناول نهج الصفات الوظيفية مساهمات الأنواع الشائعة منها والنادرة (Chapman and others, 2018).

1-3-4 - الابتكار في مجال التكنولوجيا الحيوية والطب الحيوي

تشمل الاكتشافات التقنية الحيوية التي تعكس التفاعل الفريد بين الكائنات الجرثومية والحيوانية والظروف الشديدة القساوة في الموائل: الجزيئات المضادة الحيوية في الديدان الحرارية المائية (Tasiemski and others, 2014؛ Papot and others, 2017)؛ وجينات مقاومة الفلزات في جراثيم المنافث التي تحتوي على مسالك أنزيمية لإزالة السمية في بيئات ملوثة (Vetriani and others, 2005؛ Colaço and others, 2006)؛ ومسالك تثبيت الكربون عن طريق التغذية الكيميائية الذاتية المرتبطة بعزل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (Scott and others, 2018؛ Rubin-Blum and others, 2019).

1-3-5 - إشراك الجمهور في القضايا المتعلقة بالمحيط

تصل الاكتشافات المتعلقة بهذه النظم الإيكولوجية الشهيرة وصورها إلى جماهير عالمية عريضة، ويكمل ذلك ما ينقل من رحلات بحرية عن بعد، وكتب، وأفلام، وإنتاجات مسرحية، وألعاب ولعب تلهم مشاريع العلم التشاركي. وتعرض هذه النظم الإيكولوجية عمليات تكيف متنوعة للأصناف التي تستوطن أعماق المحيطات، وأدوار الجراثيم، وأصل الحياة على الأرض.

1-4 - أوجه التقدم في المعارف والقدرة

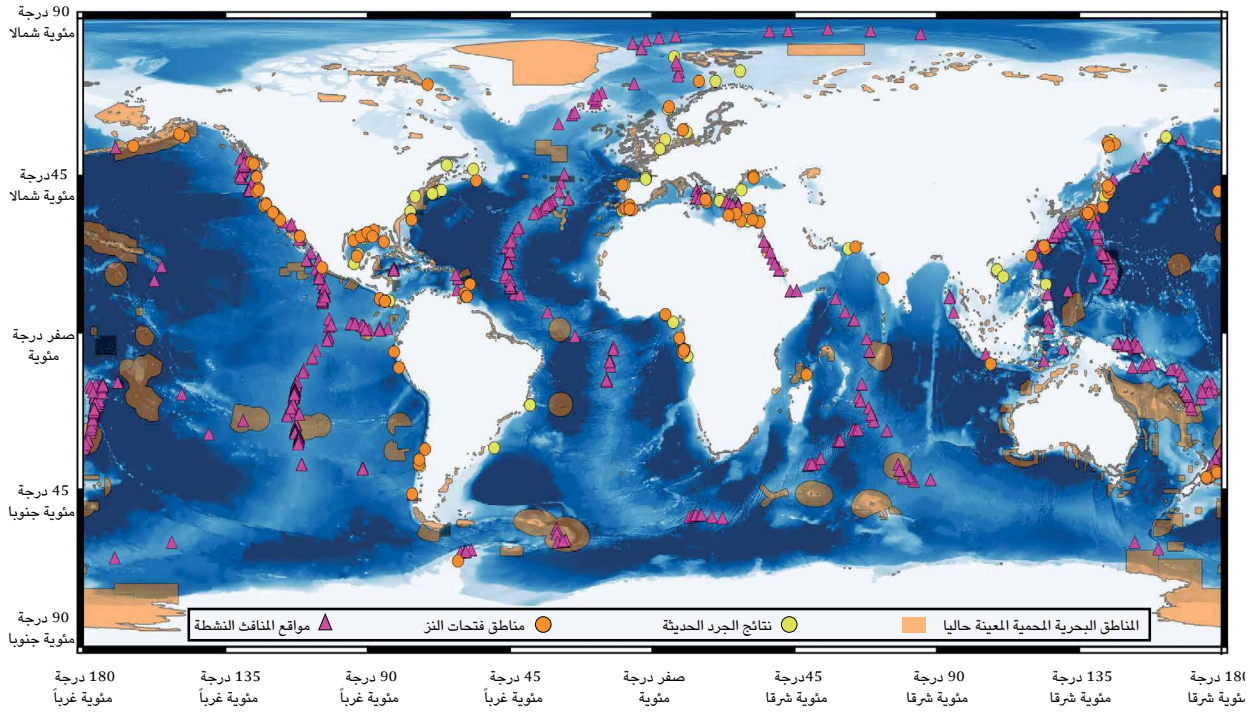
1-4-1 - الاستكشاف والمسح

مكن المسح المنهجي باستخدام مركبات غواصة مستقلة ترصد ما ينطوي عليه العمود المائي من حالات شاذة (على سبيل المثال درجة الحرارة، وجهد الأكسدة والاختزال أو الميثان، وفقاعات الغاز أو الجسيمات)، من تحسين القدرة على تحديد فتحات النز أو المنافث (Baker and others, 2016؛ James and others, 2016؛ Andreassen and others, 2017؛ Baumberger and others, 2018).

وامتد استكشاف أنظمة المنافث وفتحات النز في مناطق الاندساس في شمال غرب المحيط الهادئ (مثل Baker and others, 2017) وعلى الأحياد القطبية (Marques and others, 2020)، وفي المحيط الجنوبي (Linse and others, 2019)، وأحياد وسط وغرب وشرق المحيط الهندي (Copley and others, 2016)؛ Zhou and others, 2018؛ Gerdes and others, 2019) (الشكل الأول). وقد زاد عدد مناطق نز الميثان المحددة منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017b) على طول سواحل الولايات المتحدة (Quattrini and others, 2015؛ Baumberger and others, 2018)، وفي بحر الصين الجنوبي (Feng and others, 2018)، وفي البرازيل (جنوب غرب المحيط الأطلسي) (Ketzer and others, 2019)، وفي البحر الكاريبي (Digby and others, 2016)، والهند (خليج البنغال) (Mazumdar and others, 2019). وقد أسفر تحسين دقة مسح قاع البحار عن خطوط أساس مفصلة لأشكال توزيع التجمعات الحيوانية التي يمكن استخدامها لتقييم ردود الفعل على الأنشطة البشرية (Thornton and others, 2016؛ Gerdes and others, 2019).

الشكل الأول

مواقع المنافث النشطة ومناطق فتحات النز والمناطق البحرية المحمية المعينة حاليا



المصادر: مواقع المنافث النشطة مستمدة من قاعدة بيانات منظمة إنتريدج للمنافث (Beaulieu and Szafrański، 2020) (InterRidge Vent Database). ومناطق فتحات النز مأخوذة من قاعدة بيانات الجغرافية الأحيائية للنظم البيئية كيميائية التخليق في المياه العميقة (Biogeography of Deep-Water Chemosynthetic Ecosystems Database) (2019, ChEssBase). ونتائج الجرد الحديثة الأخرى مستمدة من (Olu and others, 2010)؛ (Quattrini and others, 2015)؛ (Baumberger and others, 2018)؛ (Feng and others, 2018)؛ (Etiope and others, 2019)؛ (McDonald and others, 2020). المناطق البحرية المحمية المعينة حالياً مأخوذة من قاعدة بيانات المركز العالمي لرصد حفظ الطبيعة التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة والاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة والموارد الطبيعية. قياس الأعماق استنادا إلى الموقع: www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data.

ملاحظات: وضعت الخريطة باستخدام تطبيق نظام المعلومات الجغرافية QGIS، النسخة 2.18.20 (QGIS Development Team, 2018).

1-4-2 - قابلية التغير في المكان والزمان

تظهر الدراسات الاستقصائية المتكررة أن من شأن استقرار المجتمعات الأحيائية أن يستمر على مدى عقود على الأحياد المتطاولة البطيئة (Cuvelier and others; 2011) وبعض الأحواض الخلفية المقوسة (Du Preez and Fisher; 2018). وهذا يتحدى النموذج القائم على الارتفاعات المتطاولة السريعة، الذي يفيد بأن المجتمعات الأحيائية في المنافث تتسم بديناميكية وهي قادرة على الصمود أمام الاضطراب. وتغذّي مصادر الطاقة الحرارية الأرضية والجيوكيميائية المتغيرة كلا النظامين الإيكولوجيين، بما في ذلك النظم الهجينة على الحواف الرسوبية (Goffredi and others, 2017). وتكشف النماذج الجينية والهيدرودينامية عن أنماط ترابط بين التجمعات الأحيائية، تتسم بأهمية حاسمة في سياق إدارة تنمية موارد قاع البحار (Mullineaux and others, 2018؛ Suzuki and others, 2018).

2 - التغيرات البيئية منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات

2-1 - التغيرات في الحالة العامة

2-1-1 - القوى المحركة والضغوط

تشمل القوى المحركة المسببة للتغير المرتبطة بالمنافث وفتحات النز تزايدَ الطلب الاقتصادي على الطاقة والمعادن الاستراتيجية والأغذية (الشكل الثاني). ويحرك الطلب على الوقود الأحفوري استغلالَ النفط والغاز في عرض البحر في أعماق تتجاوز 500 1 متر (Cordes and others, 2016) (انظر الجدول أدناه). وتتوسع مصائد الأسماك في أعماق البحار فوق الجبال البحرية، والمنحدرات الجزرية، والأحياد وسط المحيطية، والحواف القارية حيث تزدهر النظم الإيكولوجية للمنافث وفتحات النز. وتتعرض النظم الإيكولوجية لفتحات النز على الحواف القارية للاحترار في المياه العميقة مع ما يصاحب ذلك من تعزيز لتفكك ماء الميثان (James and others, 2016؛ Ruppel and Kessler, 2017)، ونقص الأكسجين المتزايد (Breitburg and others, 2018)، وتحمض المحيطات (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019) (انظر الجدول أدناه). وتشمل أوجه الضعف أنواع الهولوبيونات الكيميائية التخليق ذات الطلب المرتفع على الأكسجين بشكل خاص (Childress and Girguis, 2011)، والحيوانات المعتمدة على الطبقات التحتية المكونة من الكربونات (Ramirez-Llodra and others, 2011؛ Levin and Le Bris, 2015؛ Sweetman and others, 2017) (الشكل الثاني، انظر الجدول أدناه).

ويتطور استكشاف المترسبات الكبريتيدية الضخمة في قاع البحر (Petersen and others, 2016) واختبار التكنولوجيا الاستخراجية (Okamoto and others, 2019) (انظر الجدول أدناه). وبحلول عام 2018، كانت السلطة الدولية لقاع البحار قد أصدرت سبعة عقود لاستكشاف الكبريتيدات المتعددة الفلزات في المناطق الواقعة خارج حدود الولايات الوطنية في أجزاء من الأحياد وسط المحيطية للمحيطين الأطلسي والهندي حيث توجد منافث نشطة وغير نشطة (الفصل 18). وقد أُبلغ أيضا عن وجود نظم إيكولوجية للمنافث في المناطق الاقتصادية الخالصة التي تغطيها تراخيص استكشاف المترسبات الكبريتيدية الضخمة في قاع البحر. وفي حين أن استغلال الموارد قد يستهدف المترسبات الكبريتيدية الضخمة غير النشطة في قاع البحر (الفصل 18)، فإن تعريف "غير النشطة" لا يزال غير مقيد، ولا تزال خصائصها البيولوجية والإيكولوجية لم تخضع لما يكفي من الدراسة (Van Dover and others, 2019)، لا سيما في المواقع التي لا تحتوي إلا على منافث سوائل راشحة قد لا تُرصد في إطار عملية رصد الأعمدة المائية.

2-1-2 - حالة التغيرات المرتبطة بالضغوط والآثار المحتملة

أُبلغ عن تغيرات في الطبقات التحتية وانبعاثات المنافث وظهور كائنات بحرية جديدة بالقرب من ثقوب الحفر (Nakajima and others, 2015)، على النقيض من دراسة أثر أخرى (Copley and others, 1999). وقد جرى التنبؤ بالدمار الناجم عن الأضرار الناتجة عن الصيد بشباك الجر (Bowden and others, 2013) وتوثيق أثر إلقاء نفايات معالجة الخامات فوق فتحات النز (Samadi and others, 2015). وأبلغ عن زيادة الحطام البلاستيكي عند فتحات النز (Miyake and Chiba and others, 2018) ووُثق اتساع رقعة نقص الأكسجين والتحمض والاحترار في المناطق التي تحتضن فتحات النز والمنافث (IPCC, 2019).

3 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية

3-1 - الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق

تحظى ثماني مناطق تضم منافث أو فتحات نز بالحماية بموجب القانون الوطني في المناطق الاقتصادية الخالصة في البرتغال وفرنسا وكندا والمكسيك والولايات المتحدة (انظر الجدول أدناه). وخارج نطاق الولايات الوطنية، أوصت لجنة اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي المنشأة بموجب الاتفاقية[1] باعتبار "الأحياد المحيطية التي تضم حقول المنافث الحرارية المائية" موائل معرضة للانقراض/أو مهددة بالانقراض يتعين أن تستفيد من حماية شبكتها الخاصة بالمناطق البحرية المحمية في المنطقة الخامسة من الحيز البحري (منطقة القطب الشمالي وشمال الأطلسي) (OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR), 2014, 2018)) (انظر الجدول أدناه).

ووُصفت عدة حقول منافث بأنها مناطق بحرية ذات أهمية إيكولوجية أو بيولوجية في إطار عملية اتفاقية التنوع البيولوجي (Dunn and others, 2014؛ Bax and others, 2016) (انظر الجدول أدناه). ولا تشكل المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية أدوات إدارية قائمة على أساس المناطق، بل إنها توفر معلومات قد يكون لها دور في عمليات صنع القرار. وهناك توصية تدعو إلى اعتبار فتحات النز مناطق بحرية ذات أهمية إيكولوجية أو بيولوجية، ولكن قلة منها فقط تتمتع بوضع خاص (انظر الجدول أدناه).

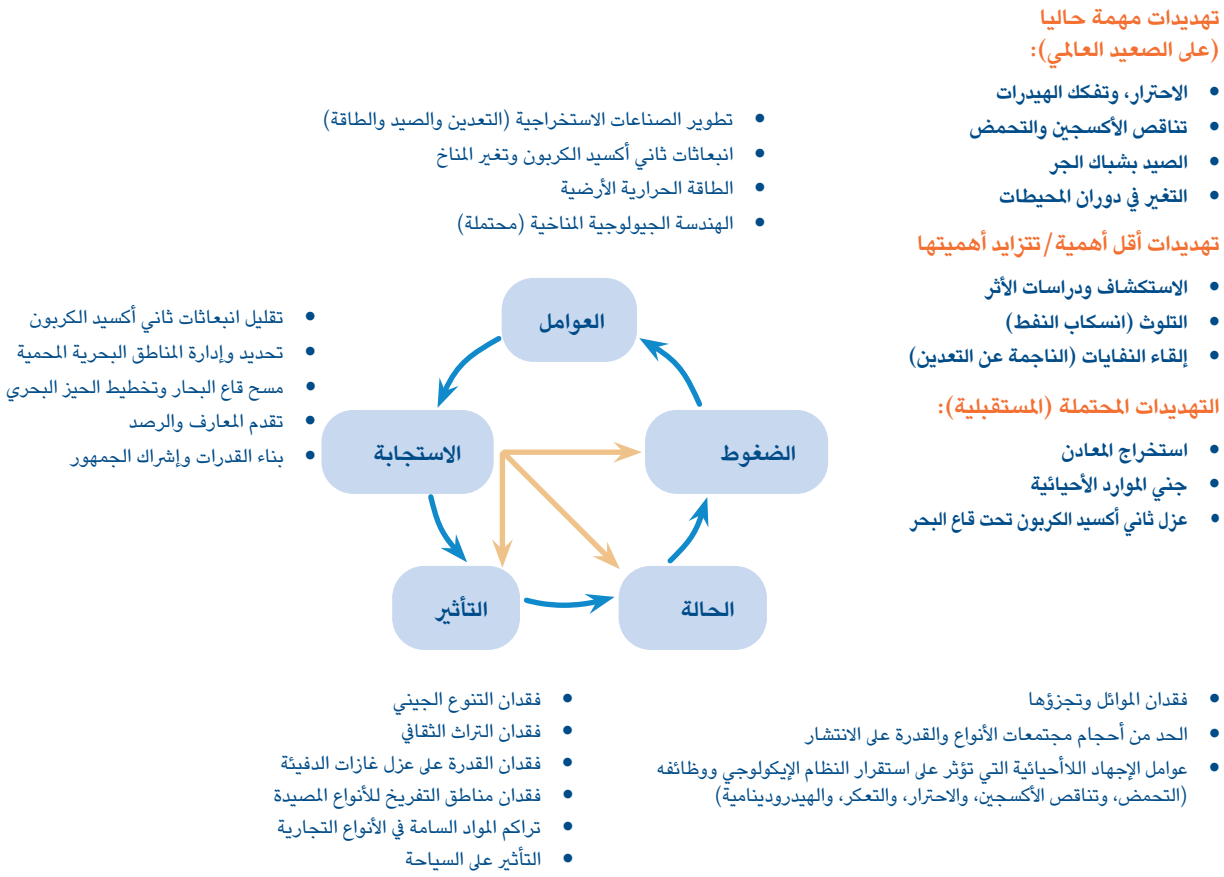
وتُعرّف الموائل التي تحتضن نظما إيكولوجية كيميائية التخليق بأنها مناطق تتمتع بحماية خاصة بموجب اتفاقية حماية البيئة البحرية والمناطق الساحلية للبحر الأبيض المتوسط لعام 1995[2] (United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, 2017) (انظر الجدول أدناه). ويتمثل نهج آخر يتبع فيما يتعلق بحفظ التنوع البيولوجي في تقييمُ القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة على النحو الذي نفذ مؤخرا فيما يخص منافث المحيط الهندي (Sigwart and others، 2019).

ورحبت الجمعية العامة في قرارها 71/123 المؤرخ 7 كانون الأول/ديسمبر 2016 بشأن مصائد الأسماك المستدامة بإجراءات الدول للتخلص من ممارسات الصيد المدمرة، وزيادة عدد المنافث المشمولة بالحماية (Menini and Van Dover, 2019) (الشكل الأول، انظر الجدول أدناه). وفي أعقاب وضع الخطوط التوجيهية الدولية لإدارة مصائد أسماك المياه العميقة في أعالي البحار (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009)، أصبحت المنظمات الإقليمية لإدارة مصائد الأسماك تعترف بالمنافث الحرارية المائية بوصفها نظما إيكولوجية بحرية هشة (FAO, 2016). ومن شأن وضع السلطة الدولية لقاع البحار خططا للإدارة البيئية الإقليمية أن يضمن حماية المنافث النشطة بوصفها مناطق ذات أهمية بيئية خاصة، إلا أن ندرة البيانات تجعل هذه المهمة صعبة (Dunn and others, 2018؛ الفصل 27 من هذا التقييم).

[1] United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No. 42279.
[2] المرجع نفسه، المجلد 1102، الرقم 16908.

الشكل الثاني

موجز نهج العوامل المحركة والضغوط والحالة والتأثير والاستجابة المتبع فيما يتعلق بالمنافث وفتحات النز



ملاحظة: ملخص للمعلومات المفصلة في الفرعين 2 و 3.

3-2 - الآثار المترتبة على تحقيق أهداف التنمية المستدامة

يدعو الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة[3] إلى حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها استخداما مستداما عن طريق تنفيذ القانون الدولي بصيغته الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[4]. ويتطلب تحقيق هذا الهدف تقييم الضغوط التراكمية لتغير المناخ والأنشطة البشرية على المنافث وفتحات النز (Levin and Le Bris, 2015)، وهو ما يتطلب استثمارات قوية في بناء القدرات ونقل التكنولوجيا وتطويرها لأغراض الأبحاث في أعماق البحار (الهدف 4 من أهداف التنمية البشرية، مع الغاية 4-باء المتصلة بنقل المعارف والتكنولوجيا في البلدان النامية). وتعزز جمعيات التعريف بالمحيطات حفظ المحيطات واستخدامها المستدام من خلال دعم الشراكات بين أصحاب المصلحة المتعددين، وفهم الجمهور للنظم الإيكولوجية للمنافث وفتحات النز (الغايتان 17-16 و 17-17 من أهداف التنمية المستدامة)، من خلال البعثات البحثية عن بعد، ومبادرات العلم التشاركي، وموجزات السياسات (من مبادرة المحافظة على أعماق البحار على سبيل المثال) والتعليم.

[3] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
[4] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1833, No. 31363.

وتوفر النظم البيئية الكيميائية التخليق "خدمات النظم الإيكولوجية التنظيمية" من أجل التخفيف من آثار تغير المناخ من خلال أداء وظيفة مراشح لانبعاثات الميثان الطبيعي وثاني أكسيد الكربون Thurber and others, 2014؛ James and others, 2016) (الهدف 7 من أهداف التنمية المستدامة). وتسهم تنمية قطاع الطاقة المتجددة في العجز المتوقع في الإمدادات المضمونة من معادن معينة، إلى جانب تحفيزها لاستكشاف الموارد المعدنية في أعماق البحار. وإذا جرى تعدين المترسبات الكبريتيدية الضخمة في قاع البحر في المنافث، فإن ذلك يعني ضمنيا تقديم تنازلات فيما يخص الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة مع إدخال الملوثات في السلسلة الغذائية وتدهور الموائل الأساسية، وهو ما لا يتفق مع أنشطة الصيد المستدامة. وقد يكون لذلك أثر على التنوع البيولوجي والابتكارات التكنولوجية الأحيائية والقيم الثقافية (انظر الفصل 18؛ انظر أيضا الفرع 2-1-1 أعلاه).

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

التهديدات الناشئة المخاطر وتقييمات جهود الحفظ المبذولة في مواقع المنافث وفتحات النز منذ عام 2014

الحوض	استكشاف الموارد واستغلالها	مخاطر تزايد الضغوط التراكمية (بما في ذلك تغير المناخ)	تقييم الحفظ وجهود الحفظ المبذولة
القطب الشمالي	استكشاف الموارد المعدنية على أحياد القطب الشمالي توسع استغلال الغاز توسع مصائد الأسماك	الاستغلال المتسارع مع تراجع الجليد البحري إلى جانب الاحترار (Sweetman and others, 2017) عن طريق زعزعة هيدرات الميثان (James and others, 2016)	آيسلندا: تحديد المنفثين الحراريين المائيين 1 و 2 في فيورد أيجفجوردر باعتبارهما من مكونات شبكة المناطق البحرية المحمية التابعة لاتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي (OSPAR, 2018)
شمال المحيط الأطلسي	وُقعت ثلاثة عقود استكشاف من عقود السلطة الدولية لقاع البحر تخص مرتفع وسط المحيط الأطلسي الشمالي في منطقة تحتضن حقول منافث نشطة (الاتحاد الروسي، 2012؛ فرنسا - 2014؛ بولندا، 2018).	احترار وتحمض المياه السحيقة/طبقة المياه الوسطى لشمال الأطلسي (Gehlen and others, 2014) آثار انتشار يرقات الأعمدة المائية على الربط (FAO, 2018)	المنطقة الاقتصادية الخالصة للبرتغال: أصبحت حقول منافث مينز غوين و لاكي ستراياك وريبنبو مشمولة بالحماية، وإدراج محمية الأزور البحرية ضمن مواقع ناتورا 2000 المنطقة البحرية المحمية في أعالي بحار جزر الأزور في مرتفع وسط المحيط الأطلسي الشمالي: حماية الأعمدة المائية بموجب اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي؛ وحماية البرتغال لقاع البحر وباطن الأرض (OSPAR, 2018) إسبانيا: اعتبار البراكين الطينية في خليج قادس موقعا ذا أهمية مجتمعية (توجيه الاتحاد الأوروبي بشأن الموائل الخاص بحفظ الموائل الطبيعية والحيوانات والنباتات البرية) (2014) برنامج الأمم المتحدة للبيئة/اتفاقية التنوع البيولوجي: اعتبار حقول منافث لوست سيتي، وبروكن سبور، والخط العرضي عبر المحيط الأطلسي مناطق بحرية ذات أهمية إيكولوجية أو بيولوجية
البحر الأبيض المتوسط	التوسع في استخراج الغاز الطبيعي، شرق وجنوب غرب البحر الأبيض المتوسط	احترار المياه المتوسطة/العميقة، وتناقص الأكسجين؛ وانخفاض التهوية في المياه السحيقة العمق (Adloff and others, 2015)	الهيئة العامة لمصائد أسماك البحر الأبيض المتوسط التابعة لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (2018): إغلاق مصائد الأسماك بسبب النظام الإيكولوجي البحري الهش لفتحات نز الهيدروكربونات الباردة في دلتا النيل
البحر الأسود		يعزز تغير الملوحة زعزعة استقرار ماء الميثان (Riboulot and others، 2018)، وامتداد نقص الأكسجين، والأخطار المحدقة بالنظام الإيكولوجي لفتحات النز	
جنوب المحيط الأطلسي	التنقيب عن النفط والغاز في أعماق البحار واستغلالهما قبالة السواحل البرازيلية (Almada and Bernardino, 2017)	إنتاج واسع النطاق للنفط في الحافة القارية قبالة البرازيل، والحد من استكشاف فتحات النز (Bernardino and Sumida, 2017)	

الحوض	استكشاف الموارد واستغلالها	مخاطر تزايد الضغوط التراكمية (بما في ذلك تغير المناخ)	تقييم الحفظ وجهود الحفظ المبذولة
خليج المكسيك، منطقة البحر الكاريبي	التنقيب في أعماق خليج المكسيك وقبالة سواحل غيانا عن النفط والغاز واستغلالهما	تغير المناخ وامتداد المناطق الميتة الناشئ عن فرط المغذيات وآثار ذلك على فتحات النز في الأعماق المتوسطة (Johnson and Purkey 2009؛ Breitburg and others, 2018) التنقيب عن النفط بالتوازي مع الاستكشاف المحدود لفتحات النز في جنوب غرب البحر الكاريبي (Digby and others, 2016)	
المحيط الهندي	أربعة عقود استكشاف صادرة عن السلطة الدولية لقاع البحار في المناطق التي تحتضن حقول منافث نشطة في مرتفع جنوب غرب المحيط الهندي (الصين، 2011) ومرتفع وسط المحيط الهندي (جمهورية كوريا، 2104؛ ألمانيا - 2015؛ الهند - 2016)	حساسية النظم الإيكولوجية لفتحات النز لانخفاض الأكسجين على المستوى الإقليمي في حواف باكستان (Fischer and others, 2012)	القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة للكائنات المعرضة للانقراض: اعتبار قشريات الأقدام من طائفة بطنيات الأقدام على أنها مهددة بالانقراض، وإتمام مشاريع التقييمات المتعلقة بالأنواع المتوطنة في المنافث الإقليمية (Sigwart and others, 2019)
شمال المحيط الهادئ	إجراء المؤسسة الوطنية اليابانية للنفط والغاز والمعادن اختبارات استخراج المترسبات الكبريتيدية الضخمة في قاع البحر في غور أوكيناوا (Okamoto and others, 2019) بحر الصين الجنوبي: اختبار إنتاج متعلق باستخراج هيدرات الغاز من فتحات النز (Li and others, 2018)	زيادة ضغوط الصيد بشباك الجر مقرونة بالاحترار في شمال شرق المحيط الهادئ زيادة خطر تفكك ماء الميثان (Ruppel and Kessler, 2017؛ Hautala and others, 2014)	كندا: منافث المحيط الهادئ في المنطقة الاقتصادية الخالصة قبالة سواحل المحيط الهادئ هي "منطقة موضع اهتمام"؛ تعتبر فتحات النز البارد في المحيط الهادئ الكندي مناطق بحرية ذات أهمية إيكولوجية أو بيولوجية (Fisheries and Oceans Canada (DFO), 2018) المكسيك: اعتبار حوض غايماس ومرتفع شرق المحيط الهادئ في نظام المناطق البحرية المحمية في المنطقة الاقتصادية الخالصة ملاذا آمنا (قرر في عام 2009، ونشرت خطة الإدارة في عام 2014، EBSA: Guaymas Basin Hydrothermal Vents Sanctuary (في عام 2016))؛ محمية المحيط الحيوي المكسيكية في المحيط الهادئ العميق (في عام 2018) قرر مجلس إدارة مصائد الأسماك في المحيط الهادئ التابع للولايات المتحدة (2019) اعتبار فتحات النز موائل أساسية للأسماك المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية: فتحات النز البارد في جنوب غرب حوض تايوان
جنوب المحيط الهادئ	تراخيص استكشاف المترسبات الكبريتيدية الضخمة في قاع البحر في المنافث في المناطق الاقتصادية الخالصة في جنوب غرب المحيط الهادئ	أثر مخلفات الألغام الأرضية على المنافث/فتحات النز (Samadi and others, 2015)	المنطقة الاقتصادية الخالصة في نيوزيلندا: 88 في المائة من المنافث الحرارية المائية النشطة تعتبر مناطق بحرية محمية. المنطقة الاقتصادية الخالصة فرنسا - كاليدونيا الجديدة (2014): أنظمة فتحات ضحلة وأحياد غير مستكشفة في المنطقة البحرية المحمية للمحمية البحرية بحر المرجان ضوابط التعدين والسياسات البيئية في عدة دول جزرية
المحيط الجنوبي		تأثر المنافث في مرتفع شرق سكوتيا وفتحات النز في أنتاركتيكا بالاحترار والتغيرات في دورة وتدفق الكربون (Römer and others, 2014b)	تحديد الأنواع التي تستوطن المنافث وفتحات النز في دليل لجنة حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا لتصنيف أنواع النظم الإيكولوجية البحرية الهشة (2009)

5 - آفاق المستقبل

لا يزال توثيق ظروف الكائنات الحية والموائل في المنافث وفتحات النز توثيقا ضعيفا، بما في ذلك مناطق المنافث التي يجري فيها استكشاف المعادن (مثل المحيط الهندي). ولا وجود لأي وصف للجغرافية الأحيائية لفتحات النز (Olu and others, 2010). وآثار استخراج المترسبات الكبريتيدية الضخمة في قاع البحر على النظم الإيكولوجية للمنافث النشطة ومحيطها غير واضحة. وتشمل الآثار المتوقعة أعمدة الرواسب، وانبعاثات المركبات السامة، وفقدان الموائل، واضطراب الارتباط بين العشائر المختلفة (Dunn and others,

2018). وقد شُرع في وضع نماذج لانتشار اليرقات وأبرزت آخر نتائجها محدودية الاتصال بين الأقاليم في مناطق مثل غرب المحيط الهادئ (Mitarai and others, 2016). ويمثل طول البقاء المتميز للأنواع الأساسية للنظم الإيكولوجية في فتحات النز (حتى 200 عام) إشارة على بطء التعافي من الاضطرابات Fisher and others, 2016). ومن شأن كل من الصيد بشباك الجر (انظر الفرع 2-1-2 أعلاه) واستغلال الوقود الأحفوري أن يخلفا أيضا آثارا طويلة الأجل (Amon and others, 2017). ولا يزال نقص بيانات الأساس المتعلقة بفتحات النز يحد من التنبؤ بقدرة مجتمعات الأحياء على الصمود (Cordes and others, 2016).

وعلاوة عن التحمض، يؤثر نفاد الأكسجين وتدفق الميثان وتغيرات الحالة الهيدروديناميكية الناتجة عن اضطراب المناخ على مناطق واسعة تحتضن النظم الإيكولوجية للمنافث وفتحات النز، ومن المرجح أن يتفاعل ذلك مع العمليات البيولوجية الرئيسية، على الرغم من أنه لم يتم بعد الإبلاغ عن آثار محددة. ومن المتوقع أن يتمثل التأثير المباشر للاحترار على فتحات النز في تفكك ماء الميثان (Ruppel and Kessler, 2017). وقد تؤثر التغيرات في عمود المياه العلوي أيضا على نشر عناصر التكاثر في المنافث وفتحات النز (Yahagi and others, 2017؛ Mullineaux and others, 2018).

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال المعرفة

لا تزال معدلات اكتشاف الأنواع التي تستوطن المنافث مرتفعة، وهو ما يشير إلى ثراء الأنواع التي أخذت عينات منها (Thaler and Amon, 2019). وستمكن قواعد بيانات الأحياء البحرية الكيميائية التخليق (ChEssBase, 2019؛ Chapman and others, 2019) من إجراء تحليلات على النطاق العالمي واستخدام تقنيات جديدة، مثل متوالية الإنتاجية المرتفعة للحمض النووي البيئي، بينما ستساعد نماذج المجتمعات المحلية ذات الأصناف المتعددة على حل أنماط التفاعل (Chen and others, 2015؛ Breusing and others, 2016؛ Mullineaux and others, 2018).

والبحوث الطويلة الأجل بشأن النظم الإيكولوجية ضرورية لتوضيح العمليات التي تربط مجتمعات المنافث وفتحات النز بعوامل الإجهاد الناجمة عن تغير المناخ (IPCC, 2019). ويلزم اتخاذ تدابير في الموقع ترتبط بالاستجابات الفسيولوجية والتغيرات في عمل النظام الإيكولوجي لتقييم قابلية التأثر بتغير المناخ. وتبقى عتبات تحمل عوامل الإجهاد المناخية مجهولة إلى حد كبير، ولا سيما بالنسبة للأنواع المزدهرة في المناطق المحيطة المتسمة بنقص الأكسجين (Fischer and others, 2012).

ويفتقر إلى التقديرات الكمية لمخزون الكربون في المنافث وفتحات النز، بما في ذلك النطاقات وعوامل التحكم المتعلقة بإنتاجية المنافث وفتحات النز (Marlow and others, 2014؛ Le Bris and others, 2019) ودور الفيروسات كوسيط في إيكولوجيا بدائيات النوى (Corinaldesi and others, 2012؛ Ortmann and others, 2005). وهناك حاجة إلى إجراء تقييمات متكاملة لتصريف انبعاثات المنافث في الدورة الجيوكيميائية الأحيائية للمحيطات، وذلك لتقييم آثار عملية ضخ الحديد على إنتاجية المياه السطحية (Guieu and others, 2018؛ Ardyna and others, 2019).

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

الثغرات في مجال القدرات أكبر وقعا في أقل البلدان نموا، ولا سيما في الدول الجزرية الصغيرة النامية التي تضم موارد مشتقة من المنافث وفتحات النز. ويشكل تدريب علماء أعماق البحار الجدد في التخصصات المتصلة بالبيئة تحديا تقر به برامج اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات (Intergovernmental Oceanographic Commission of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO-IOC), 2016). وتتطلب التقييمات الإيكولوجية معرفة بالكائنات الحيوانية، في حين أن الأدوات الجزيئية تحتاج إلى التحقق من النتائج ميدانيا. وتدعم البيانات الأوقيانوغرافية وقوائم جرد الأنواع نماذج عمل النظم الإيكولوجية، مما يساعد على التنبؤ بحالات الضعف والانتعاش. ويشمل نقل المعارف في مجال تصنيف الأنواع وتطوير تكنولوجيات منخفضة التكلفة للبحوث والرصد في أعماق البحار (Levin and others, 2019)، والمسح، بينما يتطلب استكشاف وتطوير استراتيجيات الرصد تدريب العلماء والطلاب الشباب، ولا سيما النساء.

المراجع

Adloff, Fanny, and others (2015). Mediterranean Sea response to climate change in an ensemble of twenty first century scenarios. *Climate Dynamics*, vol. 45, pp. 2775–2802.

Almada, Gustavo Vaz de Mello Baez, and Angelo Fraga Bernardino (2017). Conservation of deep-sea ecosystems within offshore oil fields on the Brazilian margin, SW Atlantic. *Biological Conservation*, vol. 206, pp. 92–101. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.12.026.

Amon, Diva J., and others (2017). Characterization of methane-seep communities in a deep-sea area designated for oil and natural gas exploitation off Trinidad and Tobago. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 342.

Andreassen, Karin, and others (2017). Massive blow-out craters formed by hydrate-controlled methane expulsion from the Arctic seafloor. *Science*, vol. 356, No. 6341, pp. 948–953.

Ardyna, Mathieu, and others (2019). Hydrothermal vents trigger massive phytoplankton blooms in the Southern Ocean. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, pp. 1–8.

Baker, Edward T., and others (2016). How many vent fields? New estimates of vent field populations on ocean ridges from precise mapping of hydrothermal discharge locations. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 449, pp. 186–196.

Baker, Edward T., and others (2017). The effect of arc proximity on hydrothermal activity along spreading centers: new evidence from the Mariana Back Arc (12.7°N–18.3°N). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 18, No. 11, pp. 4211–4228.

Beaulieu, Stace E., and Kamil M. Szafrański (2020). InterRidge Global Database of Active Submarine Hydrothermal Vent Fields Version 3.4. PANGAEA. https://doi.org/10.1594/PANGAEA.917894.

Baumberger, Tamara, and others (2018). Mantle-derived helium and multiple methane sources in gas bubbles of cold seeps along the Cascadia Continental Margin. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 19, No. 11, pp. 4476–4486.

Bax, Nicholas J., and others (2016). Results of efforts by the Convention on Biological Diversity to describe ecologically or biologically significant marine areas. *Conservation Biology*, vol. 30, No. 3, pp. 571–581.

Bernardino, Angelo F., and Paulo Y.G. Sumida (2017). Deep risks from offshore development. *Science*, vol. 358, No. 6361, pp. 312–312.

Boetius, Antje, and Frank Wenzhöfer (2013). Seafloor oxygen consumption fuelled by methane from cold seeps. *Nature Geoscience*, vol. 6, No. 9, pp. 725–734.

Bowden, David A., and others (2013). Cold seep epifaunal communities on the Hikurangi Margin, New Zealand: composition, succession, and vulnerability to human activities. *PLoS One*, vol. 8, No. 10, e76869.

Breitburg, Denise, and others (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, vol. 359, No. 6371, eaam7240.

Breusing, Corinna, and others (2016). Biophysical and population genetic models predict the presence of "phantom" stepping stones connecting Mid-Atlantic Ridge vent ecosystems. *Current Biology*, vol. 26, No. 17, pp. 2257–2267.

Chapman, Abbie S.A., and others (2019). sFDvent: A global trait database for deep-sea hydrothermal-vent fauna. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 28, No. 11, pp. 1538–1551.

Chapman, Abbie S.A., and others (2018). Both rare and common species make unique contributions to functional diversity in an ecosystem unaffected by human activities. *Diversity and Distributions*, vol. 24, No. 5, pp. 568–578.

Chen, Chong, and others (2015). Low connectivity between "scaly-foot gastropod" (Mollusca: Peltospiridae) populations at hydrothermal vents on the Southwest Indian Ridge and the Central Indian Ridge. *Organisms Diversity & Evolution*, vol. 15, No. 4, pp. 663–670.

ChEssBase (2019). http://ipt.vliz.be/eurobis/resource?r=chessbase.

Chiba, Sanae, and others (2018). Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris. *Marine Policy*, vol. 96, pp. 204–212.

Childress, J.J., and Peter R. Girguis (2011). The metabolic demands of endosymbiotic chemoautotrophic metabolism on host physiological capacities. *Journal of Experimental Biology*, vol. 214, No. 2, pp. 312–325.

Colaço, Ana, and others (2006). Bioaccumulation of Hg, Cu, and Zn in the Azores triple junction hydrothermal vent fields food web. *Chemosphere*, vol. 65, No. 11, pp. 2260–2267.

Copley, Jonathan T.P., and others (1999). Subannual temporal variation in faunal distributions at the TAG hydrothermal mound (26° N, Mid-Atlantic Ridge). *Marine Ecology*, vol. 20, Nos. 3–4, pp. 291–306.

Copley, J.T., and others (2016). Ecology and biogeography of megafauna and macrofauna at the first known deep-sea hydrothermal vents on the ultraslow-spreading Southwest Indian Ridge. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 39158.

Cordes, Erik E., and others (2016). Environmental impacts of the deep-water oil and gas industry: a review to guide management strategies. *Frontiers in Environmental Science*, vol. 4, art. 58.

Cordes, Erik E., and others (2009). Macro-ecology of Gulf of Mexico cold seeps. *Annual Review of Marine Science*, vol. 1, pp. 143–168.

Corinaldesi, Cinzia, and others (2012). Viral infections stimulate the metabolism and shape prokaryotic assemblages in submarine mud volcanoes. *The ISME Journal*, vol. 6, No. 6, pp. 1250–1259. https://doi.org/10.1038/ismej.2011.185.

Cuvelier, Daphne, and others (2011). Community dynamics over 14 years at the Eiffel Tower hydrothermal edifice on the Mid-Atlantic Ridge. *Limnology and Oceanography*, vol. 56, No. 5, pp. 1624–1640.

Di Carlo, Marta, and others (2017). Trace elements and arsenic speciation in tissues of tube dwelling polychaetes from hydrothermal vent ecosystems (East Pacific Rise): an ecological role as antipredatory strategy? *Marine Environmental Research*, vol. 132, pp. 1–13.

Digby, Adrian, and others (2016). Cold seeps associated with structured benthic communities: more accurate identification and evaluation using a new multibeam survey methodology in the offshore Southern Colombian Caribbean. *International Journal of Geosciences*, vol. 7, No. 5, pp. 761–774.

Dubilier, Nicole, and others (2008). Symbiotic diversity in marine animals: the art of harnessing chemosynthesis. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 6, No. 10, p. 725.

Du Preez, Cherisse, and Charles R. Fisher (2018). Long-term stability of back-arc basin hydrothermal vents. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 54.

Dunn, Daniel C., and others (2014). The Convention on Biological Diversity's ecologically or biologically significant areas: origins, development, and current status. *Marine Policy*, vol. 49, pp. 137–145.

Dunn, Daniel C., and others (2018). A strategy for the conservation of biodiversity on mid-ocean ridges from deep-sea mining. *Science Advances*, vol. 4, No. 7.

Etiope, Giuseppe, and others (2019). Gridded maps of geological methane emissions and their isotopic signature. *Earth System Science Data*, vol. 11, pp. 1–22.

Fisheries and Oceans Canada (DFO) (2018). *Assessment of Canadian Pacific Cold Seeps against Criteria for Determining Ecologically and Biologically Significant Areas. DFO Canadian Science Advisory Secretariat. Science Response 2018/002.*

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2009). *International Guidelines for the Management of Deep-Sea Fisheries in the High-Seas*. Rome.

_____ (2016). *Vulnerable Marine Ecosystems: Processes and Practices in the High Seas*, Anthony Thompson and others, eds. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 595. Rome.

_____ (2018). *Deep-Ocean Climate Change Impacts on Habitat, Fish and Fisheries*, Lisa Levin, Maria Baker and Anthony Thompson, eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 638. Rome.

Feng, Dong, and others (2018). Cold seep systems in the South China Sea: An overview. *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 168, pp. 3–16.

Fischer, David, and others (2012). Interaction between hydrocarbon seepage, chemosynthetic communities, and bottom water redox at cold seeps of the Makran accretionary prism: insights from habitat-specific pore water sampling and modeling. *Biogeosciences*, vol. 9, No. 6, pp. 2013–2031.

Fisher, Charles R., and others (2016). How Did the Deepwater Horizon Oil Spill Impact Deep-Sea Ecosystems?, *Oceanography*, vol. 29, No. 3, pp. 182–195.

Gehlen, Marion, and others (2014). Projected pH reductions by 2100 might put deep North Atlantic biodiversity at risk. *Biogeosciences,* vol. 11, pp. 6955–6967.

General Fisheries Commission for the Mediterranean of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (GFCM-FAO) (2018). *Forty-Second Session of the Commission. Final Report English (before editing). FAO Headquarters, Rome, Italy, 22–26 October 2018.*

Gerdes, Klaas, and others (2019). Detailed mapping of hydrothermal vent fauna: a 3D reconstruction approach based on video imagery. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 96.

German, Christopher R., and others (2016). Hydrothermal impacts on trace element and isotope ocean biogeochemistry. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 374, No. 2081, 20160035.

Goffredi, Shana K., and others (2017). Hydrothermal vent fields discovered in the southern Gulf of California clarify role of habitat in augmenting regional diversity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 284, No. 1859, 20170817.

Gollner, Sabine, and others (2017). Resilience of benthic deep-sea fauna to mining activities. *Marine Environmental Research*, vol. 129, pp. 76–101.

Govenar, Breea (2010). Shaping vent and seep communities: habitat provision and modification by foundation species. In *The Vent and Seep Biota*, pp. 403–432. Springer.

Grupe, Benjamin M., and others (2015). Methane seep ecosystem functions and services from a recently discovered southern California seep. *Marine Ecology*, vol. 36, pp. 91–108.

Guieu, Cécile, and others (2018). Iron from a submarine source impacts the productive layer of the Western Tropical South Pacific (WTSP). *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 9075.

Hall-Spencer, Jason M., and others (2008). Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature*, vol. 454, No. 7200, pp. 96–99.

Hautala, Susan L., and others (2014). Dissociation of Cascadia margin gas hydrates in response to contemporary ocean warming. *Geophysical Research Letters*, vol. 41, No. 23, pp. 8486–8494.

Intergovernmental Oceanographic Commission of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO–IOC) (2016). *UNESCO–IOC Capacity Building Strategy 2015–2021. Paris. IOC/INF–1332*.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019). Summary for Policymakers. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, H–O. Pörtner and others, eds.

James, Rachael H., and others (2016). Effects of climate change on methane emissions from seafloor sediments in the Arctic Ocean: a review. *Limnology and Oceanography*, vol. 61, No. S1, pp. S283–S299.

Johnson, Gregory C., and Sarah G. Purkey (2009). Deep Caribbean Sea warming. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 56, No. 5, pp. 827–834.

Ketzer, Marcelo, and others (2019). Gas seeps at the edge of the gas hydrate stability zone on Brazil's continental margin. *Geosciences*, vol. 9, No. 5, art. 193.

Le Bris, Nadine, and others (2019). Hydrothermal energy transfer and organic carbon production at the deep seafloor. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5.

Levin, Lisa A., and others (2016). Hydrothermal vents and methane seeps: rethinking the sphere of influence. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 72.

Levin, Lisa A., and others (2019). Global observing needs in the deep ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 241.

Levin, Lisa A., and Myriam Sibuet (2012). Understanding continental margin biodiversity: a new imperative. *Annual Review of Marine Science*, vol. 4, pp. 79–112.

Levin, Lisa A., and Nadine Le Bris (2015). The deep ocean under climate change. *Science*, vol. 350, No. 6262, pp. 766–768.

Li, Jin–fa, and others (2018). The first offshore natural gas hydrate production test in South China Sea. *China Geology*, vol. 1, No. 1, pp. 5–16.

Linse, Katrin, and others (2019). Fauna of the Kemp Caldera and its upper bathyal hydrothermal vents (South Sandwich Arc, Antarctica). *Royal Society Open Science*, vol. 6, No. 11, 191501.

MacDonald, Ian R., and others (2020). The Asphalt Ecosystem of the Southern Gulf of Mexico: Abyssal Habitats Across Space and Time. In: *Scenarios and Responses to Future Deep Oil Spills*, pp. 132–146. Springer.

Marques, Ana F., and others (2020). The Seven Sisters Hydrothermal System: first record of shallow hybrid mineralization hosted in mafic volcaniclasts on the Arctic mid–ocean ridge. *Minerals*, vol. 10, No. 5, art. 439. https://doi.org/10.3390/min10050439.

Marlow, Jeffrey J., and others (2014). Carbonate–hosted methanotrophy represents an unrecognized methane sink in the deep sea. *Nature Communications*, vol. 5, art. 5094.

Mazumdar, A., and others (2019). The first record of active methane (cold) seep ecosystem associated with shallow methane hydrate from the Indian EEZ. *Journal of Earth System Science*, vol. 128, No. 1, art. 18.

Menini, Elisabetta, and Cindy Lee Van Dover (2019). An atlas of protected hydrothermal vents. *Marine Policy*, vol. 108, art. 103654.

Mitarai, Satoshi, and others (2016). Quantifying dispersal from hydrothermal vent fields in the western Pacific Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, No. 11, pp. 2976–2981.

Moalic, Yann, and others (2012). Biogeography revisited with network theory: retracing the history of hydrothermal vent communities. *Systematic Biology*, vol. 61, No. 1, p. 127.

Mullineaux, Lauren S., and others (2018). Exploring the ecology of deep–sea hydrothermal vents in a metacommunity framework. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 49.

Nakajima, Ryota, and others (2015). Post–drilling changes in seabed landscape and megabenthos in a deep–sea hydrothermal system, the Iheya North field, Okinawa Trough. *PLoS One*, vol. 10, No. 4, e0123095.

Okamoto, Nobuyuki, and others (2019). World's first lifting test for seafloor massive sulphides in the Okinawa Trough in the EEZ of Japan. In *The 29th International Ocean and Polar Engineering Conference*. International Society of Offshore and Polar Engineers.

Olu, Karine, and others (2010). Biogeography and potential exchanges among the Atlantic equatorial belt cold-seep faunas. *PloS One*, vol. 5, No. 8, e11967.

Orcutt, Beth N., and others (2011). Microbial ecology of the dark ocean above, at, and below the seafloor. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 75, No. 2, pp. 361–422.

Ortmann, Alice C., and Curtis A. Suttle (2005). High abundances of viruses in a deep-sea hydrothermal vent system indicates viral mediated microbial mortality. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 52, No. 8, pp. 1515–27. https://doi.org/10.1016/j.dsr.2005.04.002.

OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR) (2014). *Recommendation 2014/11 on Furthering the Protection and Conservation of Hydrothermal Vents/Fields Occurring on Oceanic Ridges in Region V of the OSPAR Maritime Area*. OSPAR 14/21/1, Annex 16.

_____ (2018). *Status Report on the OSPAR Network of Marine Protected Areas*.

Papot, Claire, and others (2017). Antagonistic evolution of an antibiotic and its molecular chaperone: how to maintain a vital ectosymbiosis in a highly fluctuating habitat. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, art. 1454.

Petersen, Sven, and others (2016). News from the seabed – geological characteristics and resource potential of deep-sea mineral resources. *Marine Policy*, vol. 70, pp. 175–187.

QGIS Development Team (2018). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.osgeo.org.

Quattrini, Andrea M., and others (2015). Exploration of the canyon-incised continental margin of the northeastern United States reveals dynamic habitats and diverse communities. *PLoS One*, vol. 10, No. 10, e0139904.

Ramirez-Llodra, Eva, and others (2011). Man and the last great wilderness: human impact on the deep sea. *PLoS One*, vol. 6, No. 8, e22588.

Resing, Joseph A., and others (2015). Basin-scale transport of hydrothermal dissolved metals across the South Pacific Ocean. *Nature*, vol. 523, No. 7559, pp. 200–203.

Riboulot, Vincent, and others (2018). Freshwater lake to salt-water sea causing widespread hydrate dissociation in the Black Sea. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 117.

Rogers, Alex D., and others (2012). The discovery of new deep-sea hydrothermal vent communities in the Southern Ocean and implications for biogeography. *PLoS Biology*, vol. 10, No. 1, e1001234.

Römer, Miriam, and others (2014a). First evidence of widespread active methane seepage in the Southern Ocean, off the sub-Antarctic island of South Georgia. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 403, pp. 166–177.

Römer, Miriam, and others (2014b). Methane fluxes and carbonate deposits at a cold seep area of the Central Nile Deep Sea Fan, Eastern Mediterranean Sea. *Marine Geology*, vol. 347, pp. 27–42.

Rossi, Giulia S., and Verena Tunnicliffe (2017). Trade-offs in a high CO_2 habitat on a subsea volcano: condition and reproductive features of a bathymodioline mussel. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 574, pp. 49–64.

Rubin-Blum, and others (2019). Genetic Evidence for Two Carbon Fixation Pathways (the Calvin-Benson-Bassham Cycle and the Reverse Tricarboxylic Acid Cycle) in Symbiotic and Free-Living Bacteria. *MSphere*, vol. 4, No. 1, e00394–18.

Ruppel, Carolyn D., and John D. Kessler (2017). The interaction of climate change and methane hydrates. *Reviews of Geophysics*, vol. 55, No. 1, pp. 126–168.

Samadi, Sarah, and others (2015). Patchiness of deep-sea communities in Papua New Guinea and potential susceptibility to anthropogenic disturbances illustrated by seep organisms. *Marine Ecology*, vol. 36, pp. 109–132.

Scott, Kathleen M., and others (2018). Diversity in CO_2-concentrating mechanisms among chemolithoautotrophs from the genera *Hydrogenovibrio*, *Thiomicrorhabdus*, and *Thiomicrospira*, ubiquitous in sulfidic habitats worldwide. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 85, No. 3.

Seabrook, Sarah, and others (2019). Heterogeneity of methane seep biomes in the Northeast Pacific. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 150, pp. 195–209.

Sigwart, Julia D., and others (2019). Red Listing can protect deep-sea biodiversity. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 3, No. 8, p. 1134.

Suzuki, Kenta, and others (2018). Mapping the resilience of chemosynthetic communities in hydrothermal vent fields. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 9364.

Sweetman Andrew K., and others (2017). Major impacts of climate change on deep-sea benthic ecosystems. *Elementa Science of the Anthropocene*, vol. 5, No. 4, art. 203.

Tagliabue, Alessandro, and Joseph Resing (2016). Impact of hydrothermalism on the ocean iron cycle. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 374, 20150291.

Tasiemski, Aurélie, and others (2014). Characterization and function of the first antibiotic isolated from a vent organism: the extremophile metazoan *Alvinella pompejana*. *PLoS One*, vol. 9, No. 4, e95737.

Thaler, Andrew D., and Diva Amon (2019). 262 Voyages Beneath the Sea: a global assessment of macro-and megafaunal biodiversity and research effort at deep-sea hydrothermal vents. *PeerJ*, vol. 7, e7397.

Thornton, Blair, and others (2016). Biometric assessment of deep-sea vent megabenthic communities using multi-resolution 3D image reconstructions. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 116, pp. 200–219.

Thurber, Andrew R., and others (2014). Ecosystem function and services provided by the deep sea. *Biogeosciences*, vol. 11, No. 14, pp. 3941–3963.

Tunnicliffe, Verena, and others (2009). Survival of mussels in extremely acidic waters on a submarine volcano. *Nature Geoscience*, vol. 2, No. 5, p. 344.

United Nations (2017a). Chapter 45: Hydrothermal vents and cold seeps. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan (2017). *Draft Guidelines for Inventoring and Monitoring of Dark Habitats*. UNEP(DEPI)/MED WG. 431/Inf.12. Nairobi: UNEP.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2019). Protected Planet: The World Database on Protected Areas, Cambridge, United Kingdom. www.protectedplanet.net.

United States Pacific Fishery Management Council (2019). *Pacific Coast Groundfish Fishery Management Plan For The California, Oregon, And Washington Groundfish Fishery. Appendix B Part 2. Groundfish Essential Fish Habitat And Life History Descriptions, Habitat Use Database Description, and Habitat Suitability Probability Information*. www.pcouncil.org/wp-content/uploads/2019/06/Appendix-B2-FINAL-Am^{2}8.pdf.

Van Dover, Cindy Lee (2019). Inactive sulfide ecosystems in the deep sea: a review. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 461.

Vetriani, Costantino, and others (2005). Mercury adaptation among bacteria from a deep-sea hydrothermal vent. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 71, No. 1, pp. 220–226.

Wankel, Scott D., and others (2011). Influence of subsurface biosphere on geochemical fluxes from diffuse hydrothermal fluids. *Nature Geoscience*, vol. 4, No. 7, p. 461.

Watanabe, Hiromi, and others (2010). Japan: vents and seeps in close proximity. In *The Vent and Seep Biota*, pp. 379–401. Springer.

Yahagi, Takuya, and others (2017). Do larvae from deep-sea hydrothermal vents disperse in surface waters? *Ecology*, vol. 98, No. 6, pp. 1524–1534.

Zhou, Yadong, and others (2018). Characterization of vent fauna at three hydrothermal vent fields on the Southwest Indian Ridge: implications for biogeography and interannual dynamics on ultraslow-spreading ridges. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 137, pp. 1–12.

الفصل 7 فاء

بحر سارغاسو

المساهمون: هوارد س. ج. رو (منظم الاجتماع)، وديفيد فريستون، ولورانس كيل، وبريان إ. لاكهرست، وتامي وارن.

النقاط الرئيسية

- بحر سارغاسو منطقة في أعالي البحار، معترف بها دوليا بوصفها تمثل جزءا هاما من المحيطات العالمية بسبب دورها في تنظيم المناخ واعتبارا لنظمها الإيكولوجية الفريدة.
- وتواصل الدراسة المتسلسلة زمنيا للمحيط الأطلسي في برمودا جمع الملاحظات التي تمكن من الاستدلال على أثر تغير المناخ في المحيط وزيادة فهم عمليات المحيط. ومن الضروري مواصلة هذا البحث الأساسي الطويل الأجل.
- ويرجع التكاثر الواسع النطاق لطحالب السرغس واندفاعها نحو الشاطئ منذ عام 2011 إلى شكل نادر سابقا من طحالب السرغس ناتانس. وتسبب هذه الطحالب مشاكل اجتماعية واقتصادية كبيرة في المنطقة وقد تؤثر أيضا تأثيرا سلبيا على مجتمعات السرغس المحيطية الفريدة.
- وقد جرى التأكيد على أهمية بحر سارغاسو بوصفه منطقة تبويض لكل من الأنقليس الأوروبي (*Anguilla anguilla*) والأمريكي (*Anguilla rostrata*) من خلال تتبع كبار الأنقليس بواسطة السواتل وإجراء مسوح لرصد اليرقات على نطاق واسع. ويزيد فهم أفضل لإيكولوجيا أنواع التونة التجارية والأسماك الشبيهة بالتونة، والإلمام باستخدام الأنواع المهددة بالانقراض والمعرضة للانقراض للمنطقة، من ضرورة إدارة مصائد الأسماك القائمة على النظم الإيكولوجية.
- ومعظم التغيرات والتهديدات، بما في ذلك تغير المناخ، والصيد المفرط للأنقليس، والتلوث بالمواد البلاستيكية والتكاثر الواسع النطاق لطحالب السرغس كلها مدفوعة بعوامل خارجية. وستؤثر هذه التهديدات المتزايدة سلباً على مساهمة بحر سارغاسو في تحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة المتمثل في حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة، ومن ثم تحقيق أهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة[1].
- ويبين النشاط المتزايد في بحر سارغاسو أهمية التصدي للآثار المتراكمة للأنشطة البشرية على أعالي البحار.

1 - مقدمة

يستند هذا الفصل إلى التطورات والمعارف المتعلقة بحالة خط الأساس السابقة بصيغتها الواردة في الفصل 50 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017). وتدعم البحوث المستمرة المتسلسلة زمنيا للمحيطات، التي يحتضنها معهد برمودا لعلوم المحيطات، فهم العمليات الأساسية للمحيطات، بما في ذلك أهمية الميكروبات وآثار تغير المناخ. ويرد وصف للتقدم المحرز في فهم البيئة الأوسع لبحر سارغاسو، ولا سيما: أعشاب السرغس، وتوزيعها، والكائنات الحيوانية المرتبطة بها، والأثر الحقيقي والمحتمل للتكاثر الأخير على المجتمعات الأحيائية الساحلية؛ والبحوث الجارية بشأن دورة حياة الأنقليس الأوروبي (Anguilla Anguilla) والأمريكي (Anguilla rostrata)؛ وزيادة الوعي ببيولوجيا بعض أنواع الأسماك التجارية والتطورات الجارية في وضع نماذج النظم الإيكولوجية؛ وزيادة التهديدات من التلوث بالمواد البلاستيكية. وترد التطورات الدولية الجارية والحديثة المتعلقة ببحر سارغاسو في ضوء المؤتمر الحكومي الدولي المنعقد حاليا لوضع صك دولي ملزم قانوناً في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[2] بشأن حفظ التنوع البيولوجي

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
[2] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1833, No. 31363.

البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام.

وتضمنت حالةُ خط الأساس لعام 2016 الخلفيةَ الأوقيانوغرافية لبحر سارغاسو، والنظام الإيكولوجي والمجتمعات الأحيائية السطحية الفريدة القائمة على تجمعات عائمة لنوعين من السرغس ودورها بوصفها منطقة تغذية وتفريخ بالنسبة للأسماك والسلاحف الصغيرة والطيور البحرية. وتهاجر العديد من الكائنات الحيوانية عبر بحر سارغاسو ويهاجر الكثير منها إليه من أجل التكاثر. وهي منطقة التبويض الوحيدة المعروفة للأنقليس الأوروبي (Anguilla Anguilla) والأمريكي (Anguilla rostrata). والعديد من الأنواع المستوطنة في بحر سارغاسو مهددة بالانقراض أو معرضة للانقراض، وهي مدرجة بهذه الصفة في القائمة الحمراء للاتحاد الدولي لحفظ الطبيعة للأنواع المعرضة للانقراض، واتفاقية الاتجار الدولي بأنواع الحيوانات والنباتات البرية المهددة بالانقراض[3]، والبروتوكول المتعلق بالمناطق والأحياء البرية المتمتعة بحماية خاصة لعام 1990 لاتفاقية حماية وتنمية البيئة البحرية لمنطقة البحر الكاريبي الكبرى[4] (Laffoley and others, 2011). وقد جرى تلخيص التهديدات والقيم الاقتصادية والاستجابات لأغراض الحفظ.

وقد حدثت تغيرات وتطورات في حالة خط الأساس هذه، ولكن بحر سارغاسو لا يزال يشكل جزءا أساسيا من المحيطات العالمية بسبب مزيج مترابط من الأوقيانوغرافيا الطبيعية ونظمه الإيكولوجية ودوره في عمليات المحيطات والمنظومة الأرضية على نطاق عالمي. وهو يسهم إسهاما كبيرا في الاقتصادات المحلية والعالمية، بشكل مباشر عن طريق مصائد الأسماك الخاصة بالأنواع الكثيرة الارتحال (بما في ذلك الأنقليس الأوروبي والأمريكي)، والشعاب المرجانية، ومشاهدة الحيتان و "سياحة السلاحف"، وغير مباشر من خلال دوره في تنظيم المناخ وحفظ التنوع الجيني وتدوير المغذيات (Laffoley and others, 2011؛ Pendleton and others, 2015). ومن ناحية أخرى، فهو مهدد أيضا بتغير المناخ والتلوث وزيادة أنشطة الصيد وزيادة الشحن البحري.

2 - تغير الحالة

2-1 - بحوث المحيط المتسلسلة زمنيا

تعززت الأهمية المستمرة للبحوث المتسلسلة زمنيا الطويلة الأجل المنصبة على المحيطات في فهم التباين في المحيطات وعملياتها على الصعيد المحلي بفضل النتائج المتأتية من المحطة المائية "S" والدراسة المتسلسلة زمنيا للمحيط الأطلسي في برمودا، وعلى الصعيد العالمي من خلال استعراضات عديدة (Neuer and others, 2017؛ O'Brien and others, 2017). ويعد برنامج الدراسة المتسلسلة زمنيا للمحيط الأطلسي في برمودا واحدا من البرامج المتسلسلة زمنيا ذات السجلات الطويلة بما يكفي لتمكين تمييز التغير البشري المنشأ عن التباين الطبيعي (Henson and others, 2016). ويرد موجز لمدى اتساع نطاق البحوث التي تستخدم هذه البيانات على الموقع الشبكي لبرنامج الدراسة المتسلسلة زمنيا للمحيط الأطلسي في برمودا[5].

2-2 - السرغس

تضمنت حالة خط الأساس وصفا لدور نوعين، هما سرغس ناتانس والسرغس الطافي، في المقام الأول لدورهما

[3] المرجع نفسه، المجلد 993، الرقم 14537.
[4] المرجع نفسه، المجلد 2180، الرقم 25974.
[5] متاح على الموقع http://bats.bios.edu.

في احتضان مجتمعات حيوانية متخصصة ووظيفتهما كمواقع تفريخ وتغذية. وينطوي التقدم المحرز في معرفتنا بهذه المجتمعات الأحيائية على آثار بالنسبة لتدابير الحفظ في المستقبل. وتختلف هذه المجتمعات من حيث الزمان والمكان على حد سواء. وقد وجد هوفار وآخرون (Huffard and others, 2014) تباينا كبيرا على مدى فترة 40 عاما، وكذلك بين العينات التي أُخذت بفرق سنة من الزمن. ولا تُعرف الأسباب التي يعزى إليها ذلك، لكن زيادة حموضة المحيطات قد تكون وراء التراجع المسجل في الطافيات الكلسية (epibionts)، مثل الخثيات (bryozoans). وتحدث تقلبات على المستوى الجزيئي داخل الأنواع في جمبري السرغس النحيل (Latreutes fucorum) المنتشر على نطاق واسع، ويُقترح أن تشمل تدابير الحفظ المتعلقة بمثل هذه الأنواع مناطق واسعة أو أن تخصص لها شبكات من المناطق المحمية (Sehein and others, 2014).

ومنذ الاندفاع الجماعي لآلاف الأطنان من طحالب السرغس باتجاه الشواطئ في منطقة البحر الكاريبي وخليج المكسيك وسواحل غرب أفريقيا وأمريكا الجنوبية في عام 2011، بُذلت جهود كبيرة لتحديد حالات التكاثر وأسبابها وتحركاتها باستخدام التعقب بالسواتل والنمذجة وأخذ العينات مباشرة في البحر والجمع بين تقنيات مختلفة (Schell and others, 2015؛ Franks and others, 2016؛ Djakouré and others, 2017؛ Brooks and others, 2018؛ Putnam and others, 2018). وقد عرف شيل وآخرون (Schell and others (2015) هذه الطحالب المتكاثرة على أنها شكل نادر سابقا من طحالب السرغس ناتانس (S. natans VIII). وقد تأكد هذا التعريف بعد ذلك من خلال دراسات جينية (Amaral-Zettler and others, 2017). وتم وصف طحالب ناتانس VIII من منطقة البحر الكاريبي في Parr (1939)، ولكن تم نسيان ذلك الوصف إلى حد كبير. وهي تختلف شكليا عن كل من السرغس الطافي وسرغس ناتانس وتحتضن مجتمعات حيوانية أقل عددا، وهو ما يجعلها أقل جاذبية للأسماك والسلاحف والطيور البحرية التي تستمد غذاءها من فوق غطاء السرغس أو تحته (Martin, 2016). ومن ثم، فمن شأن التغيرات في نوع السرغس أو توزيعه أن تؤثر على تنوع الأنواع وكثرتها. وتختلف أنماط توزيع الأنواع والأشكال المختلفة من السرغس في المكان والزمان، ويعتقد أن درجة الحرارة عامل يقيد سرغس ناتانس VIII، بالنظر إلى أنه أكثر وفرة في المياه الدافئة إلى الجنوب من بحر سارغاسو ومنطقة البحر الكاريبي. وهو يندر في اتجاه الشمال ولكنه أصبح يعثر عليه قبالة سواحل برمودا منذ عام 2016 (Clover, 2017). وحتى الآن، لم تؤثر حالات التكاثر هذه على بحر سارغاسو بشكل مباشر، ولكن من شأنها أن تؤثر عليه عن طريق انخفاض مجتمعات السرغس ولأنها تمنع نجاح عملية تعشيش السلاحف على الشواطئ المتضررة في جميع أنحاء منطقة البحر الكاريبي.

وتنشأ حالات تكاثر السرغس هذه في منطقة إعادة التدوير الاستوائية الشمالية إلى الجنوب من بحر سارغاسو، ثم تُنقل، من هناك، إلى منطقة البحر الكاريبي (Johnson and others, 2013؛ Franks and others, 2016؛ Djakouré and others, 2017؛ Putnam and others, 2018). وقد أصبحت حالات التكاثر هذه حدثا سنويا منذ أن لوحظت لأول مرة في عام 2011. وقد أُبلغ كذلك عن مستويات عالية من السرغس الميت الذي نزل من السطح إلى قاع البحر في منطقة الصدع "فيما" أسفل منطقة إعادة التدوير الاستوائية الشمالية، وهو ما قد يوفر مصدرا غذائيا للنظم الإيكولوجية القاعية في أعماق البحار (Baker and others, 2018). وتشكل أسباب حالات التكاثر موضوع بحوث في طور الانجاز، وقد تكون من بينها التعديلات الناجمة عن تغير المناخ، مثل زيادة درجة الحرارة والتغيرات في تيارات المحيطات، وتحسن مستويات المغذيات الناشئة من أنهار الكونغو وأورينوكو وخاصة الأمازون، والارتفاع الاستوائي لمياه القاع إلى السطح، والغبار القادم من الصحراء (Djakouré and others, 2017). والسؤال المطروح هو هل هذا التحول في النظام الذي شهده المحيط الأطلسي المداري وشبه المداري راجع في الأساس إلى النشاط البشري. وتُبلغ على

سبيل المثال سواتل رصد مختلفة، تزود نظام مراقبة السرغس بالمعلومات، المجتمعات المحلية بمواقع السرغس المتكاثر وتحذرها بشأن إمكانية وصولها إلى الشواطئ (Hu and others, 2016).

2-3 - الأسماك

تعززت أهمية بحر سارغاسو بالنسبة للأنقليس الأوروبي والأنقليس الأمريكي. وقد كان من المعروف أن تفريخ يرقات كلا النوعين يحدث في الجنوب الغربي من بحر سارغاسو بالقرب من منطقة التقارب شبه المداري الموسمي (Munk and others, 2010؛ Miller and others, 2015). وقد تتبع نظام السواتل لوسم الأنقليس الأوروبي المهاجر من الأنهار الأوروبية حتى جزر الأزور (Righton and others, 2016). وأظهر وسم مماثل للأنقليس الأمريكي أنه يهاجر من كندا إلى بحر سارغاسو (Béguer-Pons and others, 2015). وقد تبين، في الآونة الأخيرة، أن الأنقليس الأوروبي يفرخ على امتداد حقل تبلغ مساحته 2 000 كيلومتر في بحر سارغاسو الجنوبي في منطقة تحدها جبهات حرارية (Miller and others, 2019). وقد تعكس منطقة التفريخ الواسعة هذه أوقات بدء مختلفة للهجرات أو قدرات سباحة مختلفة أو انجراف اليرقات في التيارات المحيطية. وقد انهارت مستويات تزايد كلا النوعين في مصائد الأسماك، ويقابل هذا التراجع انخفاض في أعداد يرقات الأنقليس في بحر سارغاسو (Hanel and others, 2014). ويحتمل أن تغير المناخ، وارتفاع درجات حرارة البحر، والتغيرات في تيارات المحيطات، وظاهرة التذبذب في شمال المحيط الأطلسي عوامل تؤثر سلبا على دورة الحياة البحرية للأنقليس (Miller and others, 2016).

وقد عززت المعلومات الجديدة عن الشبكات الغذائية ومواقع تبويض أسماك التونة والأسماك الشبيهة بالتونة، التي تديرها اللجنة الدولية لحفظ أسماك التونة في المحيط الأطلسي، أهمية بحر سارغاسو في توفير الموائل وأماكن التماس الغذاء والتبويض، وممرات الارتحال لهذه الأنواع (Luckhurst, 2015؛ Luckhurst and Arocha, 2016؛ Anonymous, 2016). وقد عملت منظمة مصائد أسماك شمال غرب الأطلسي على حماية الجبال البحرية في بحر سارغاسو الشمالي بإغلاق المنطقة أمام الصيد بشباك الجر في حتى عام 2020 (Northwest Atlantic Fisheries Organization (NAFO), 2015).

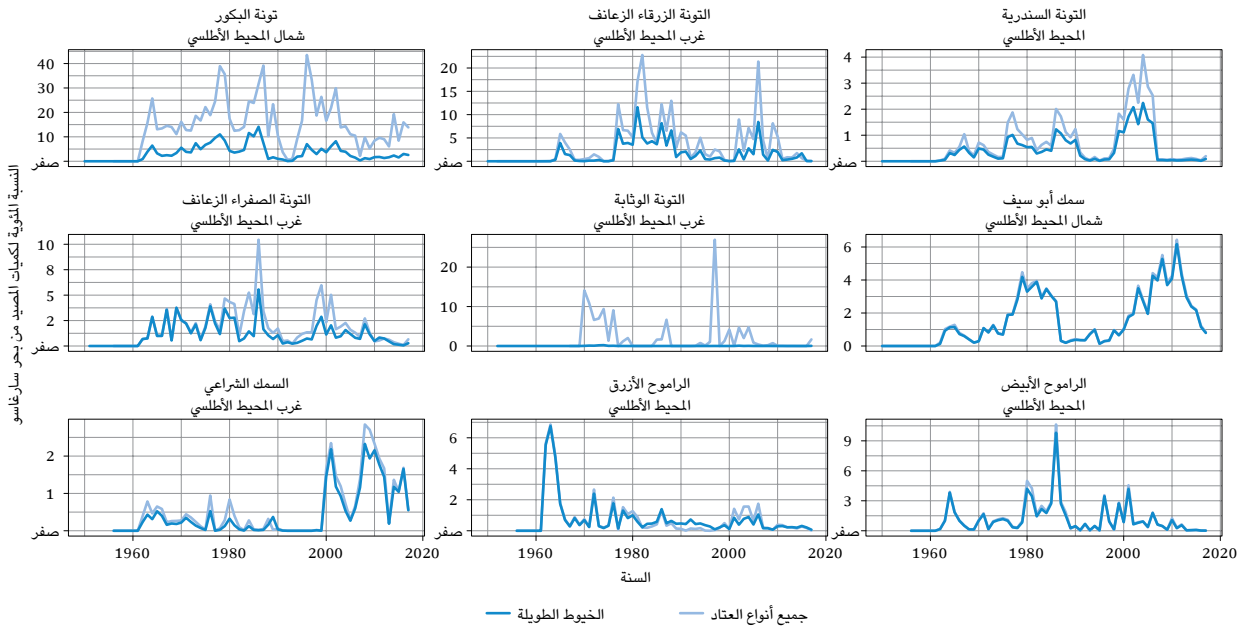
وعلى الرغم من تراجع كميات المصيد في جميع أنحاء العالم، وفي سياق الوفرة النسبية للأنواع غير القاعية التجارية الرئيسية، فقد استمرت قدرة أسطول الصيد على الصعيد العالمي في الارتفاع (Rousseau and others, 2019). ولا توفر اللجنة الدولية لحفظ أسماك التونة في المحيط الأطلسي تقديرات مكانية لمجهود الصيد في بحر سارغاسو. وفي غياب تلك التقديرات، فقد اعتبرت النسبة المئوية لكميات المصيد من الأنواع الرئيسية للجنة (حدود الأرصدة السمكية التي حددتها اللجنة) بوصفها مؤشرا على مستوى الصيد في بحر سارغاسو بمرور الوقت.

ويتضمن الشكل الوارد أدناه معلومات تستكمل تحليل لاكهارست (Luckhurst, 2015b)، الذي قدم تحليلات تخص المصيد من عام 1992 إلى عام 2011 بالنسبة للأنواع الرئيسية للجنة، مع أحدث كميات المصيد التي أبلغت عنها اللجنة[6]، وأحدث كميات المصيد المبلغ عنها تعكس الأرقام حتى عام 2017 وتشمله؛ ولا تتوافر بيانات أحدث بسبب التأخير في إبلاغ اللجنة وتأخرها في معالجتها. وتبلغ كميات المصيد من المنطقة ما يصل إلى 12 في المائة كحد أقصى من تونة البكور لشمال المحيط الأطلسي و 10 في المائة من التونة الزرقاء الزعانف لغرب المحيط الأطلسي. وكميات المصيد من أسماك التونة الاستوائية (التونة السندرية، والتونة الصفراء الزعانف، والتونة الوثابة) وسمك الخرمان (سمك أبو سيف، والسمك الشراعي، والراموح الأزرق، والراموح الأبيض) هي كميات أصغر ولكنها مع ذلك مهمة. وتظهر نسبة الكميات المصيدة من بحر سارغاسو تباينا كبيرا مع

[6] انظر www.iccat.int/en/accesingdb.html.

مرور الوقت، وهو ما يرجع ربما إلى التغيرات في الاستهداف من جانب الأساطيل التي تستخدم الخيوط الطويلة، ولكن اللجنة لا تتيح البيانات المتعلقة بالجهود المبذولة حتى يتسنى تقييم ذلك. ويشار إلى الأسطول الذي يستخدم الخيوط الطويلة بالنظر إلى الأهمية الإيكولوجية لأنواع الصيد العرضي مثل سمك الخرمان والقرش والطيور البحرية والسلاحف البحرية. وبغية الانتقال إلى إدارة مصائد الأسماك إدارة قائمة على النظام الإيكولوجي في بحر سارغاسو، سيكون من المهم فهم التداخل المكاني بين جهود الصيد وسلوك الأنواع غير المستهدفة، بما في ذلك مسارات الارتحال، وسلوك التجمع، واستخدام الموائل لجميع الأنواع التي تستخدمها (Kell and Luckhurst، 2018؛ Boerder and others, 2019).

دراسات متسلسلة زمنيا تبين النسبة المئوية للكميات المصيدة إجمالا وباستخدام الخيوط الطويلة من منطقة بحر سارغاسو



المصدر: قاعدة بيانات اللجنة الدولية لحفظ أسماك التونة في المحيط الأطلسي المتعلقة بالعدد المقدر للأسماك المصيدة (CATDIS).

2-4 - التلوث بالمواد البلاستيكية

لوحظ التلوث بالمواد البلاستيكية في بحر سارغاسو لأول مرة في عام 1972 (Carpenter and Smith, 1972). وقد تبين أن تركيزات الجزيئات البلاستيكية في سطح البحر هي من حيث الحجم أكبر مما سُجل سابقا، مع أكبر تركيز في منطقة التقارب شبه المداري (Law and others, 2010). وقد جرى التنبؤ بتراكم الجسيمات على سطح الماء في هذه المنطقة بفضل النماذج التي استخدمت لتوفير التوجيه لبعثة "القارة السابعة" لعام 2014 فيما يخص عملية أخذ العينات. وأشارت التقديرات إلى أن منطقة الدوامة المحيطية شبه المدارية في شمال المحيط الأطلسي، أي بحر سارغاسو، تضم حوالي 56 000 طن من المواد البلاستيكية العائمة في عام 2014 (Eriksen and others, 2014). ويفترض أن الحجم أكبر اليوم. وقد أجريت استعراضات مستفيضة للتلوث بالمواد البلاستيكية وآثاره في المحيطات العالمية وفي الدوامات المحيطية (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), 2014؛ Law, 2017؛ Eriksen and others, 2016). وفي

الآونة الأخيرة، وجدت التجارب المختبرية تأثيرات سلبية لعصارة البلاستيك على بكتيريا التركيب الضوئي بروكلوروكوكوس (Prochlorococcus) (Tetu and others, 2019). وتنتج هذه البكتيريا ما يصل إلى 20 في المائة من الأكسجين في الغلاف الجوي. وإذا تأكدت هذه النتائج في الموقع، فإن التلوث بالمواد البلاستيكية يشكل تهديدا لإنتاج البكتيريا البحرية للأكسجين العالمي. وتنطبق التأثيرات الضارة الموصوفة في هذه الاستعراضات المختلفة على بحر سارغاسو، إذ أن الآثار المركزة للدوامات المحيطية ومنطقة التقارب شبه المداري تحجز المواد البلاستيكية داخل طبقات طحالب السرغس، وهو ما يجعل بحر سارغاسو عرضة للخطر بشكل خاص.

3 - الترتيبات المؤسسية

يعتبر التحدي القانوني من التحديات الرئيسية التي تواجه بحر سارغاسو. ويقع بحر سارغاسو ضمن أعالي البحار، أيما مثل 50 في المائة من الكوكب التي توجد خارج الولاية الوطنية (Freestone, 2015). ولمواجهة هذا التحدي، اجتمعت خمس حكومات في عام 2014 للتوقيع على إعلان هاميلتون بشأن التعاون من أجل المحافظة على بحر سارغاسو وإنشاء لجنة بحر سارغاسو لتضطلع بدور المشرف على هذه المنطقة الاستثنائية (Freestone and Morrison, 2014). وانضمت إلى اللجنة خمس حكومات أخرى منذ ذلك الحين، وقد تتبعها حكومات أخرى (لجنة بحر سارغاسو، 2018).

وتستند لجنة بحر سارغاسو إلى نموذج جديد لحفظ المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية، إذ يلتئم فيها أصحاب المصلحة من بلدان ومنظمات متعددة لمعالجة القضايا التي لا تدخل ضمن جداول الأعمال الوطنية. واتفقت الأطراف في اتفاقية التنوع البيولوجي[7] على إدراج بحر سارغاسو في قائمة المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية (Convention on Biological Diversity (CBD), 2012). وعلى ذلك الأساس، وافقت منظمة مصائد أسماك شمال غرب الأطلسي في عام 2015 على تدابير الحفظ من خلال إعلان وقف لاستخدام شباك الجر في الجبال البحرية لبحر سارغاسو في منطقة، إلى جانب فرض قيود على المعدات فيما يتعلق بالصيد بشباك الجر في الأعماق المتوسطة (Northwest Atlantic Fisheries Organization؛ Diz, 2016).

وتعمل اللجنة، إلى جانب عدد من الحكومات والشركاء، على حماية بحر سارغاسو. وتعمل المنظمة، بالتعاون مع أمانة معاهدة المحافظة على الأنواع المهاجرة من الحيوانات الفطرية والدول المعنية الأطراف فيها[8]، على حماية مدى ارتحال الأنقليس الأوروبي عبر بحر سارغاسو. وهي تستكشف أيضاً سبل تنظيم آثار أنشطة السفن والعمل مع اللجنة الدولية لحفظ أسماك التونة في المحيط الأطلسي لاستخدام بحر سارغاسو كمشروع نموذجي فيما يخص النهج المراعي للنظام الإيكولوجي في إدارة مصائد الأسماك (Kell and Luckhurst, 2018)، وتعمل مع الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء بالولايات المتحدة التي تقوم بوضع مجموعة صور ساتلية شاملة لمنطقة بحر سارغاسو.

[7] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.
[8] المرجع نفسه، المجلد 1651، الرقم 28395.

4 - عواقب التغيرات

أغلب التغيرات المبينة أعلاه مدفوعة بعوامل خارجية. وعلى الصعيد العالمي، يؤثر تغير المناخ على درجة حرارة المحيطات وحموضتها ودورانها، وهو ما يتسبب في حدوث تغيرات في النظام الإيكولوجي في كل من طحالب السرغس والمجتمعات الأحيائية المعتمدة عليها وفي مجتمعات الكائنات البحرية غير القاعية والقاعية. وقد تكون لهذه الآثار تأثيرات سلبية على عملية التبويض، وتغذية اليرقات، وارتحال الأنقليس وغيره من الأسماك. وبالتزامن مع الاحترار العام للمحيطات العالمية، تحدث زيادة في تواتر موجات الحر الشديد البحرية العالمية التي تؤثر سلبا على التنوع البيولوجي وتهدد بتعطيل خدمات النظم الإيكولوجية في بعض مناطق المحيط (Smale and others, 2019). وقد حُدد جنوب بحر سارغاسو باعتباره منطقة تأثرت تأثيرا شديدا. ويأتي معظم التلوث، بما في ذلك بالمواد البلاستيكية، من اليابسة ويتركز بسبب التيارات البحرية في بحر سارغاسو. وتتأثر مجتمعات الأنقليس بالصيد المفرط في المناطق الاقتصادية الخالصة وداخل المياه الوطنية. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تتعرض لتهديدات مختلفة خلال مرورها بمرحلة المياه العذبة، من عوامل من بينها الملوثات والعوائق الناجمة عن السدود ومحطات الطاقة الكهرمائية (Hanel and others, 2019).

ويرد موجز لتأثيرات التغيرات البيئية العالمية على المحيطات، والتنبؤات المستقبلية المتعلقة بمصائد الأسماك ومسائل الحوكمة في تقرير لبرنامج نيريوس لمؤسسة نيبون اليابانية (Nippon Foundation–Nereus Programme) (2015)، ويرد موجز لقضايا المحيطات المتصلة بأهداف التنمية المستدامة في تقرير ثان لبرنامج نيريوس لمؤسسة نيبون اليابانية (2017). ويرتبط رصد التغيرات في درجة حرارة وكيمياء المحيطات وفهم أثر هذه التغيرات على النظم الإيكولوجية ارتباطا مباشرا بهدفي التنمية المستدامة 13 المتعلق بالعمل المناخي و 14. وتعتبر محطات الدراسات المتسلسلة زمنيا الجارية قبالة سواحل برمودا أساسية لهذا الرصد العالمي (Neuer and others, 2017). وتسبب حالات الاندفاع الجماعي لطحالب السرغس نحو الشواطئ مشاكل اجتماعية واقتصادية واسعة النطاق للمجتمعات المحلية، وهو ما يؤثر سلبا على السياحة وصيد الأسماك والصحة ويتسبب في قتل الكائنات الحية، بما في ذلك السلاحف والأسماك. وتصل تكاليف تنظيف الشواطئ إلى ملايين الدولارات، وتعمد البلدان المتضررة إلى وضع خطط إدارية واستخدام وسائل تكنولوجية للتقليل من الآثار إلى أدنى حد، والبحث عن الاستخدامات المحتملة لطحالب السرغس (Milledge and Harvey, 2016؛ Wabnitz and others, 2019). وبسبب التأثيرات الواسعة النطاق على البشر وعلى البيئة المحلية وبيئة المحيطات، فإن حالات التكاثر هذه تؤثر بشكل مباشر على جميع أهداف التنمية المستدامة. ويدعم الأنقليس الأمريكي والأنقليس الأوروبي مصائد الأسماك القيمة في العديد من البلدان على جانبي المحيط الأطلسي وكذلك عمليات تربية الأحياء المائية المربحة في آسيا، ولكن مجتمعات كلا النوعين انهارت في السنوات الأخيرة (Hanel and others, 2019؛ Atlantic States Marine Fisheries Commission, 2018). والأسباب كثيرة ومتنوعة، وهذه التغيرات الإيكولوجية والاجتماعية والاقتصادية ستؤثر أيضا على جميع أهداف التنمية المستدامة.

وقد تؤثر التغيرات في الشبكات الغذائية الناجمة عن احترار المحيطات وزيادة الحموضة تأثيرا كبيرا على تجمعات المفترسات الكبرى مثل أسماك التونة الكثيرة الارتحال وسمك أبو سيف (Fernandes and others, 2013). وقد تؤدي التغيرات الناجمة عن ضعف تيارات قلب دوران مياه المحيط الأطلسي إلى تحولات في توزيع الأنواع (Caesar and others, 2018). ومن شأن احترار المحيطات وتحمضها وتناقص الأكسجين فيها، إلى جانب ضغوط أخرى، أن تغير الإنتاجية الأولية ونمو وتوزيع

تجمعات الأسماك (Barange and others, 2018). وسيؤدي ذلك بدوره إلى تغيرات في المحصول الأقصى من الأنواع البحرية المستغلة وما يرتبط بها من الفوائد الاقتصادية والاجتماعية الناتجة عنها (Gattuso, and others, 2015). وسيكون لهذه الآثار بدورها تأثير على جميع أهداف التنمية المستدامة. وأخيراً، فإن الآثار والآثار المحتملة لكميات المواد البلاستيكية المتزايدة في المحيطات موثقة توثيقا جيدا (مثلا Beaumont and others, 2019) وسوف تؤثر على جميع أهداف التنمية المستدامة.

5 - آفاق المستقبل

تتوقف التوقعات بالنسبة لبحر سارغاسو، على المديين القصير والطويل، على القرارات والأولويات الدولية وعلى التعاون الدولي. وأهمية بحر سارغاسو معترف بها دوليا، وبالنظر إلى أنه يوجد في أعالي البحار، فإن حمايته تقع ضمن اختصاص عدد من المنظمات. وبالنظر إلى وجود البحر في منطقة نائية وكذلك إلى حجمه، فإنه، من حيث مفهوم البحار المفتوحة، لا يزال بكرا نسبيا على الرغم من الآثار المركزة لتياراته الدوارة. ومع ذلك، فإن سلامته مهددة من جراء التغيرات الآنفة الذكر أو من جراء غيرها من التغيرات، بما في ذلك زيادة نشاط الصيد على مدى السنوات الثلاث الماضية لنحو 28 بلدا حسب التقديرات المستندة إلى بيانات النظام الآلي لتحديد الهوية (Sargasso Sea Commission, 2019)، ومن جراء زيادة أنشطة الشحن في المنطقة. ويسبب تطوير التعدين في قاع أعماق البحار في المناطق المتاخمة لبحر سارغاسو تهديدات جديدة (Dunn and others, 2018). ويبين بحر سارغاسو التحديات التي تواجهها الهيئات القطاعية القائمة في إدارة النظام الإيكولوجي لأعالي البحار بطريقة شاملة.

المراجع

Amaral-Zettler, Linda A., and others (2017). Comparative mitochondrial and chloroplast genomics of a genetically distinct form of *Sargassum* contributing to recent "Golden Tides" in the Western Atlantic. *Ecology and Evolution*, vol. 7, No. 2, pp. 516–525.

Anonymous (2016). An assessment of the ecological importance of the Sargasso Sea to tuna and tuna-like species and ecologically associated species. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, vol. 72, No. 28, pp. 2007–2015.

Atlantic States Marine Fisheries Commission (2018). American Eel. www.asmfc.org/species/american-eel.

Baker, Philip, and others (2018). Potential contribution of surface-dwelling *Sargassum* algae to deep-sea ecosystems in the southern North Atlantic. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 148, pp. 21–34.

Barange, Manuel, and others (2018). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture. *Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

Beaumont, Nicola J., and others (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 142, pp. 189–195.

Béguer-Pon, Mélanie, and others (2015). Direct observations of American eels migrating across the continental shelf to the Sargasso Sea. *Nature Communications*, vol. 6, art. 8705.

Bermuda Atlantic Time-series Study (BATS) (n.d.). Accessed 8 November 2019. http://bats.bios.edu.

Boerder, Kristina, and others (2019). Not all who wander are lost: improving spatial protection for large pelagic fishes. *Marine Policy*, vol. 105, pp. 80–90.

Brooks, Maureen T., and others (2018). Factors controlling the seasonal distribution of pelagic *Sargassum*. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 599, pp. 1–18.

Caesar, Levke, and others (2018). Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature*, vol. 556, No. 7700, p. 191.

Carpenter, Edward J., and K.L. Smith (1972). Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, vol. 175, No. 4027, pp. 1240–1241.

Clover, Charles (2017). *Sargassum* is weird stuff – and it gets weirder. Blue Marine Foundation. 16 May 2017. www.bluemarinefoundation.com/2017/05/16/sargassum-is-weird-stuff-and-it-gets-weirder.

Convention on Biological Diversity Secretariat (CBD) (2012).UNEP/CBD/CoP/11/35.

Diz, Daniela (2016). The Sargasso Sea. *International Journal of Marine and Coastal Law*, vol. 31, No. 2, pp. 359–370.

Djakouré, Sandrine, and others (2017). On the potential causes of the recent Pelagic *Sargassum* blooms events in the tropical North Atlantic Ocean. *Biogeosciences*.

Dunn, Daniel C., and others (2018). A strategy for the conservation of biodiversity on mid-ocean ridges from deep-sea mining. *Science Advances*, vol. 4, No. 7, eaar4313.

Eriksen, Marcus, and others (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS One*, vol. 9, No.12, e111913.

Eriksen, Marcus, and others (2016). Nature of plastic marine pollution in the subtropical gyres. In *Hazardous Chemicals Associated with Plastics in the Marine Environment*, pp. 135–162. Springer.

Fernandes, Jose A., and others (2013). Modelling the effects of climate change on the distribution and production of marine fishes: accounting for trophic interactions in a dynamic bioclimate envelope model. *Global Change Biology*, vol. 19, No. 8, pp. 2596–2607.

Franks, James S., and others (2016). Pelagic *Sargassum* in the tropical North Atlantic. *Gulf and Caribbean Research*, vol. 27, No. 1, pp. SC6–SC11.

Freestone, David (2015). Governance of Areas Beyond National Jurisdiction: An Unfinished Agenda of the 1982 Convention. *UNCLOS At 30*.

Freestone, David, and Kate Killerlain Morrison (2014). The signing of the Hamilton Declaration on Collaboration for the Conservation of the Sargasso Sea: a new paradigm for high seas conservation? *International Journal of Marine and Coastal Law*, vol. 29, pp. 345–362.

Gattuso, J.-P., and others (2015). Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO_2 emissions scenarios. *Science*, vol. 349, No. 6243, aac4722.

Hanel, Reinhold, and others (2014). Low larval abundance in the Sargasso Sea: new evidence about reduced recruitment of the Atlantic eels. *Naturwissenschaften*, vol. 101, No. 12, pp. 1041–1054.

Hanel, Reinhold, and others (2019). *Research for PECH Committee – Environmental, Social and Economic Sustainability of European Eel Management*. Brussels: European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies.

Henson, Stephanie A., and others (2016). Observing climate change trends in ocean biogeochemistry: when and where. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 4, pp. 1561–1571.

Hu, Chuanmin, and others (2016). *Sargassum* watch warns of incoming seaweed. *Eos*, vol. 97, pp. 10–15.

Huffard, C.L., and others (2014). Pelagic *Sargassum* community change over a 40-year period: temporal and spatial variability. *Marine Biology*, vol. 161, No. 12, pp. 2735–2751.

International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT). Access to ICCAT Statistical Databases. www.iccat.int/en/accesingdb.htm.

Johnson, Donald R., and others (2013). The *Sargassum* Invasion of the Eastern Caribbean and Dynamics of the Equatorial North Atlantic; pp. 102–103 in Proceedings of the 65th Gulf and Caribbean Fisheries Institute Conference, 5–9 November 2012. Gulf and Caribbean Fisheries Institute, Santa Marta, Colombia.

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2014). *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment*. GESAMP Reports and Studies 90.

_____(2016). *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment.* GESAMP Reports and Studies 93.

Kell, L., and B.E. Luckhurst (2018). Extending the indicator-based Ecosystem Report Card to the whole ecosystem; a preliminary example based on the Sargasso Sea. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, vol. 75, No. 67, pp. 258–275.

Laffoley, D.d'A., and others (2011). The Protection and Management of the Sargasso Sea. Sargasso Sea Alliance.

Law, Kara Lavender, and others (2010). Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. *Science*, vol. 329, No. 5996, pp. 1185–1188.

Law, K.L. (2017). Plastics in the Marine Environment. *Annual Review of Marine Science*, vol. 9, No. 1, pp. 205–229. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060409.

Luckhurst, B.E., and Freddy Arocha (2016). Evidence of spawning in the southern Sargasso Sea of fish species managed by ICCAT – albacore tuna, swordfish and white marlin. *Collection Volume of Scientific Papers ICCAT*, vol. 72, No. 8, pp. 1949–1969.

Luckhurst, Brian E. (2015a). A preliminary food web of the pelagic environment of the Sargasso Sea with a focus on the fish species of interest to ICCAT. *Collected Volume of Scientific Papers, International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna*, vol. 71, pp. 2913–2932.

Luckhurst, Brian E. (2015b) Analysis of ICCAT reported catches of tuna and swordfish in the Sargasso Sea (1992–2011). *Collected Volume of Scientific Papers, International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna,* vol. 71, pp. 2900–2912.

Martin, Lindsay Margaret (2016). Pelagic *Sargassum* and Its Associated Mobile Fauna in the Caribbean, Gulf of Mexico, and Sargasso Sea. PhD Thesis. Texas A & M University.

Milledge, John J., and Patricia J. Harvey (2016). Golden tides: problem or golden opportunity? The valorisation of *Sargassum* from beach inundations. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 4, No. 3, art. 60.

Miller, Michael J., and others (2015). A century of research on the larval distributions of the Atlantic eels: a re-examination of the data. *Biological Reviews*, vol. 90, No. 4, pp. 1035–1064.

Miller, Michael J., and others (2016). Did a "perfect storm" of oceanic changes and continental anthropogenic impacts cause northern hemisphere anguillid recruitment reductions? *ICES Journal of Marine Science*, vol. 73, No. 1, pp. 43–56.

Miller, Michael J., and others (2019). Spawning by the European eel across 2000 km of the Sargasso Sea. *Biology Letters*, vol. 15, No. 4, 20180835.

Munk, Peter, and others (2010). Oceanic fronts in the Sargasso Sea control the early life and drift of Atlantic eels. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 277, No. 1700, pp. 3593–3599.

Neuer, Susanne, and others (2017). Monitoring Ocean Change in the 21st Century. *Eos*, vol. 98. https://eos.org/features/monitoring-ocean-change-in-the-21st-century.

Nippon Foundation–Nereus Programme (2015). *Predicting Future Oceans : Climate Change, Oceans & Fisheries*.

_____(2017). *Oceans and the Sustainable Development Goals: Co-Benefits, Climate Change & Social Equity*.

Northwest Atlantic Fisheries Organization (NAFO) (2015). Report of the Fisheries Commission and its Subsidiary Body (STACTIC), 37th Annual Meeting of NAFO, 21–25 September 2015, Halifax, Canada. NAFO/FC Doc. 15/23.

O'Brien, T.D., and others (2017). *What Are Marine Ecological Time Series Telling Us about the Ocean? A Status Report. IOC–UNESCO*. IOC Technical Series 129.

Parr, Albert Eide (1939). Quantitative observations on the pelagic *Sargassum* vegetation of the western North Atlantic with preliminary discussion of morphology and relationships. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection*, vol. 7, pp. 1–94.

Pendleton, L., and others (2015). *Assessing the economic contribution of marine and coastal ecosystem services in the Sargasso Sea*. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Report NI R 14–05. Durham, North Carolina, United States: Duke University.

Putnam, Nathan F., and others (2018). Simulating transport pathways of pelagic *Sargassum* from the Equatorial Atlantic into the Caribbean Sea. *Progress in Oceanography*, vol. 165, pp. 205–214.

Righton, David, and others (2016). Empirical observations of the spawning migration of European eels: the long and dangerous road to the Sargasso Sea. *Science Advances*, vol. 2, No. 10, e1501694.

Rousseau, Yannick, and others (2019). Evolution of global marine fishing fleets and the response of fished resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, No. 25, pp. 12238–12243.

Sargasso Sea Commission (2018). www.sargassoseacommission.org/about-the-commission/hamilton-declaration.

Sargasso Sea Commission (2019). www.sargassoseacommission.org/storage/Strengthening_Stewardship_of_the_Sargasso_Sea.pdf.

Schell, Jeffrey M., and others (2015). Recent *Sargassum* inundation events in the Caribbean: shipboard observations reveal dominance of a previously rare form. *Oceanography*, vol. 28, No. 3, pp. 8–11.

Sehein, Taylor, and others (2014). Connectivity in the slender Sargassum shrimp (*Latreutes fucorum*): implications for a Sargasso Sea protected area. *Journal of Plankton Research*, vol. 36, No. 6, pp. 1408–1412.

Smale, Dan A., and others (2019). Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change*, vol. 9, No. 4, p. 306.

Tetu, Sasha G., and others (2019). Plastic leachates impair growth and oxygen production in *Prochlorococcus*, the ocean's most abundant photosynthetic bacteria. *Communications Biology*, vol. 2, No. 1, art. 184.

United Nations (2017). Chapter 50: Sargasso Sea. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wabnitz, Colette, and others (2019). The *Sargassum* Mass-Bloom of 2018. *Nereus Program – The Nippon Foundation* (blog). https://nereusprogram.org/works/the-sargassum-mass-bloom-of-2018.