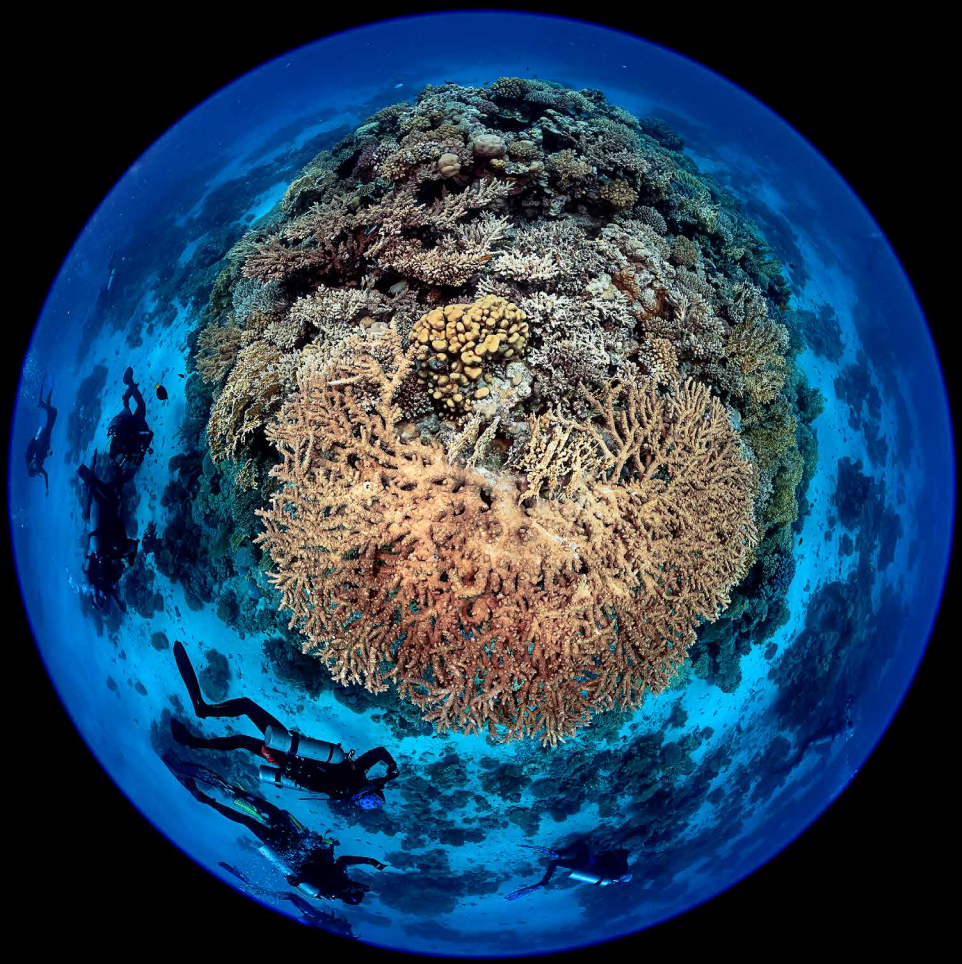
التقييم العالمي الثاني للمحيطات

المجلد الثاني



الأمم المتحدة

التقييم العالمي الثاني

للمحيطات

المجلد الثاني

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

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 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

الصفحة

الفصل 8 باء: صحة الإنسان وتأثرها بالمحيطات 31
النقاط الرئيسية 33
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

الصفحة

2 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات 110
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

الفصل 8
اتجاهات حالة المجتمع الإنساني في علاقته بالمحيطات

عضو رئيسي عن الفصل: ألان سيمكوك.

الفصل 8 ألف

المجتمعات الساحلية والصناعات البحرية

المساهمون: ألان سيمكوك (عضو رئيسي عن الفصل ومنظم الاجتماعات)؛ وأوستن بيكر، ومارسيلو بيرتيلوتي، وأنتوني تشارلز، وليساندرا غونسالفيس، وميغيل إينيغيس، وعثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، وبولا كينر، وجينا لامبيري، وكانداس ماي، وإسماعيل منساه، وعصام ياسين محمد (عضو رئيسي مشارك)، وتانيا أوغارا، وكريستينا بيتا، وجان إدموند راندريانانتينا، وماريا صاحب، وريجينا سلفادور، وأناستاسيا ستراتي (عضوة رئيسية مشاركة)، وجان - كلود تيب.

النقاط الرئيسية

- يعيش حوالي 40 في المائة من سكان العالم في مناطق ساحلية، أي ضمن مسافة 100 كيلومتر من الساحل. وهذه النسبة في تزايد.
- تؤدي المجتمعات الساحلية دورا رئيسيا في دعم جميع عناصر اقتصاد المحيطات، فضلا عن مجموعة من القيم الاجتماعية والثقافية، وجميع أشكال الإدارة والحوكمة الساحلية والبحرية. وبينما تجد المجتمعات الساحلية في أحيان كثيرة نفسها في مواجهة أنواع من الضعف المادي والاجتماعي، فهي مساهم قوي في الحماية وفي جهود التصدي للأخطار البحرية والتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه.
- يدعم المحيط مجموعة واسعة من الأنشطة الاقتصادية، بما في ذلك جني الأغذية، والنقل البحري، والتعدين في قاع البحار، واستكشاف واستغلال الهيدروكربونات في عرض البحر، والسياحة والترفيه، واستخدام الموارد الجينية البحرية، وإنتاج المياه العذبة عن طريق تحلية المياه، وإنتاج الملح. ويتزايد حجم مختلف الأنشطة الاقتصادية باطراد. ويرد مزيد من التفاصيل عن المجالات التي لم تناقش هنا بتعمق في عدة فصول من الجزء 5 من هذا التقييم، وهو فصل عن اتجاهات الضغوط على البيئة البحرية.
- يحمل النقل البحري نحو 90 في المائة من حجم التجارة الدولية، وهو ما يجعل منه نشاطا أساسياً للاقتصاد العالمي. وهو لا يزال يتعافى من الأزمة الاقتصادية لفترة 2008-2011.
- لا تزال السياحة تنمو بنسبة 6 في المائة سنويا على الصعيد العالمي. وتمثل السياحة الساحلية نسبة كبيرة من النشاط الاقتصادي العام بالنسبة لكثير من البلدان، ولا سيما الدول الجزرية الصغيرة النامية والدول الأرخبيلية.
- تعرض قطاعا النقل البحري والسياحة لضربة خطيرة بسبب جائحة كوفيد-19.
- لا يزال نشاط تحلية المياه يزداد أهمية، لا سيما في الشرق الأوسط، وشمال أفريقيا، والدول الجزرية الصغيرة والدول الأرخبيلية. ولا يزال إنتاج ملح البحر أيضاً نشاطا ثابتاً على العموم، ولكنه لا يمثل سوى الثُمن من إجمالي إنتاج الملح.

1 - مقدمة

يتضمن هذا الفصل لمحة عامة عن العلاقة بين الإنسان وأنشطته الاقتصادية والمحيطات. ويبدأ بوصف ظاهرة تمركز السكان حول السواحل بأعداد متزايدة. ثم يقدم لمحة عامة عن المجتمعات التي يعيش فيها سكان السواحل، يليه استعراض للأنشطة الاقتصادية الرئيسية التي تعتمد على المحيط: جني الأغذية من المحيط؛ والنقل البحري؛ والسياحة والترفيه؛ والتعدين في قاع البحار؛ واستكشاف واستغلال الهيدروكربونات البحرية؛ واستخدام الموارد الجينية البحرية؛ وإنتاج المياه العذبة عن طريق تحلية المياه؛ وإنتاج الملح. والهدف هنا هو تقديم ما يمكن من معلومات عن مستويات النشاط الاقتصادي ومستويات العمالة والمنظورات الجنسانية وجوانب السلامة في الأنشطة. ويناقش الجزء الخامس من بعض القطاعات بالتفصيل من حيث الضغوط التي تفرزها. ولذلك، يتضمن هذا الفصل إشارات مرجعية إلى فصول في الجزء الخامس تفاديا للتكرار. وأما فيما يتعلق بالنقل البحر والسياحة، فترد تفاصيل أكثر في هذا الفصل. والضغوط الناجمة عن النقل البحري يتناولها الفصل 10 المتعلق بالتلوث بالمغذيات، والفصل 11 المتعلق بالمدخلات السائلة والجوية، والفصل 12 المتعلق بالنفايات الصلبة. ويُنظر في الهياكل الأساسية للسياحة في الفصل 14 المتعلق بالهياكل الأساسية البحرية، كما أن آثار السياحة على الأنواع والموائل يُنظر فيها في الفصلين 6 و 7 المتعلقين بحالة الأنواع والموائل. وعند الاقتضاء،

يتناول هذا الفصل الضغوط التي تفرزها تلك القطاعات متى لم تتناولها أجزاء أخرى من النص.

والمجتمعات الساحلية عناصر حاسمة في النشاط الاقتصادي على الساحل، فهي موطن الناس الذين يعملون في جميع أنواع الصناعات البحرية أو يكون لهم دخل فيها، وكذلك باعتبار الجوانب الاجتماعية والثقافية للساحل، بما يكون هناك من أنشطة فنية وممارسات تقليدية وتفاعل مجتمعي مع البحر. وتقوم المجتمعات الساحلية أيضا بدور رئيسي في دعم كثير من أنشطة صنع القرار والإدارة والحوكمة التي تتعلق بالساحل وتستهدف البحر. وبالنظر إلى هذه الصلة، يقدم هذا الفصل أيضا لمحة عامة عن المجتمعات الساحلية.

2 - المجتمعات الساحلية

في الفصل الأول من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a)، لوحظ أن 38 في المائة من سكان العالم يعيشون ضمن مسافة 100 كيلومتر من الساحل، وأن 44 في المائة يعيشون ضمن مسافة 150 كيلومترا، و 50 في المائة ضمن مسافة 200 كم، و 67 في المائة ضمن مسافة 400 كيلومتر (Small and Cohen, 2004). وقد أُجري في الفصل 18 من التقييم الأول (United Nations, 2017b) تحليل أكثر تفصيلاً بشأن مواقع موانئ العالم ومستوى نشاطها، ولكن لم يُجر تحليل أكثر شمولا لحالة المجتمعات الساحلية، لأن التركيز على الأنشطة البشرية كان قطاعياً.

2-1 - سكان السواحل وحجم المجتمعات الساحلية

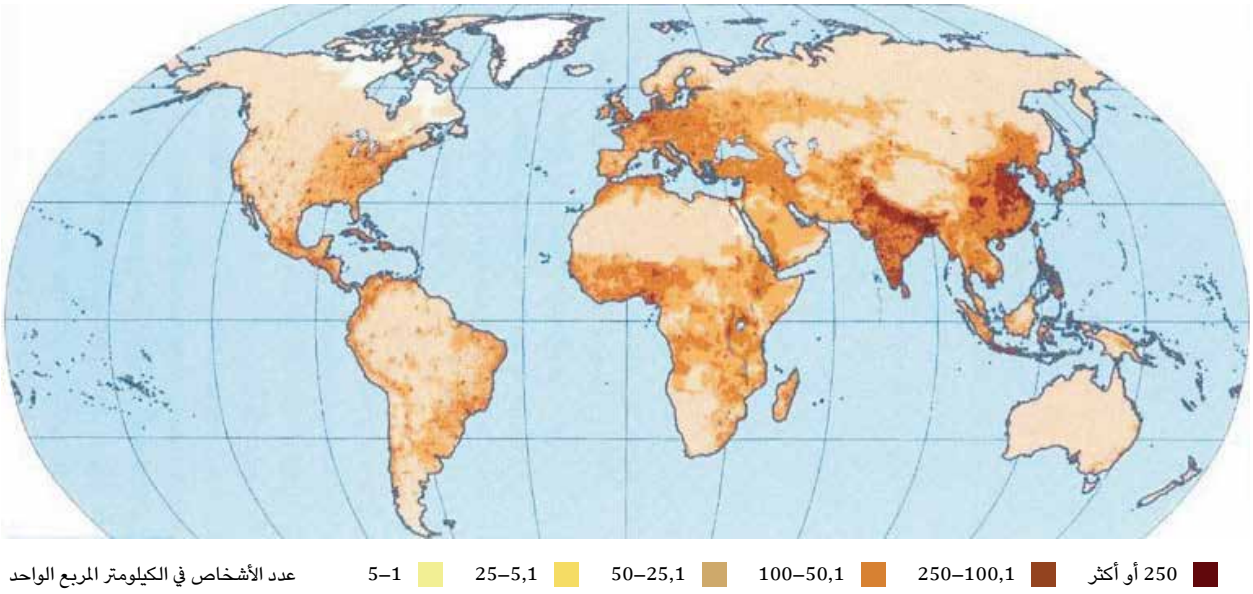
رغم أن هناك دعوات إلى إجراء رصد وتقييم منتظمين لعملية التغير الجارية في المناطق الساحلية (انظر مثلا Shi and Singh, 2003)، فقد ظلت هذه الدعوات محصورة إلى حد بعيد في الصعيد الوطني أو الصعيد الإقليمي. ولم يكد ينشر شيء يُذكر عن سكان السواحل في العالم منذ مطلع العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. ونظراً لأهمية الآثار الناجمة عن ارتفاع مستوى سطح البحر، ركزت الدراسات منذ ذلك الحين، على وجه الخصوص، على المناطق الساحلية المنخفضة الارتفاع، وهي تمتد على نطاق أضيق (على سبيل المثال، Neumann and others, 2015).

وقد أظهرت الدراسات التي أجريت في مطلع العقد الأول من القرن الحادي والعشرين أن هناك، على الصعيد العالمي، تركيزا كبيرا للسكان في المناطق الساحلية. ويُظهر الشكل الأول، المستمد من دراسة أجريت عام 2005 تحت رعاية منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة على أساس بيانات السكان الوطنية، تقديراً للكثافة السكانية العالمية في عام 2015 بناء على الاتجاهات التي لوحظت خلال فترة الخمس سنوات السابقة للدراسة. ويستخدم المشروع بيانات الأقمار الصناعية الليلية المتعلقة بمصادر الضوء المرصودة لتحديد المناطق الحضرية وإعادة توزيع بيانات تعداد السكان ضمن الحدود الإدارية. وتبين الخريطة المستخلصة من ذلك (الشكل الأول) أن سكان السواحل في العالم يتركز معظمهم في شرق آسيا وجنوب شرق آسيا وجنوب آسيا. وتشير الأدلة إلى أن تركيز السكان في المناطق الساحلية في تزايد كنسبة من مجموع سكان العالم (Merkens and others, 2016). ومع ذلك، فإن الوصول إلى المحيطات، ولا سيما لأغراض النقل البحري، يظل أمرا مهما بالنسبة للدول غير الساحلية.

تزيد المناطق الحضرية القريبة من الساحل من هذا التركيز: السكان الذين يعيشون ضمن مسافة 100 كيلومتر من الساحل يوجد 40 في المائة منهم في 4 في المائة من مساحة الأرض التي توجد داخل هذه المسافة (Small and Nicholls, 2003). ويقع معظم التركيز (حوالي 90 في المائة) في المدن الساحلية التي يزيد عدد سكانها على مليون نسمة. ويرد في الجدول 1 تحليل لهذه المدن كما تم تسجيله في منشور لإدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية بالأمم المتحدة عنوانه 'مدن العالم في عام 2018' (United Nations, Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), 2018).

الشكل الأول

الكثافة السكانية في العالم عام 2015



المصدر: مركز الشبكة الدولية لمعلومات علوم الأرض ومنظمة الأغذية والزراعة، 2005.

الجدول 1

المدن الساحلية التي كان عدد سكانها يزيد على 000 000 1 نسمة في عام 2018

الإقليم	عدد المدن الساحلية التي كان عدد سكانها يزيد على مليون نسمة في عام 2018	مجموع سكان تلك المدن في عام 2018 (بالملايين)	نطاق متوسط معدلات النمو السنوي لتلك المدن، 2000–2018
أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى	21	54,6	0,4 – 6,6
شمال أفريقيا	6	16,1	0,7 – 3,5
شرق آسيا	60	258,7	0,1 – 6,3
جنوب آسيا	12	86,3	1,2 – 5,6
جنوب شرق آسيا	20	74,4	0,6 – 6,8
غرب آسيا	14	44,8	1,3 – 5,2
أوروبا	19	48,1	(0,1-) – 1,5
أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي	28	94,2	(0,1-) – 2,7
أمريكا الشمالية	15	66,5	0,2 – 2,7
أوقيانوسيا	5	16,8	0,9 – 2,1
المجموع	200	760,5	

المصدر: UNDESA, 2018.

يتبيّن من التحليل إذن أن التجمعات الرئيسية لسكان المناطق الساحلية الحضرية تقع في شرق آسيا وجنوب آسيا وجنوب شرق آسيا، وأن أسرع معدلات نمو هذه التجمعات السكانية توجد في تلك المناطق وفي أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى.

وفي الطرف الآخر من المقياس هناك عشرات الآلاف من المجتمعات الساحلية الصغيرة في جميع أنحاء العالم. ولا يُعرف عدد هذه المجتمعات ولا عدد سكانها. غير أنه يبدو أن عدد هذه المجتمعات على طول سواحل العالم يُرجح أن يكون مرتفعاً، وأن الوحدات الحكومية المحلية الرسمية غالبا ما تضم أكثر من مجتمع واحد من هذه المجتمعات. ففي نوفاسكوتيا بكندا، على سبيل المثال، يشير تقييم أُجري حديثا إلى أنه وإن كان ثمة رسميا حوالي 50 بلدية، فإن هناك حوالي 000 1 من المجتمعات المحلية الساحلية المنفصلة (Charles, 2020). ومن ثم فإن هناك تنوعا كبيرا في المجتمعات الساحلية على صعيد العالم، لا سيما من حيث الاختلافات بين المدن الكبرى المشار إليها أعلاه والمجتمعات الريفية، حيث تكون في العادة الأنشطة الاقتصادية من قبيل صيد الأسماك وتربية الأحياء المائية والنقل البحري والسياحة هي أهم الأنشطة.

ومهما كان حجم المجتمع المحلي، فهو غالبا ما يؤدي دورا في الإشراف على الساحل. والواقع أن دور المجتمعات الساحلية في مجال الحماية يحظى باعتراف وتقدير متزايدين، حيث توجد مبادرات محلية كثيرة في مجال حماية المحيطات في جميع أنحاء العالم، وكثيرا ما تنجح هذه المبادرات في تحسين سبل عيش المجتمعات المحلية وحمايتها (Charles, 2017؛ و Charles and others, 2020).

ويحظى دور المجتمعات الساحلية في الحماية بتقدير متزايد. وقد اضطلع العديد من المجتمعات الساحلية في جميع أنحاء العالم وصغار الصيادين بتلك المجتمعات بعدد كبير من المبادرات المحلية في مجال حفظ المحيطات، وكان النجاح حليف تلك المبادرات في كثير من الأحيان. وكثيراً ما تحققت نجاحات تلك المجتمعات بفضل ما هو قائم على الصعيد المحلي من معارف وهياكل وتعاون (Charles, 2017).

إن ضعف المجتمعات الساحلية أمام آثار تغير المناخ مصدر انشغال متزايد. وهذا أمر ذو صلة بالتخطيط للتنمية السياحية، ولا سيما في الدول الجزرية الصغيرة النامية ذات الاقتصادات التي تعتمد على السياحة وإدارة مصائد الأسماك. وقد خلصت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أن مخاطر التعرية وفقدان الأراضي والفيضانات والتملُّح والآثار المتتالية بسبب ارتفاع متوسط مستوى سطح البحر والظواهر الجوية القصوى، وغيرها من المخاطر، يُتوقع أن تشتد حدتها كثيرا طوال القرن الحالي، بالنظر إلى الاتجاهات التي نشهدها حاليا، حيث يتزايد ضعف المجتمعات الساحلية إزاء تغيُّر المناخ (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019)). والمجتمعات الساحلية الواقعة في القطب الشمالي، وفي الدول المنخفضة (التي غالبا ما تكون في دلتات مصبات الأنهار)، مثل بنغلاديش وغيانا، وفي مسارات الأعاصير أو العواصف الاستوائية، وفي المدن الضخمة ذات الكثافة السكانية العالية، مجتمعات معرضة للخطر بحدة. ومن ناحية أخرى، يبدو أن للعيش في المناطق الساحلية منافع صحية (انظر الفصل 8 باء بشأن صحة الإنسان وتأثرها بالمحيطات).

والمجتمعات الساحلية الصغيرة ليست ضعيفة إزاء تأثيرات تغير المناخ ضعفا ماديا فحسب، بل هي أيضاً ضعيفة من الناحية الاجتماعية، ولا سيما في المناطق الريفية (Charles and others, 2019). والمجتمعات الساحلية الريفية معرضة للظواهر الجوية والفيضانات نتيجة لموقعها الجغرافي ومحدودية فرص الحصول على الرعاية الصحية والسلع ووسائل النقل والخدمات الأخرى. والحساسية لتقلبات السوق بسبب الاعتماد على الموارد الطبيعية، والفقر، ومحدودية الفرص الاقتصادية، وتناقص أعداد السكان، تخلف مشاكل عند محاولة التكيف (Armitage and Tam, 2007؛ و Amundsen, 2015؛ و Bennett and others, 2016؛ و Metcalf and others, 2015؛ و May, 2019c). وتُجهد هذه العوامل الأصول المادية، فضلا عن الأسس الاجتماعية والمعنوية التي تيسر حل المشاكل بصورة جماعية (Amundsen, 2015؛ و May, 2019a). فالمجتمعات تكون أكثر استعدادا لحشد الموارد الجماعية لمواجهة التهديدات عندما يبالي الناس بعضهم ببعض بالفعل وبالأماكن التي يعيشون فيها (Amundsen, 2015؛ و May, 2019b؛ و Wilkinson, 1991). وربما كان ذلك راجعا إلى

التعلق بالتاريخ أو الثقافة أو السياق البيئي لمكان معين و/أو لمن يعيش من الناس في مكان معين. ويمكن أن تصبح هذه الارتباطات مصادر لمقاومة التغيير في سياقات التنوع الاجتماعي المنخفض وبطء التغير السكاني، أو أساسا للصراع في سياقات التنوع الاجتماعي المرتفع والتغير السكاني السريع (Graham and others, 2018؛ May, 2019b, 2019c). ويشكل التأثير المشترك للضعف المادي والاجتماعي على قدرات المجتمعات تحدياً خاصاً في وقت أصبح فيه بذل الجهود في العمل الجماعي للتخفيف والتكيف أكثر أهمية من أي وقت مضى (May, 2019b, 2019c).

وتحذر الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ من أن جهود التخفيف والتكيف المفضية إلى التغيير ضرورية بالنسبة لأكثر مجتمعاتنا ضعفا، وكثير منها مجتمعات ساحلية، للتخفيف من حدة تغير المناخ والتكيف معه. ولم يعد التغيير التدريجي خياراً ممكناً لدى معظم الدول: إذ يُعتقد أنه يلزم اتخاذ إجراءات أكثر جذرية للحد من آثار مناخ متغير والتكيف معه. وتتنوع أوجه التصدي للتهديدات الناجمة عن تغير المناخ وتشمل مزيجا من الدفاعات الساحلية الصلبة واللينة. فالهياكل الأساسية المشيدة، مثل الجدران أو الحواجز البحرية، تُستخدم على نطاق واسع ولكنها في غالب الأحيان أكثر تكلفة وتتطلب الصيانة بقدر أكبر من التدابير القائمة على النظم الإيكولوجية، مثل المستنقعات أو أشجار المانغروف أو الشعاب المرجانية أو الأعشاب البحرية (انظر أيضا الفرع 7-3). وتحول محدودية البيانات دون تقدير الفعالية من حيث التكلفة لكل من التدابير الصلبة واللينة، لا سيما عبر مختلف المناطق الجغرافية والمقاييس (Oppenheimer and others, 2019)، على الرغم من وجود تقديرات على مستوى الدول (انظر مثلا Environment Agency of the United Kingdom, 2015). وقد قدّر البنك الدولي أن ما يزيد على 143 مليون شخص قد يضطرون بحلول عام 2050 إلى النزوح داخل بلدانهم هربا من زحف آثار تغير المناخ في ثلاث مناطق فقط، هي: أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، وجنوب آسيا، وأمريكا اللاتينية (Rigaud and others, 2018). ولمعالجة هذه المشاكل، في المناطق الساحلية، يُنظر على نطاق واسع إلى الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية باعتبارها نهجا فعالا إزاء تغير المناخ وغيره من العوامل (Nicholls and Klein, 2005؛ و Nicholls and others, 2007؛ وانظر أيضا الفصل 30 بشأن نُهج الإدارة).

3 - صيد الأسماك وجني الصدفيات وتربية الأحياء المائية

الغذاء الآتي من البحر أكبر صناعة بحرية من حيث أعداد الأشخاص المعنيين بالقطاع. ففي عام 2017، قُدّر إجمالي قيمة عملية البيع الأولى للإنتاج الإجمالي بمبلغ 221 بليون دولار، منها 95 بليون دولار من الإنتاج المتأتي من تربية الأحياء البحرية (بما في ذلك الأسماك والصدفيات والطحالب البحرية). وتشمل تلك الأرقام نسباً صغيرة من الإنتاج غير المستخدم في الأغذية (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019). وترد تفاصيل أخرى في الفصل 15 المتعلق بصيد الأسماك، والفصل 16 المتعلق بتربية الأحياء المائية، والفصل 17 المتعلق بجني الطحالب البحرية.

وكان أسطول الصيد على الصعيد العالمي يتألف في عام 2017 من حوالي 4,5 ملايين مركب، وهو عدد ظل مستقرا نسبيا منذ عام 2008. ولا يزال ما يقرب من ثلث أسطول الصيد على الصعيد العالمي يتألف من مراكب بلا محرك، وهو ما يعكس النسبة الكبيرة التي يمثلها صيد الأسماك على نطاق صغير والصيد المعيشي. ولا يتألف سوى 2 في المائة من مجموع الأسطول من سفن يبلغ طولها الإجمالي 24 متراً أو أكثر، وحوالي 36 في المائة من السفن طولها الكلي أقل من 12 متراً (FAO, 2019).

وفي عام 2017، كان ما يقدر بنحو 135 مليون شخص يعملون في صيد الأسماك وتربية الأحياء البحرية: 120 مليون منهم في صيد الأسماك وحوالي 15 مليون في تربية الأحياء البحرية. ويعمل في مصائد الأسماك (مقابل الصيد المعيشي) نحو 40,4 مليون فرد، ويعمل في تربية الأحياء البحرية حوالي 15,6 مليون فرد. وبالإضافة إلى ذلك، هناك قوة عاملة أصغر قليلاً تعمل في عمليات التجهيز البَعدية. وتمثل النساء حوالي 13 في المائة من القوة العاملة الموظفة. وباحتساب الصيد المعيشي، فإن حوالي 50 في المائة ممن يعملون ضمن هذه الفئة من الأنشطة نساء (FAO, 2019؛ و World Bank and others, 2012). ولم تُجر في الآونة الأخيرة دراسات استقصائية عن حالات الوفاة والإصابات في قطاع صيد الأسماك. غير أن أحدث دراسة استقصائية تبين أن العاملين في القطاع معرضون للموت والإصابة في العمل بمستويات أعلى بكثير مما يُسجل في قطاعات أخرى: أي ما أكثر من المتوسط بما يتراوح بين 18 و 40 مرة في مجموعة من البلدان المتقدمة النمو التي توجد عنها إحصاءات (Petursdottir and others, 2001).

وعدا الصيد المعيشي، يعتمد صيد الأسماك وتربية الأحياء البحرية على سلاسل إمداد واسعة من المنتج إلى المستهلك. والمشاكل التي سببتها جائحة كوفيد-19 تشكل تحدياً لصناعات صيد الأسماك، لا سيما فيما يتعلق بالتجارة الدولية في المنتجات، وعرقلة لسلاسل الإمداد. كما تأثرت أنشطة صيد الأسماك، حيث انخفضت بنسبة تقدر بـ 6,5 في المائة في آذار/مارس ونيسان/أبريل 2020. وفي بعض المناطق (مثل البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود)، توقفت مصائد الأسماك الصغيرة النطاق. وفي المستقبل، ستؤدي الممارسات المراعية لظروف جائحة كوفيد-19 إلى فرض قيود على ممارسات العمل سواء في المياه أو في أعمال التجهيز البَعدي (FAO, 2020).

ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات عن مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية وجني الطحالب البحرية في الفصول 15 و 16 و 17، على التوالي.

4 - النقل البحري

4-1 - الحالة كما وردت في التقييم العالمي الأول للمحيطات

عندما كُتب التقييم العالمي الأول للمحيطات، كان النقل البحري الدولي لا يزال يتعافى من الأزمة المالية التي حدثت في الفترة من عام 2008 إلى عام 2011. ويُقدر عادة أن النقل البحري يمثل 90 في المائة من التجارة الدولية، رغم أن أحد التقديرات الواردة في التقييم العالمي الأول حدد النسبة بحوالي 75 في المائة من حيث الحجم وبحوالي 60 في المائة من حيث القيمة (United Nations, 2017f).

4-2 - نقل البضائع

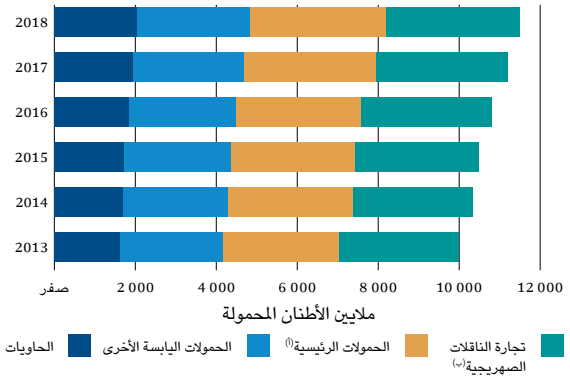
إلى حدود عام 2020، كان انتعاش الاقتصاد العالمي بعد عام 2011 يتجسد في نمو التجارة العالمية، ومن ثم في الحمولة من البضائع التي تنقلها شركات النقل البحري الدولي (الشكل الثاني). وعندما تؤخذ في الحسبان مسافات نقل الشحنات، يكون النمو أكبر من حيث عدد الأطنان لكل ميل (United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2019). ولا يزال الانتعاش مستمراً، وقد تأثر بشكل خطير بسبب الانخفاض الهائل في التجارة العالمية الذي تسببت فيه أزمة كوفيد-19.

غير أن هذا النمو حدث في ظل خلفية تنافسية ضعيفة بالنسبة لقطاع النقل البحري الدولي. فالأزمة الاقتصادية

التي طبعت الفترة من عام 2008 إلى عام 2011 صادفت وقتا كان فيه النقل البحري العالمي قد استدعى زيادة كبيرة في سعة الشحن لتلبية الطلب المتزايد على النقل في السنوات السابقة. وكانت سعة الشحن الإضافية جاهزة في وقت بدأ ينخفض فيه الطلب، ولذلك كان قطاع النقل البحري يعمل خلال العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين في ظل فائض في العرض، ونتيجة لذلك انخفضت أسعار الشحن. وببدء سريان التدابير الرامية إلى تشديد مراقبة انبعاث الملوثات من السفن (اعتباراً من عام 2020)، سيتعرض قطاع النقل البحري لمزيد من الضغوط المرتبطة بإدخال التعديلات اللازمة على الأساطيل. ولتلبية المتطلبات الجديدة (كما ترد مفصلة في الفصل 11)، يجب على السفن إما أن تشتري وقودا فيه نسبة أقل من الكبريت (وهذا قد يكون أعلى سعرا، لأن السفن تعمل عادة بزيوت عالية المحتوى من الكبريت لا يكثر عليها الطلب)، وإما أن تتجهز بنظام تنقية لتنظيف عوادم السفن. ويرد وصف لمزيد من الضغوط الاقتصادية من هذا النوع في الفصل 11. ولا يزال من غير الواضح كيف سيكون التأثير الذي سيسفر عنه استمرار الفائض في طاقة الشحن وارتفاع تكاليف التشغيل (UNCTAD, 2019).

الشكل الثاني

التجارة البحرية الدولية حسب نوع السلعة، 2013-2018



المصدر: UNCTAD, 2019.

(أ) "الحمولات الرئيسية" هي ركاز الحديد والحبوب والفحم.

(ب) "تجارة الناقلات الصهريجية" تشمل النفط الخام والمنتجات النفطية المكررة والغاز والمواد الكيميائية.

على مدى عدة سنوات، ظلت كميات البضائع التي تُشحن في موانئ البلدان النامية أقل من كميات البضائع التي تُفرغ في تلك البلدان، وهو ما يدل على وجود اختلال في التجارة البحرية. وبحلول موعد التقييم العالمي الأول، كانت تلك الكميات، في المتوسط، قريبة من حالة التوازن، وبعد ذلك أصبحت الكميات التي تُشحن في البلدان النامية تتجاوز الكميات التي تُفرغ. وحتى باستثناء الصين، باعتبارها أكبر بلد من البلدان النامية المستوردة/المصدرة، يظل هناك فائض في الشحنات التي تُفرغ في البلدان النامية (UNCTAD, 2019).

ولا تزال حركة نقل الحاويات متمركزة في الممرات الرئيسية بين الشرق والغرب في النصف الشمالي للكرة الأرضية (محور آسيا - أوروبا، والممر العابر للمحيط الهادئ، والممر العابر للمحيط الأطلسي)، حيث يتمركز هناك 40 في المائة من مجموع حركة النقل البحري للحاويات. وأما نسبة 60 في المائة المتبقية فمنها 27 في المائة تنحصر ضمن المجال الإقليمي، و 13 في المائة عبر الطرق الأخرى بين الشرق والغرب في النصف الشمالي للكرة الأرضية، و 12 في المائة ترتبط بحركة النقل بين بلدان النصف الجنوبي للكرة الأرضية، و 8 في المائة مرتبطة بحركة النقل بين الشمال والجنوب (UNCTAD, 2019). وفي الوقت نفسه، هناك اتجاه نحو مزيد من الاندماج بين شركات النقل البحري بالحاويات، ولذلك فإن مجموع الحصة السوقية التي تستحوذ عليها أكبر عشر شركات للنقل البحري بالحاويات ارتفعت من 68 في المائة في عام 2014 إلى 90 في المائة في عام 2019. ويقترن ذلك بتنامي الاهتمام بشركات النقل البحري بالحاويات التي تدمج عملياتها في حركة النقل بين جهات المَصدر والموانئ وبين الموانئ والوجهات النهائية. ومن شأن هذه التطورات أن تقوض المنافسة، وأن تؤدي من ثَم إلى ارتفاع تكاليف النقل (UNCTAD, 2019).

وبلغ الحجم الإجمالي للأسطول العالمي من السفن التي تنقل كل تلك الشحنات 96 295 سفينة في مطلع عام 2019، بسعة تعادل 1,97 بليون طن من الحمولة الساكنة. واحتفظت ناقلات السوائب وناقلات النفط

بأكبر نصيبين في السوق من السفن التي سيطرت على الأسطول العالمي، حيث مثلت الأولى 42,6 في المائة من جميع السفن، والثانية 28,7 في المائة من الحمولة الساكنة بالطن. ولا تزال نسبة كبيرة من الحمولة العالمية تُسجل في عدد صغير نسبيا من نظم التسجيل. فإن نحو 70 في المائة من الحمولة على صعيد العالم تُسجل في سبعة من نظم التسجيل: بنما (17 في المائة)، وجزر مارشال (12 في المائة)، وليبريا (12 في المائة)، ومنطقة هونغ كونغ الصينية الإدارية الخاصة (10 في المائة)، وسنغافورة (7 في المائة)، ومالطة (6 في المائة)، والصين (5 في المائة). ولا يوجد ضمن نظم التسجيل الأخرى ما يسجل أكثر من 4 في المائة من الحمولة العالمية (UNCTAD, 2019).

وبالمثل، لا تزال ملكية السفن والسيطرة عليها تتركز في أيدي شركات عدد صغير نسبيا من البلدان. ففي عام 2019، استحوذت خمسة اقتصادات على أكثر من 50 في المائة من الحمولة العالمية، وهي: اليونان واليابان والصين وسنغافورة وهونغ كونغ، الصين. وبين عامي 2015 و 2019، زادت اليونان وسنغافورة والصين وهونغ كونغ، الصين من النسبة التي تملكها/تسيطر عليها (UNCTAD, 2019).

ولا يزال بناء السفن الجديدة يرتكز بدرجة عالية في الصين واليابان وجمهورية كوريا، حيث تستحوذ هذه البلدان مجتمعة على 90 في المائة من نشاط بناء سفن نقل البضائع بجميع أنواعها. ولا تزال أعمال تكسير السفن التي وصلت إلى نهاية عمرها النافع متمركزة في نفس البلدان التي ذُكرت في التقييم العالمي الأول. ففي عام 2018، جرى في بنغلاديش تكسير 47,2 في المائة من مجموع الحجم الطني المبلغ عنه من سفن الإبحار ذات المحركات والتي يبلغ وزنها الإجمالي 100 طن فأكثر والتي بيعت لأغراض التكسير، وجرى تكسير 25,6 في المائة من ذلك في الهند، و 21,5 في المائة في باكستان، و 2,3 في المائة في تركيا، و 2 في المائة في الصين، وفضُل من ذلك لبقية العالم ما نسبته 1,4 في المائة. وقد أخذت حصة الصين والهند وتركيا من السوق تنخفض (UNCTAD, 2019).

وفي عام 2020، أدت جائحة كوفيد-19 إلى تعطيل التجارة العالمية على نطاق واسع. فقد انخفض الطلب كثيرا على نقل المواد الخام والسلع الجاهزة، بينما ارتفع الطلب على نقل السلع المتصلة بالصحة (United Nations Coordinating Committee on Statistical Activities (UNCCSA), 2020). وعلى العموم، انخفض نشاط الشحن البحري بشكل ملحوظ: فعلى سبيل المثال، انخفضت الحركة التجارية من الاتحاد الأوروبي إلى الصين والولايات المتحدة في الأسابيع الـ 31 الأولى من عام 2020 بنسبة 47 في المائة و 25 في المائة، على التوالي، مقارنة بعام 2019؛ وانخفضت الحركة التجارية في الاتجاه العكسي بنسبة 26 في المائة و 38 في المائة، على التوالي (European Maritime Safety Agency (EMSA), 2020).

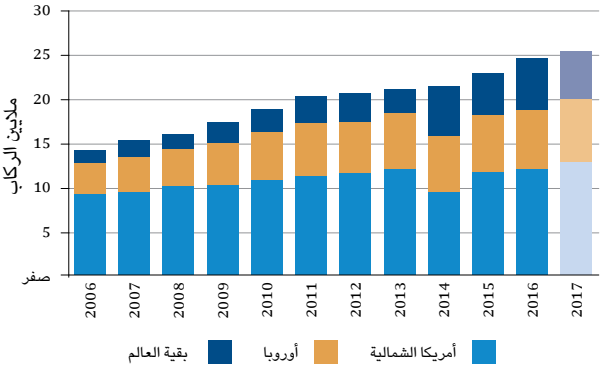
4-3 - حركة نقل الركاب

يُنقل الركاب بالكامل تقريبا على العبارات المحلية أو على السفن السياحية. ولا يزال نمط حركة العبارات كما ورد وصفه في التقييم العالمي الأول، ولكن مستوى حركة النقل نما بشكل مطرد (International Shipping Economics and Logistics (ISL), 2017).

وظلت أنشطة السفن السياحية أيضا تنمو باطراد مع نمو السوق العالمية للملاحة السياحية: فأعداد المسافرين يتزايد بمعدل 5 في المائة سنويا (الشكل الثالث). كما أن السفن السياحية صار يتزايد حجمها باطراد (الشكل الرابع). وعموما، لا يزال السوق يهمين عليه المسافرون من الولايات المتحدة (حوالي 50 في المائة من إجمالي السوق)، والتوزيع العالمي للملاحة السياحية لا يزال إلى حد بعيد كما ورد وصفه في التقييم العالمي الأول، حيث إن منطقتي التركيز الرئيسيتين هما منطقة البحر الكاريبي والبحر الأبيض المتوسط اللتين شكلتا معاً أكثر قليلاً من نصف مجموع حركة الملاحة السياحية في عام 2017 (Cruise Lines International Association (CLIA), 2018).

الشكل الثالث

أعداد المسافرين على متن السفن السياحية، 2006-2017

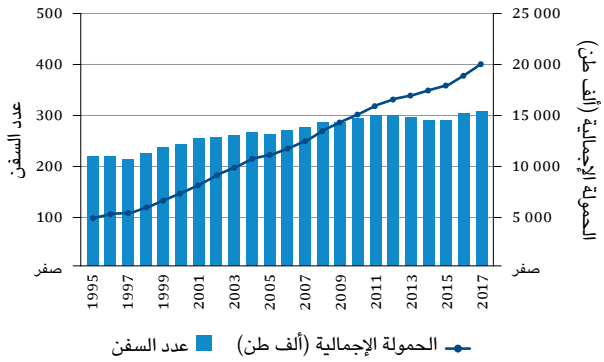


المصدر: ISL, 2017.

ملاحظة: إحصائيات عام 2017 تقديرية.

الشكل الرابع

أعداد السفن السياحية وحمولتها الإجمالية



المصدر: ISL, 2017.

وأشار التقييم العالمي الأول إلى النمو الحديث نسبيا، ولكن السريع، للرحلات السياحية إلى أنتاركتيكا، ولا سيما رحلات السفن السياحية - حيث تحقق نمو من 27 324 من ركاب السفن السياحية في موسم 2004-2003 إلى 37 044 في موسم 2014-2013، أي بزيادة نسبتها 35 في المائة. واستمر هذا النمو ووصل إلى 51 700 في موسم 2018-2017 (بزيادة إضافية نسبتها 40 في المائة)، ويُتوقع أن يحدث المزيد من النمو ليصل إلى 55 750 في موسم 2019-2018. ويهبط أكثر من 80 في المائة من السياح في أنتاركتيكا (International Association of Antarctic Tour Operators (IAATO), 2018). ويتمركز إنزال الركاب وحركة الملاحة البحرية بدرجة عالية في بضعة مواقع محددة، ولا سيما على طول الساحل الجنوبي الغربي لشبه جزيرة أنتاركتيكا. ويرتبط نمو السياحة في أنتاركتيكا ارتباطا وثيقا باقتصادات البلدان التي ترسل أكبر عدد من الزوار إلى المنطقة: 60 في المائة من السياح يأتون من الولايات المتحدة (33 في المائة) والصين (16 في المائة) وأستراليا (11 في المائة). وزادت كثيرا نسبة السياح القادمين من الصين بين عامي 2013 و 2014 وبين عامي 2017 و 2018. وربما كانت أسواق السفر إلى أنتاركتيكا بعيدة كل البعد عن درجة الإشباع، ولذلك يُرجح أن يستمر نمو الطلب (Bender and others, 2016). وبصرف النظر عن بعض الفئات، مثل يخوت الخواص، فإن حركة النقل البحري مشمولة بالمدونة الإلزامية الجديدة للسفن التي تعمل في المياه القطبية (International Maritime Organization (IMO), 2015).

والسياحة آخذة في النمو بسرعة أيضا في منطقة القطب الشمالي: فقد تضاعفت السياحة الصيفية أربع مرات، وزادت السياحة الشتوية بنسبة تزيد على 600 في المائة بين عامي 2006 و 2016، رغم أن مناطق واسعة لم يشملها هذا النمو. ومن المرجح أن يكون للزيادة تأثير على النظم الإيكولوجية والمجتمعات المحلية في القطب الشمالي، لا سيما مع انفتاح أجزاء جديدة من القطب الشمالي في ظل تقلص الجليد البحري، وافتتاح مطارات جديدة، ومواصلة الترويج للمنطقة (Runge and others, 2020).

وفي عام 2020، انخفضت كثيرا حركة نقل المسافرين على متن العبارات في مطلع العام بسبب جائحة كوفيد-19، ولكن عادت وأخذت تنتعش بحلول آب/أغسطس (EMSA, 2020، على سبيل المثال). وقد انخفض نشاط السفن السياحية لنفس السبب: ففي أغسطس 2019، كان هناك 1,8 مليون شخص على متن السفن السياحية؛ وفي أغسطس 2020، لم يكن هناك سوى عدد قليل من أعضاء الأطقم (EMSA, 2020).

4-4 - البحارة

قدر عدد البحارة العاملين على متن السفن التجارية الدولية في عام 2015 بـ 1 647 500، منهم 774 000 ضابط و 873 500 من البحارة المساعدين. وسيجرى استعراض جديد في عام 2020. ويقدر أن الاتحاد الروسي وإندونيسيا وأوكرانيا والصين والفلبين هي البلدان الخمسة التي يأتي منها أكبر عدد من البحارة بجميع فئاتهم. وفيما يتعلق بالضباط، أوردت التقارير أن أكثرهم يأتي من الصين، تليها الفلبين والهند وإندونيسيا والاتحاد الروسي. وأما بالنسبة للبحارة المساعدين، فالفلبين هي البلد الذي يأتي منه أكثرهم، تليها الصين وإندونيسيا والاتحاد الروسي وأوكرانيا. وفي عام 2015، كانت التقديرات أن هناك نقصًا في عدد الضباط بحوالي 16 500 ضابطًا وفائضًا في البحارة المساعدين يبلغ حوالي 119 000 فردا. وبينما يُتوقع أن يزداد العرض العالمي من الضباط باطراد، يُتوقع أن يظل هذا الاتجاه دون الطلب المتزايد (Baltic and International Maritime Council and the International Chamber of Shipping (BIMCO/ ICS), 2016). وقد ورد وصف للصكوك الدولية الهامة لحماية البحارة في التقييم العالمي الأول.

ولا تزال أفضل تقديرات لنسبة البحارة من النساء تبلغ حوالي 2 في المائة، ولا سيما في قطاع السفن السياحية (International Transport Workers Federation (ITF), 2019).

وخلفت القيود المفروضة على السفر والحدود في عام 2020 بغية السيطرة على انتشار الجائحة أزمة كبرى للبحارة. ففي تموز/يوليه 2020، قُدِّر عدد البحارة المتضررين بـ 600 000 بحار: فقد ظل ما يقرب من 300 000 بحار يعملون على متن السفن بسبب مشاكل تتعلق بتغيير الطواقم، وكان عدد مماثل من البحارة العاطلين عن العمل ينتظرون على الشاطئ للانضمام إلى سفنهم (ITF, 2020).

5-4 - القرصنة والسطو المسلح على السفن

سُجل انخفاض طفيف في العدد الإجمالي للحوادث المتعلقة بمحاولات وأعمال القرصنة والسطو المسلح ضد السفن بين عامي 2015 و 2019 (الجدول 2). ولا تزال أهم المناطق التي تحدث فيها أعمال القرصنة والسطو المسلح هي المناطق الواقعة في جنوب شرق آسيا وغرب أفريقيا.

الجدول 2

محاولات وأعمال القرصنة والسطو المسلح ضد السفن بين عامي 2015 و 2019

الإقليم	2015	2016	2017	2018	2019
شرق آسيا	31	16	4	7	5
جنوب شرق آسيا	147	68	76	60	53
جنوب آسيا	24	17	15	18	4
شرق أفريقيا والبحر الأحمر وخليج عدن	3	6	13	5	4
غرب أفريقيا والبحر الأبيض المتوسط	32	57	45	82	67
أمريكا الجنوبية	8	22	24	25	24
باقي العالم	1				
المجموع	246	191	180	201	162

المصدر: International Maritime Bureau of the International Chamber of Commerce, 2020.

4-6 - الآثار البيئية

ترد مناقشة ما ينتج من مخلفات وانبعاثات عن السفن ومياه المجارير، إلى جانب التلوث السائل والتلوث الجوي، في الفصل 11؛ بينما يتناول الفصل 12 قمامات السفن؛ وأما الضوضاء التي تدخل المحيطات من السفن فهي موضوع الفصل 20.

ويتناول الفصل 7 كاف الآثار البيئية المرتبطة بنمو النقل البحري في المحيط المتجمد الشمالي. والعمل جار لاتخاذ الخطوات اللازمة للإعداد بطريقة مستدامة لهذه الحركة، حيث اعتمدت المنظمة البحرية الدولية المدونة الدولية للسفن التي تعمل في المياه القطبية (المدونة القطبية)[1]، وهي مدونة إلزامية بموجب كل من الاتفاقية الدولية لسلامة الأرواح في البحار[2] والاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن (IMO, 2015)[3]. ووضع مجلس القطب الشمالية أيضا الترتيبات اللازمة للوقاية والاستعداد والاستجابة للطوارئ في حالات حوادث النقل البحري، واعتمد في عام 2011 اتفاقا ملزما قانونا بشأن التعاون في مجال الملاحة الجوية والملاحة البحرية للبحث والإنقاذ في المنطقة القطبية الشمالية (Arctic Council, 2011).

5 - التعدين في قاع البحار

هناك جانبان مختلفان في قطاع التعدين في قاع البحار. أحدهما معروف من عهد طويل وهو تعدين الرواسب الضحلة نسبيا وتقوم عدد من البلدان داخل مياهها. والآخر هو إمكانية تطوير التعدين في قاع البحار العميقة، وهذا قطاع لم تبدأ فيه بعد عمليات على المستوى التجاري. وتشمل أنشطة التعدين القائمة، من ضمن ما تشمل، خليط الركام (رمال وحصى) في كثير من بلدان أوروبا الغربية؛ وتعدين مكيث الماس في ناميبيا؛ وتعدين مكيث القصدير في عدة بلدان من بلدان جنوب شرق آسيا؛ ثم، ومنذ وقت أقرب، تعدين الرمال الحديدية في نيوزيلندا. وهناك أيضا مشاريع قيد التطوير لاستخراج الفوسفوريت في المكسيك وناميبيا ونيوزيلندا. وترد تفاصيل الأنشطة المعهودة والمحتملة على السواء في الفصل 18 المتعلق بالتعدين في قاع البحار.

وأنشطة التعدين المعهودة متباينة، لأنها تشمل بلدانا وحالات بينها من الاختلاف شيء كثير. ولا وجود لدراسة عامة تتناول الجوانب الاقتصادية لهذه الأنشطة، ولم تُجر أي دراسات استقصائية عن العمالة أو عن حدوث وفيات وإصابات للعمال أو عن الأجور على صعيد هذا القطاع.

6 - الهيدروكربونات البحرية

في عام 2016، كان نحو من 27 في المائة من الإنتاج العالمي من النفط، و 30 في المائة من إنتاج الغاز الطبيعي، في عرض البحر. يُستخرج النفط من عرض البحر في أكثر من 50 دولة، منها البرازيل والمكسيك والنرويج والمملكة العربية السعودية والولايات المتحدة (International Energy Agency (IEA), 2018). وأما الغاز الطبيعي، فأستراليا وإيران (جمهورية الإسلامية) وقطر والنرويج كانت هي البلدان الرئيسية المنتجة له في عرض البحر في عام 2017. وقد بلغ الإنفاق السنوي لرأس المال الاستثماري العالمي في قطاع

[1] المنظمة البحرية الدولية، الوثيقة MEPC 68/21/Add.1، المرفق 10.
[2] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1184, No. 18961.
[3] المنظمة البحرية الدولية، الوثيقة MEPC 62/24/Add.1، المرفق 19، القرار MEPC.203(62).

الهيدروكربونات البحرية 155 بليون دولار في عام 2018، ومن المتوقع أن يصل إلى 200 بليون دولار بحلول عام 2021. وترد تفاصيل أخرى في الفصل 19 المتعلق باستكشاف الهيدروكربونات واستخراجها.

وقد ورد في الفصل 21 من التقييم العالمي الأول (United Nations, 2017c) لمحة عن الجوانب الاجتماعية لقطاع الهيدروكربونات البحرية. وبصفة عامة، ما زال ما ورد هناك دقيقا. وكثرة التقلّب في أعداد العمالة أمر لا محيد عنه، وذلك تبعا للسعر الدولي للنفط الخام والإنفاق الرأسمالي المقرر من جانب شركات النفط والغاز. وتستمد القوى العاملة عناصرها بشكل كبير من مجموعة عالمية من المواهب.

7 - السياحة والترفيه

7-1 - الحالة كما وردت في التقييم العالمي الأول للمحيطات

لقد تناول الفصل 27 من التقييم الأول (United Nations, 2017d) جميع جوانب السياحة والأنشطة الترفيهية التي لها تأثير في المحيطات. ومن الجوانب التي نُظر فيها حجم النشاط في هذا القطاع، حيث بدا أن القطاع شهد نموا سريعا على مدى عدة عقود؛ والجانبان الاجتماعي والاقتصادي، حيث تبين ما للقطاع من أهمية اقتصادية في كثير من البلدان (ولا سيما في الدول الجزرية الصغيرة النامية)؛ والطلبات على البيئات المبنية؛ والضغوط الكثيرة التي يضعها السياح وأنشطتهم على البيئة البحرية. وفي حالات استثنائية، عوملت الملاحة السياحية باعتبارها جزءا من الفصل 17 الذي يتناول النقل البحري.

وفي التقييم الحالي، يُنظر في الفصل 14 في ما يتصل بالسياحة من البنى التحتية والتنمية، ويُنظر في الفصلين 10 و 12 في المشاكل المرتبطة بالنفايات الجوية والسائلة والصلبة الناجمة عن الأنشطة السياحية. ولذلك، يتناول هذا الفرع الجوانب الاجتماعية والاقتصادية للسياحة.

وقد تغيرت الصورة كثيرا في الآونة الأخيرة بسبب جائحة كوفيد-19. وترى منظمة السياحة العالمية أن عدد السياح الدوليين الوافدين من المرجح أن ينخفض في عام 2020 بنسبة تتراوح بين 58 و 78 في المائة مقارنة بعام 2019، وذلك تبعا لمآل القيود المفروضة على السفر في إطار الجهود المبذولة للسيطرة على الجائحة في النصف الثاني من العام. فقد انخفض عدد الوافدين في آذار/مارس 2020 بنسبة 60 في المائة مقارنة بعام 2019. (UNCCSA, 2020). وأكثر البلدان تضررا هي تلك التي يكثر اعتمادها على السياحة، بما في ذلك الدول الجزرية في المحيط الهادئ والمحيط الهندي والمحيط الأطلسي (Pacific Community, 2020؛ و UNCCSA, 2020).

7-2 - حجم النشاط السياحي وتوزيعه

إن النشاط السياحي الذي يؤثر في المحيطات، عدا أنشطة الملاحة السياحية، يوجد معظمه في المنطقة الساحلية. ولا توجد إحصاءات على الصعيد العالمي تبين حجم النشاط السياحي في المنطقة الساحلية. وبعض البلدان التي توجد بها صناعات سياحية كبرى بحكم خصائصها الجغرافية، مثل اليونان، لديها حتما نسبة كبيرة جدا من تلك الصناعة في المناطق الساحلية. وفي أماكن أخرى، لا تزال الأدلة المستقاة من مختلف مناطق العالم تظهر أن السياحة الساحلية تظل عنصرا رئيسيا في السياحة عموما. فعلى سبيل المثال، وبالإضافة إلى الأدلة المذكورة في التقييم العالمي الأول:

(أ) في بلدان الاتحاد الأوروبي، من بين المناطق الخمس التي حققت أعلى مستويات من النشاط السياحي في عام 2016، كانت أربع مناطق (جزر الكناري، وكاتالونيا، وكرواتيا المطلة على

البحر الأدرياتي، وجزر البليار) مناطق ساحلية (والمنطقة الأخرى هي إيل دو فرانس، حول باريس) (European Commission, 2018)؛

(ب) زادت نسبة السياح في جمهورية كوريا الذين زاروا المنطقة الساحلية من 49,5 في المائة في عام 2000 إلى 69,1 في المائة في عام 2010، وبلغ مجموع من زاروا الشواطئ في عام 2014 ما عدده 69 مليون سائح (Chang and Yoon, 2017)؛

(ج) شكلت الوجهات السياحية في المقاطعات الساحلية الأربع في جنوب أفريقيا، وهي كيب الشمالية وكيب الغربية وكيب الشرقية وكوازولو ناتال، 28 في المائة من مجموع الرحلات السياحية و 40 في المائة من إجمالي الإنفاق السياحي في عام 2015. وعموما، هيمن السياح المحليون على الوجهات الساحلية إلى حد كبير: 9,8 ملايين رحلة سياحية داخلية مقابل 1,6 مليون رحلة سياحية دولية؛ ويتمركز النشاط السياحي بشكل خاص حول كيب تاون وفي منطقة إيثكويني الحضرية الكبرى (التي تشمل ديربان)، حيث استحوذت الاثنتان في عام 2015 على 75 في المائة من إجمالي الإنفاق السياحي في المناطق الساحلية في جنوب أفريقيا (Rogerson and Rogerson, 2018, 2019).

الجدول 3

السياحة الدولية الواردة حسب مناطق العالم

المنطقة	السياح الدوليون الوافدون (بالملايين)		متوسط الزيادة السنوية، 2011–2017 (بالنسبة المئوية)	إنفاق السياح الدوليين الوافدين (ببلايين دولارات الولايات المتحدة)		متوسط الزيادة السنوية، 2011–2017 (بالنسبة المئوية)	المتوسط الإقليمي لإنفاق السياح الدوليين الوافدين (النسبة المئوية من مجموع الصادرات)	
	2011	2017		2011	2017		2011	2017
العالم	997,7	341,51	5,7	231,01	525,71	4,0	5,5	6,7
شرق آسيا والمحيط الهادئ	206,8	300,6	7,6	291,2	373,0	4,7	4,5	5,2
أوروبا ووسط آسيا	512,8	669,5	5,1	534,6	594,5	1,9	5,7	6,3
أمريكا اللاتينية والكاريبي	75,9	112,4	8,0	70,9	101,8	7,3	5,1	7,8
منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	75,2	89,2	3,1	74,0	112,5	8,7	5,5	10,8
أمريكا الشمالية	79,1	98,0	4,0	208,1	272,3	5,1	7,8	9,5
جنوب آسيا	10,4	22,8	119,2	23,0	37,9	10,8	4,4	6,5
أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى	33,1	42,4	4,7	29,0	34,4	3,1	5,8	9,2

المصدر: بيانات مستقاة من World Bank, 2019.

ويؤدي السفر الدولي وما يرتبط به من نشاط سياحي دوراً رئيسياً في أجزاء كثيرة من العالم، ولا سيما في سياحة "الشمس والبحر والرمال". واستمر ما لوحظ في التقييم العالمي الأول من نمو بمعدل سريع نسبياً في السفر الدولي طيلة العقد الثاني من القرن 21 (الجدول 3) وبين عامي 2011 و 2017. ففي جميع أنحاء العالم، استمر معدل النمو في أعداد السياح الدوليين بين عامي 2011 و 2017 بمعدل أعلى من معدل الأمد البعيد، حيث بلغ في المتوسط 5,7 في المائة سنويا، وهو معدل أعلى بقليل مما ورد في التقييم العالمي الأول. واستمر نمو الإيرادات المقدرة المتأتية من السياحة الدولية على الصعيد العالمي بمعدل سنوي متوسطه 4,0 في المائة، ولكن لم يكن ذلك بالنمو الذي يساير نمو عدد السياح. ومفاد ذلك أن السياح صاروا ينفقون أقل، في المتوسط. ومع ذلك، فإن النمو العالمي في أعداد السياح يكفي لتعويض الانخفاض وأكثر، كما أن حصة السياحة في العائدات من الصادرات على الصعيد العالمي ظلت في حالة تزايد (World Bank, 2019).

وثمة تباين واسع بين مناطق العالم من حيث أعداد السياح ومستوى إنفاقهم (الجدول 4). كما أن الحجم المطلق للنشاط السياحي يختلف كثيرا من منطقة لأخرى. فبعض البلدان في جنوب آسيا وجنوب شرق آسيا (باكستان وبنغلاديش وملديف وميانمار والهند) حققت مجتمعة زيادة بنسبة 119 في المائة في أعداد السياح الدوليين الوافدين بين عامي 2011 و 2017 (وإن كانوا يفدون من وجهات محدودة نسبياً)، متجاوزة المناطق الأخرى بكثير. وشهدت مناطق أخرى، بوجه عام، معدلات نمو تقل عن 10 في المائة (الجدول 4). ومع ذلك، حققت دول منطقة البحر الكاريبي، مثل الجمهورية الدومينيكية وجامايكا، معدلات نمو تبلغ حوالي 25 في المائة، وهي نسبة أعلى بكثير من المتوسط الإقليمي (World Bank, 2019). وشهدت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا نمواً منخفضاً نسبياً في أعداد السياح، ولكن نمواً كبيراً في إيرادات السياحة، وهو ما يعني أن الصناعة السياحية هناك تقدم منتوجا أرقى (World Bank, 2019).

الجدول 4

الحصة من عدد السياح الدوليين الوافدين حسب مناطق العالم

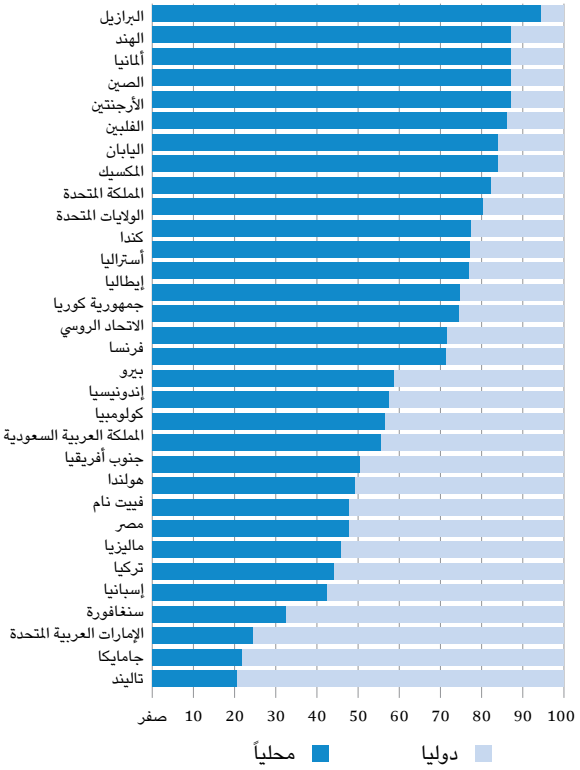
الإقليم	عدد السياح الدوليين الوافدين في عام 2017 (بالنسبة المئوية)
العالم	100
شرق آسيا والمحيط الهادئ	22,5
أوروبا ووسط آسيا	49,9
أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي	8,4
منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	6,7
أمريكا الشمالية	7,4
جنوب آسيا	1,3
أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى	3,3

المصدر: بيانات مستقاة من World Bank, 2019.

تهيمن السياحة الداخلية على سوق السياحة في معظم الاقتصادات الرئيسية (الشكل الخامس)، حيث نسبة 73 في المائة من الإنفاق في السياحة والأسفار مستمدة من مصادر محلية على الصعيد العالمي (World Tourism and Travel Council (WTTC), 2018). والسياحة الساحلية وإن كانت تشمل الكثير من الأنشطة السياحية والأسفار التي لا تأثير لها في البيئة البحرية، فهي كما ذُكر أعلاه من المكونات الرئيسية للنشاط السياحي ككل. وقد شهدت السياحة المحلية بوجه عام نموا يساير نمو السياحة في مجملها، وتقدر معدلات النمو بأكثر من 10 في المائة سنويا في كثير من بلدان آسيا والمحيط الهادئ، مثل الصين والفلبين وماليزيا، على مدى فترة 2011-2017 (WTTC, 2018).

الشكل الخامس

الأهمية النسبية للإنفاق على السياحة والأسفار على الصعيدين المحلي والدولي في 31 بلدا (النسبة المئوية من الإنفاق على الأسفار والسياحة)



المصدر: WTTC, 2018.

7-3 - الآثار التي تمس بالبيئة البحرية

7-3-1 - نظرة عامة

في جميع المناطق السياحية، يكون الأثر الرئيسي الذي تتعرض له البيئة البحرية ناجما عن التنمية الساحلية، بما في ذلك نسبة الأراضي التي تغطيها المنشآت، مثل الفنادق والمطاعم ومحلات البيع بالتجزئة، وعن البنية التحتية للنقل، بما في ذلك الموانئ والمطارات ومحطات القطارات، وعن الحاجة إلى الدفاعات الساحلية المشيدة وإنارة الشوارع وقنوات الصرف الصحي (انظر أيضا الفصل 14). وعندما لا تكون هذه التنمية خاضعة لعملية تخطيط وإدارة فعالة، يمكن أن تكون الآثار كارثية على النباتات والحيوانات البحرية. ففي خليج فلورا بألبانيا، على سبيل المثال، أدت أعمال التنمية من غير تخطيط على مدى 15 عاما إلى اختفاء 50 في المائة من مروج الأعشاب البحرية وإلى انخفاض حاد في الطحالب الكبيرة (Fraschetti and others, 2011).

ويمكن أن تحقيق عائدات اقتصادية ذات شأن من تغذية الشواطئ في المناطق السياحية، أي بتعويض رمال الشواطئ التي زالت رمالها بسبب التيارات الساحلية أو الظواهر الجوية القصوى (Klein and Osleeb, 2010). ففي جمهورية كوريا، على سبيل المثال، أُجري تقييم للعائد الاقتصادي الذي تحقق من إصلاح شاطئ سونغدو في بوسان بعد الأضرار التي لحقت به في عام 2003 بسبب إعصار مداري، فحُدد ذلك العائد بنحو 230 مليون دولار (Chang and Yoon, 2017).

وإدارة الشواطئ عنصر مهم في إدارة آثار السياحة الساحلية على البيئة البحرية. فأعمال تنظيف الشواطئ وبناء الجدران البحرية تُنجز بوجه عام لإعطاء سياح "الشمس والبحر والرمال" بيئة محيطة بهم أكثر جاذبية، مع أن لها آثارا كبيرة على النباتات والحيوانات المحلية، كما هو مسجل في التقييم العالمي الأول. ولا تزال الدراسات تشير إلى أن الشواطئ التي تُستخدم بكثافة في النشاط السياحي توجد بها نظم إيكولوجية أقل ثراء من نظيراتها في الشواطئ المماثلة المجاورة التي توجد في مناطق محمية، مثلما هو عليه الحال، على سبيل المثال، على طول ساحل نيو جيرسي في الولايات المتحدة، (Kelly, 2014) وبالقرب من قادس بإسبانيا (Reyes-Martínez and others, 2015)، وأن الجدران البحرية يقل فيها التنوع البيولوجي بنسبة 23 في المائة وتقل فيها الكائنات العضوية بنسبة 45 في المائة مقارنة بالشواطئ الطبيعية (Gittman and others, 2016).

ومن الأعمال الأخرى الرامية إلى جذب السياح إلى الشواطئ إنشاء شعاب اصطناعية لركوب الأمواج. وقد أتى التقرير العالمي الأول على ذكر محدودية نجاح هذه الهياكل، ولكن يوجد الآن تقرير يتحدث عن مشروع

جديد لإقامة شِعب قابل للنفخ من الشعاب الاصطناعية في بونبوري بأستراليا (West Australian, 2019). وربما كان مهما أيضا سن تشريعات وطنية للرفع من فرص وصول الجمهور إلى السواحل والشواطئ.

7-4 - التمتع بالحياة البرية البحرية

7-4-1 - الغوص

لا يزال الغطس والغوص من الأنشطة المهمة في السياحة البحرية، حيث يركز هذا النوع من الأنشطة على تمكين السياح من الاستمتاع بالحياة البرية تحت الماء. وقد تباطأ النمو الكبير (حوالي 25 في المائة) الذي سُجل في الفترة من عام 2000 إلى عام 2013 وأُبلغ عنه في التقييم العالمي الأول، ولكنه لا يزال مستمراً. واستناداً إلى إحصاءات الجمعية المهنية لمدربي الغوص، تحقق بين عامي 2013 و 2019 نمو بنسبة 6 في المائة في عدد المؤسسات التي تقدم التدريب على الغوص (حوالي 600 6 في عام 2019)، ونمو بحوالي 1 في المائة في عدد الأفراد المدرِّبين (حوالي 000 137 في عام 2019)، وزيادة بحوالي 11 في المائة في عدد الأشخاص الذين يتلقون التدريب سنويًا (حوالي مليون شخص في عام 2019) (Professional Association of Diving Instructors (PADI), 2019).

ويتوجه الاهتمام أساسا إلى الغوص في المناطق التي توجد بها شعاب مرجانية - فالشعاب المرجانية وغيرها من الأحياء المرجانية خلابة وتجذب أعدادا كبيرة من السياح الذين يرغبون في رؤيتها. وتشير الدراسات، كما ورد في التقييم العالمي الأول، إلى أنه يمكن في بعض المناطق إدارة النشاط السياحي المرتبط بالشعاب المرجانية بما ينسجم والحفاظ على حالة الشعاب المرجانية وصحتها (على سبيل المثال، عن طريق الحد من عدد الغواصين في منطقة ما، وتحديد سلوك الغواصين، وزيادة وعي الغواصين بالمشاكل عموما). غير أن الدراسات لا تزال تشير إلى أن تفاعل الغواصين مع المرجان في مناطق أخرى يضر بالشعاب البحرية. فقد أظهرت دراسة حديثة للشعاب المرجانية حول جزيرة بونير في الجزء الكاريبي من هولندا أن الغوص وصل هناك إلى مستويات ربما تكون ضعف المستويات التي تعتبر هي الحد الأعلى الذي يُرجح أن يحدث معه ضرر إذا ما تم تجاوزه (انظر Hawkins and Roberts, 1997)، وأن ما يحدث هناك من ضرر، وإن كان غير مقصود في معظم الأحيان، يمكن التحكم فيه بتحسين تدابير الإدارة (Jadot and others, 2016).

وفي إطار وقف تشغيل المنشآت المقامة على المياه الساحلية، تستخدم أعداد كبيرة من المنشآت المهجورة لإنشاء شعاب اصطناعية. ففي خليج المكسيك وحده، اتُّخذ من 532 منشأة شعابٌ اصطناعية بحلول عام 2018 (Bureau of Safety and Environmental Enforcement of the United States (BSEE), 2020). وأشارت التقديرات في عام 2016 إلى أن نحو 600 منشأة من المنشآت المقامة على المياه الساحلية ستتوقف عن العمل بين عامي 2017 و 2021. ولم يكن القصد تحويلها جميعا إلى أماكن يستكشفها الغواصون، ولكن نسبة كبيرة منها تُستخدم لهذا الغرض بالفعل (Van Elden and others, 2019).

وقد أخذ يبرز نشاط جديد يجذب هواة الغوص هو الغوص فوق الركائز الموحلة، المعروف باسم "غوص الأوحال"، ويركز على البحث عن أنواع نادرة وغامضة، قليلا ما تشاهَد على الشعاب المرجانية. وبحثت دراسة حديثة في قيمة "غوص الأوحال"، وفي الخصائص الديمغرافية لمزاوليه والعاملين فيه، والتهديدات المحتمل أن تنجم عن القطاع. وتشير النتائج إلى أن سياحة "غوص الأوحال" تفوق قيمتها 150 مليون دولار سنويا في إندونيسيا والفلبين مجتمعتين. ويعمل في القطاع أكثر من 200 2 شخص، ويجذب أكثر من 000 100 غواص سنويًا (De Brauwer and others, 2017).

7-4-2 - مشاهدة الأحياء البرية

لا تزال مشاهدة الطيور ("سياحة مشاهدة الطيور") عنصراً هاماً في السياحة الساحلية، غير أنه لا يكاد يوجد ما يميز نشاط مشاهدة الطيور على الساحل عن غيره من أنشطة مشاهدتها. وتُبذل جهود متزايدة للترويج لمشاهدة الطيور بصفة عامة باعتباره نشاطا من الأنشطة

التي تقوم عليها السياحة. وقد اعتبر المركز الهولندي لتشجيع الاستيراد من البلدان النامية (تُعد السياحة الدولية، بطبيعة الحال، من ضمن صادرات البلد الذي تُمارَس فيه السياحة) كلا من جمهورية تنزانيا المتحدة وكينيا وناميبيا والهند وجهات هامة لسياحة مشاهدة الطيور، كما اعتبر بلدان إكوادور والبرازيل وجنوب أفريقيا وسري لانكا وكوستاريكا والمغرب وجهات صاعدة (Netherlands Enterprise Agency (NEA), 2019). والأدلة الإحصائية قليلة في هذا الباب؛ ومع ذلك يبدو أن السوق في بعض المناطق ربما وصلت إلى حالة الإشباع: ففي الولايات المتحدة، أفاد المسح الوطني للاستجمام والبيئة أن عدد الأشخاص الذين يقومون برحلات سياحية لمشاهدة الطيور، بما في ذلك إلى أماكن داخل البلد، وصل إلى 19,9 مليون شخص في عام 2012، ولكن العدد انخفض في عام 2016 إلى 17,6 مليون شخص (United States National Survey of Fishing, Hunting and Wildlife-Associated Recreation (USNSFHWAR), 2016).

ومشاهدة الحيتان التي أوردها التقييم العالمي الأول باعتبارها نشاطا يبلغ حجم التداول فيه على صعيد العالم حوالي 2,1 بليون دولار لا تزال نشاطًا سياحيًا ذا بال: فالتقديرات تقول إن 13 مليون شخص مارسوا مشاهدة الحيتان في على صعيد العالم في عام 2017؛ وفي أيسلندا، أفادت التقارير أن هذا النشاط نما بنسبة 20 في المائة سنويا منذ عام 2015 (Hoyt, 2009, 2017)، وفي بيرو، نما القطاع من صفر إلى 3 ملايين دولار بين عامي 2008 و 2018 (Guidino, 2020). وربما كان نشاط مشاهدة الحيتان مفيدا في الحفاظ على البيئة لما ينتج عنه من تغيير في المواقف تجاه الحيوانات البرية والموائل الطبيعية (Guidino, 2020)، خاصة إذا قام منظمو الرحلات التجارية بتثقيف السياح وتعريفهم بما يتحقق من منافع مستدامة بعيدة الأمد (Wearing and others, 2014). والأنواع التي تعيش في البيئات الساحلية تُستخدم أكثر من غيرها لاجتذاب السياح بسبب سهولة الوصول إليها. ونشاط مشاهدة الحيتان إذا مورس بالشكل الصحيح كان خاليا من الضرر إلى حد ما (Argüelles and others, 2016). غير أن مشاهدة الحيتان دون ضابط يمكن أن يزعج الحيتان، فيؤدي إلى حدوث تغيرات في سلوكها الطبيعي، ومن ثم تغيير نمط توزيعها وتكاثرها وقدرتها على البقاء (Williams and others, 2006؛ و Lusseau and others, 2006). وقد حاولت اللجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان والحكوماتُ والمنظماتُ غير الحكومية الحد من تأثير هذا النشاط على نطاق العالم بوضع مبادئ توجيهية ومدونات لقواعد السلوك يُقصد منها الحد من الآثار السلبية لمزاولة هذا النشاط وإتاحة فرصة يتعلم منها السياح الزائرون (Garrod and Fennel, 2004؛ و Cole, 2007؛ و Argüelles and others, 2016؛ و International Whaling Commission (IWC), 2019).

وورد في التقييم العالمي الأول أن الإيرادات السنوية في العالم من مشاهدة أسماك القرش تُقدر بنحو 300 مليون دولار. وتؤيد دراسة استقصائية لنشاط مشاهدة أسماك القرش في أستراليا تقديرات بهذا المستوى، حيث تقدر الدراسة الإنفاق السنوي على مشاهدة أسماك القرش في أستراليا وحدها بمبلغ 28,5 مليون دولار سنويا (Huveneers and others, 2017).

7-4-3 - الزوارق الترفيهية

أشار الفصل 27 من التقييم الأول (United Nations, 2017) إلى نمو مطرد في نشاط ركوب الزوارق الترفيهية في البلدان التي لها إحصاءات عن السنوات الخمسين السابقة، ولكن لوحظ أن الولايات المتحدة شهدت انخفاضا طفيفا بين عام 2012 وعام 2013، آخر عام توجد عنه معلومات. وقد توقف النمو في الولايات المتحدة إلى حد ما: ففي عام 2018، ظل عدد الزوارق الترفيهية المسجلة، وبعضها يوجد في المياه الداخلية، دون 12 مليون قارب بقليل، كما كان في عام 2013 (National Marine Manufacturers Association (NMMA), 2018). وبالمثل، ظل عدد الزوارق الترفيهية في الاتحاد الأوروبي ثابتا تقريبا عند حوالي 6 ملايين زورق، في حين زاد كثيرا سن من يزاولون ركوب الزوارق، وهو ما ينم على أن جيل الشباب لا يقبل على هذا النشاط. ومن ناحية أخرى، يبدو أن هناك سوقاً نشطة للزوارق الجديدة خارج تلك المناطق (Ecorys, 2015).

8 - الموارد الجينية البحرية

لا يزال معظم النشاط التجاري المتعلق بالموارد الجينية البحرية متمركزا في عدد صغير نسبيا من البلدان. ويمكن أخذ فكرة عن حجم النشاط في هذا القطاع من كون 28 مادة مرشحة توجد حاليا في مرحلة التجارب السريرية، وأن 10 عقاقير أخرى مشتقة من المنتجات الطبيعية البحرية حصلت بالفعل على موافقة الأجهزة التنظيمية، وأن 76 من مكونات مواد التجميل الصيدلية المستمدة من المنتجات الطبيعية البحرية مطروحة في السوق للعموم. وبحوث الموارد الجينية البحرية ليست قطاعا منفصلا عن البحوث الصيدلانية والصناعية عموما، والجوانب الاقتصادية والاجتماعية للعنصر البحري محدودة النطاق ولا يمكن تناولها منفصلة بعد. ويرد مزيد من التفاصيل في الفصل 23 المتعلق بالموارد الجينية البحرية.

9 - الطاقة البحرية المتجددة

لقد باتت اليوم الطاقة المستمدة من الرياح البحرية والأمواج وحركة المد والجزر، أي الطاقة البحرية المتجددة، تغذي بشكل متزايد شبكات التوزيع الوطنية في عدد من البلدان، على أن هذا لا يحصل في أفريقيا، ولا يحصل في الأمريكتين بالقدر الكبير. وتكنولوجيا الرياح البحرية هي الأكثر نضجاً وتقدماً من الناحية التقنية من بين مصادر الطاقة المذكورة، حيث توفر قدرة تبلغ حوالي 28,3 ميغاواط في 18 بلداً (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020c). وللاطلاع على المزيد من المعلومات، يُراجع الفصل 21 المتعلق بمصادر الطاقة المتجددة.

وأتاح قطاع طاقة الرياح البرية والبحرية في الإجمال حوالي 1,2 مليون وظيفة في عام 2018، ربما كانت نسبة 20 في المائة منها (240 000) مرتبطة بالأنشطة البحرية. وتمثل النساء حوالي 21 في المائة من الأشخاص العاملين في قطاع طاقة الرياح ككل (IRENA, 2020a, 2020b).

10 - تحلية المياه

10-1 - الحالة كما وردت في التقييم العالمي الأول للمحيطات

في الفصل 28 من التقييم العالمي الأول، ورد أن الطاقة الإنتاجية العالمية الجاهزة في مجال تحلية مياه البحر لإنتاج المياه العذبة قد زادت من كميات لا تكاد تُذكر في عام 1965 إلى حوالي 86,5 مليون متر مكعب يوميا في عام 2015 (United Nations, 2017e). ومن بين الطريقتين الأكثر استخداما في تحلية المياه، اعتُمد في 71 في المائة من الإنتاج على تقنية الأغشية، فيما اعتُمد في 29 في المائة المتبقية على العمليات الحرارية. ويوجد نحو 27 في المائة من إجمالي الطاقة الإنتاجية العالمية في دول منطقة الخليج الفارسي، حيث تتمركز الأغلبية الساحقة من ذلك (96 في المائة من إجمالي الطاقة الإنتاجية على صعيد المنطقة) في الدول الست الأعضاء في مجلس التعاون لدول الخليج العربية (الإمارات العربية المتحدة والبحرين وعمان وقطر والكويت والمملكة العربية السعودية). وتوجد أيضا قدرات كبيرة مرتبطة بالبحر في إسبانيا وأستراليا وإسرائيل والجزائر والصين والولايات المتحدة الأمريكية واليابان، وفي جزر مثل مالطة وسنغافورة، فضلا عن العديد من جزر البحر الكاريبي.

ومن بين الآثار البيئية التي ذُكر في التقييم العالمي الأول أنها نتجت عن محطات تحلية المياه انبعاث غازات

الدفيئة ومياه التغذية وتصريف المياه الملحة. وبالتصميم السليم يمكن التقليل من تأثير المواد التي تمتصها الأحياء البحرية فوق المجهرية، ومن آثار ما يُصرف في البحر من مخلفات (حيث يمكن أن تحتوي على كميات مرتفعة من الكلور والنحاس والمواد المانعة لتشكل القشور).

ولوحظ أيضاً في التقييم الأول أنه في ضوء نمو سكان الدول التي تعاني من نقص في المياه العذبة والآثار الناجمة عن تغير المناخ، من شبه المؤكد أن تحلية المياه ستُعتبر أكثر فأكثر من تدابير التكيف بالنسبة للمجتمعات التي تعاني من الإجهاد المائي وما يتصل به مشاكل.

10-2 - واقع العمليات والطاقة الإنتاجية في مجال تحلية المياه

لقد ظلت تنمو الطاقة الإنتاجية العالمية في مجال تحلية المياه. فبعد أن كانت الطاقة الإنتاجية الجاهزة لا تتعدى 86,5 مليون متر مكعب في اليوم عام 2015، وصلت إلى 97,4 مليون متر مكعب في اليوم عام 2018، مع تمركز 48 في المائة من الطاقة الإنتاجية في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (International Desalinization Association (IDA), 2019؛ و Jones and others, 2019).

ولا تزال العمليات التي تُستعمل فيها تقنية الأغشية سائدة في مجال تحلية المياه (أكثر من 65 في المائة من الإنتاج)، رغم أن تقنية التقطير المتعدد المراحل لا تزال تحتل مكانة مهمة في الدول الأعضاء في مجلس التعاون لدول الخليج العربية، حيث ترتبط هذه التقنية بتوليد الطاقة من النفط أو الغاز وتتيح حوالي 60 في المائة من الطاقة الإنتاجية (IDA, 2019؛ و Mogielnicki, 2020).

ويبدو أن صناعة التعدين ستكون مصدرا جديدا للطلب على مياه البحر المحلاة. ففي شيلي مثلا، يُقترح قطع شوط جديد في الرفع من إنتاج قطاع تحلية المياه لتزويد مناجم النحاس، حيث يُتوقع أن تصل الحاجة إلى مياه البحر المحلاة في قطاع تعدين النحاس إلى حوالي مليون متر مكعب يومياً بحلول عام 2027، أي بزيادة قدرها 200 في المائة تقريباً عن مستويات عام 2016 (Comisión Chilena del Cobre (CCC), 2016).

وليس بين أيدينا إحصاءات عالمية عن العمالة في قطاع تحلية المياه. غير أن التقديرات تشير إلى أنه في الفترة بين عامي 2010 و 2030، ستكون هناك حاجة إلى عدد إضافي من الفنيين يصل إلى 50 000 فني من مختلف المستويات المهارية للعمل في قطاع تحلية مياه البحر في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وإذا كانت العلاقة بين الزيادة المتوقعة في الإنتاج على صعيد تلك المنطقة والاحتياجات من العمالة هي نفسها على مستوى العالم ككل، فإن ذلك يعني أن القوة العاملة حاليا في قطاع تحلية مياه البحر على صعيد العالم تبلغ حوالي 400 000 شخص (Ghaffour, 2009).

10-3 - الضغوط المحتملة على المحيطات

كما ذُكر أعلاه، تذهب وجهة النظر السائدة بخصوص تصريف النفايات من محطات تحلية المياه إلى أن التصميم السليم يمكن أن يقلل إلى أدنى حد من الآثار الضارة بالمحيطات. غير أن دراسة حديثة لآثار تحلية المياه على المحيطات ترى أن المياه الملحة التي يتم تصريفها في المحيط من محطات تحلية المياه يُساء تقديرها من حيث كميتها، وكذلك من حيث ما يمكن أن يكون لها من تأثير على البيئة البحرية (Jones and others, 2019). وتقدر الدراسة أن كمية المياه الملحة التي يتم تصريفها يوميا تبلغ 142 مليون متر مكعب، 48 في المائة منها تُصرف في منطقة الخليج الفارسي. وتذهب أيضا إلى أن المياه العالية الملوحة يمكن أن يكون لها أثر ضار خطير على النباتات والحيوانات التي في قاع البحار. ومن ناحية أخرى، كان التضارب سمة التقارير الواردة من أستراليا، استنادا إلى سبع سنوات من مراقبة الموقع الذي تفرغ فيه المخلفات من مصنع كبير لتحلية المياه تُزود منه مدينة سيدني، حيث لوحظت آثار سلبية على بعض اللافقاريات البحرية على بعد 100 متر من موقع تصريف المخلفات، في حين زادت أعداد الإوز (Clark and others, 2018)، وفي الوقت نفسه، لوحظت زيادة في أعداد الأسماك في المنطقة بثلاثة أضعاف (Kelaher and others, 2020). وعلى مدى ست سنوات من رصد تصريف المياه الملحة من محطتين كبيرتين لتحلية المياه في إسرائيل لم يكد يُلاحظ أي تأثير على نوعية مياه البحر (Kress and others, 2020).

11 - إنتاج الملح

11-1 - الحالة كما وردت في التقييم العالمي الأول للمحيطات

لم يتناول التقييم العالمي الأول موضوع إنتاج الملح إلا بإيجاز، وكان ذلك من منظور أهمية الملح في الجوانب الثقافية للغذاء. ولوحظ أنه على الرغم من أن إنتاج الملح عن طريق تبخير مياه البحر لم يفقد من أهميته، فإن معظم الملح يتم إنتاجه من الملح الصخري ورواسب المياه المالحة في الأرض. ولوحظ أيضاً أن إنتاج ملح البحر لا يزال مهماً في بعض البلدان، مثل البرازيل والهند وإسبانيا (United Nations, 2017f).

11-2 - الحالة الراهنة

لا يزال إنتاج الملح من تبخير مياه البحر مصدراً هاماً من مصادر الملح في جميع أنحاء العالم. غير أنه ليس بين أيدينا بعد إحصاءات شاملة على الصعيد العالمي. وتتكلم الجمعية البريطانية للمسح الجيولوجي في استعراضها العام للإنتاج العالمي من المعادن عن إنتاج نحو 35 مليون طن من الملح من مياه البحر من أصل إنتاج عالمي إجمالي قدره 265 مليون طن (الجدول 5)، ولكنها لا تبين مصدر الملح بالنسبة للعديد من البلدان، وتشير إلى أن الملح يتم إنتاجه أيضا في عدد من البلدان التي لا توجد عنها بيانات (Brown and others, 2019). وفي معظم المناطق التي توجد عنها معلومات، ظل إنتاج الملح من مياه البحر مستقرا نسبيا، مع استثناء جدير بالملاحظة هو زيادة بنسبة 34 في المائة في الهند (الجدول 5). ولا يُعرف حجم القوى العاملة في إنتاج الملح من مياه البحر.

الجدول 5

إنتاج الملح من مياه البحر (بآلاف الأطنان)

البلد أو الإقليم	إنتاج ملح البحر، 2013	إنتاج ملح البحر، 2017
ألبانيا	49[أ]	47[أ]
الجبل الأسود	10[أ]	10[أ]
البرتغال	91	115
إسبانيا	1 221	1 111
الجزائر	172	160[أ]
البرازيل	5 926	6 000[أ]
كولومبيا	113	165
بنغلاديش	1 439	1 496
الهند	17 517	23 500[أ]
باكستان	297	209
موريشيوس	4	1
موزامبيق	150	140[أ]
بونير (هولندا)	400[أ]	400[أ]
السلفادور	100[أ]	100[أ]
غواتيمالا	60[أ]	60[أ]
نيكاراغوا	30[أ]	30[أ]
الفلبين	992	993[أ]
المجموع	28 571[أ]	34 537[a]

المصدر: مقتبس من Brown and others, 2019.

أ كمية تقديرية.

12 - الثغرات الرئيسية في المعارف وفي مجال بناء القدرات

عند النظر إلى المجتمعات الساحلية يتبين أن ثمة حاجة إلى معلومات أفضل عن الظروف التي تعيشها والأخطار التي تواجهها، وعن وضعها الاقتصادي والاجتماعي، لا سيما لما يتعلق الأمر بمجتمعات الشعوب الأصلية، لما تقوم به من أدوار حاسمة في الصناعات البحرية، وفي الجوانب الاجتماعية والثقافية، وفي حفظ المحيطات.

وأما فيما يتعلق بالصناعات البحرية، فإن الثغرات القائمة في المعارف وفي مجال بناء القدرات يرد بيانها في الفصول التالية: جني الأغذية من البحر (الفصول 15 و 16 و 17)؛ والتعدين في قاع البحار (الفصل 18)؛ والهيدروكربونات البحرية (الفصل 19)؛ والطاقة المتجددة البحرية (الفصل 21)؛ والموارد الجينية البحرية (الفصل 23).

وبالنسبة للنقل البحري، تتعلق الثغرات المعرفية الرئيسية بالجوانب الاجتماعية. فعلى سبيل المثال، هناك حاجة إلى معلومات أفضل عن معدلات الإصابات والوفيات في صفوف البحارة، وغير ذلك من المعلومات المتعلقة بظروف حياتهم. وتوجد ثغرات في مجال بناء القدرات في بعض المناطق من حيث تدريب البحارة وتطوير مهاراتهم: فأفريقيا وأمريكا الجنوبية يأتي منهما بحارة بأعداد أقل مما يتناسب وحصتهما من سكان العالم. ونظراً للنقص المتوقع في الأعداد المتاحة من ضباط السفن، من الواضح أن هناك مجالاً لتوسيع نطاق التدريب في هذه المجالات.

وفيما يتعلق بالسياحة، هناك معلومات محدودة عن حجم السياحة الساحلية والبحرية وعن معدلات نموها، مقارنة بالسياحة عموما. وبالمثل، هناك نقص في المعلومات على صعيد العالم بخصوص الجوانب الاجتماعية والاقتصادية للسياحة الساحلية والبحرية. وهناك، على وجه الخصوص، نقص في المعارف المتعلقة بمدى استفادة البلدان المستقبلة من صناعاتها السياحية الساحلية والبحرية، وبحالة العمالة في تلك الصناعات.

وفيما يتعلق بتحلية مياه البحر، هناك مجال لتعميق البحث في العلاقة بين تصاميم تصريف المخلفات والآثار الماسة بالبيئة البحرية.

13 - آفاق المستقبل

تورد الفصول التي تعالج قطاعات محددة (الفصول 15 و 16 و 17 و 18 و 19 و 21 و 23) التوقعات المتعلقة بتلك القطاعات.

ويرتبط مستقبل النقل البحري ارتباطا وثيقا بمستوى النمو في الاقتصاد العالمي. وقد تغلب قطاع النقل البحري إلى حد بعيد على المشاكل التي أسفرت عنها الأزمة الاقتصادية التي طبعت الفترة من عام 2008 إلى عام 2011، غير أن التحديات التي تواجه جهود مكافحة تلوث الهواء لا تزال قائمة، كما أن النقل البحري يبدو مرشحا لمزيد من التركيز. ويرتبط مستقبل قطاع الرحلات البحرية السياحية أيضا ارتباطا وثيقا بمدى نمو الدخل المتاح في الاقتصادات الرئيسية.

ومستوى النشاط في القطاع السياحي، بما في ذلك السياحة الساحلية والبحرية، محكوم بمستويات فائض الدخل المتاح. ولذلك فإن التوقعات بالنسبة للسياحة الساحلية والبحرية تتوقف على الاحتفاظ بمستويات الإنفاق الحالية من السياح القادمين من المناطق والبلدان التي تُعد في الوقت الراهن مصادر رئيسية للسياح، وعلى زيادة الإقبال على السياحة الساحلية والبحرية من بلدان أخرى تشهد ارتفاعا في فائض الدخل المتاح.

المراجع

Amundsen, Helene (2015). Place attachment as a driver of adaptation in coastal communities in Northern Norway. *Local Environment*, vol. 20, No. 3, pp. 257–276.

Arctic Council (2011). *Agreement on Cooperation on Aeronautical and Maritime Search and Rescue in the Arctic*. https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/531.

Argüelles, María Belén, and others (2016). Impact of whale-watching on the short-term behavior of Southern right whales (*Eubalaena australis*) in Patagonia, Argentina. *Tourism Management Perspectives*, vol. 18, pp. 118–24. https://doi.org/10.1016/j.tmp.2016.02.002.

Armitage, Derek, and Chui-Ling Tam (2007). A political ecology of sustainable livelihoods in coastal Sulawesi, Indonesia. *Canadian Journal of Development Studies/Revue Canadienne d'études Du Développement*, vol. 28, No. 1, pp. 39–57.

Baltic and International Maritime Council and the International Chamber of Shipping (BIMCO/ICS) (2016). *Manpower Report: The Global Supply and Demand for Seafarers in 2015*. Bagsværd, Denmark: BIMCO.

Bender, Nicole A., and others (2016). Patterns of tourism in the Antarctic Peninsula region: a 20-year analysis. *Antarctic Science*, vol. 28, No. 3, pp. 194–203.

Bennett, Nathan James, and others (2016). Communities and change in the anthropocene: understanding social-ecological vulnerability and planning adaptations to multiple interacting exposures. *Regional Environmental Change*, vol. 16, No. 4, pp. 907–926.

Brown, T., and others (2019). *World Mineral Production 2013–2017*. Nottingham, United Kingdom: British Geological Survey.

Bureau of Safety and Environmental Enforcement of the United States (BSEE) (2020). *Rigs to Reefs*. www.bsee.gov/what-we-do/environmental-focuses/rigs-to-reefs.

Center for International Earth Science Information Network and Food and Agricultural Organization of the United Nations (2005). *Mapping Global Urban and Rural Population Distributions: Estimates of Future Global Population Distribution to 2015*, Environment and Natural Resources Series, No. 24. Rome: FAO, annex.

Chang, Jeong-In, and Sungsoon Yoon (2017). Assessing the Economic Value of Beach Restoration: Case of Song-do Beach, Korea. *Journal of Coastal Research*, vol. 79, No. sp1, pp. 6–10. https://doi.org/10.2112/SI79-002.1.

Charles, A. (2017). Chapter 21 – The big role of coastal communities and small-scale fishers in ocean conservation. In *Conservation for the Anthropocene Ocean*, Phillip S. Levin and Melissa R. Poe, eds., pp. 447–61. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805375-1.00021-0.

_____ (2020). *Looking to the Future in Nova Scotia's Coastal Communities*. Halifax, Canada: Saint Mary's University.

Charles, A., and others (2019). *Addressing the Climate Change and Poverty Nexus: A Coordinated Approach in the Context of the 2030 Agenda and the Paris Agreement. Rome; 2019*. Rome: FAO.

Charles, A., and others. (2020). *Looking to the Future in Nova Scotia's Coastal Communities*. Halifax, Canada: Saint Mary's University.

Clark, Graeme F., and others (2018). First large-scale ecological impact study of desalination outfall reveals trade-offs in effects of hypersalinity and hydrodynamics. *Water Research*, vol. 145, pp. 757–768.

Cole, Stroma (2007). Implementing and evaluating a code of conduct for visitors. *Tourism Management*, vol. 28, No. 2, pp. 443–51. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2006.03.010.

Comisión Chilena del Cobre (CCC) (2016). *Proyección de Consumo de Agua En La Minería Del Cobre 2016–2027*. Santiago, Chile.

Cruise Lines International Association (CLIA) (2018). *2018 Global Passenger Report*. https://cruising.org/-/media/research-updates/research/clia-global-passenger-report-2018.pdf.

De Brauwer, Maarten, and others (2017). The economic contribution of the muck dive industry to tourism in Southeast Asia. *Marine Policy*, vol. 83, pp. 92–99.

Ecorys (2015). *Study on the Competitiveness of the Recreational Boating Sector*. Rotterdam: European Consortium for Sustainable Industrial Policy.

Environment Agency of the United Kingdom (2015). *Cost Estimation for Coastal Protection – Summary of Evidence*. Bristol, United Kingdom: Environment Agency.

European Commission (2018). *Eurostat News, Coastal Regions: Popular Tourist Destinations*. https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/EDN-20180927-1.

European Maritime Safety Agency (EMSA) (2020). *COVID-19 Impact on Shipping*. www.emsa.europa.eu/newsroom/covid19-impact/item/4037-august-2020-covid-19-impact-on-shipping-report.html.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2019). *Fishery and Aquaculture Statistics 2017*. Rome. www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2017_USBcard/index.htm.

_____(2020). *Summary of the impacts of the COVID-19 pandemic on the fisheries and aquaculture sector: Addendum to the State of World Fisheries and Acquaculture*. Rome. https://doi.org/10.4060/ca9349en.

Fraschetti, Simonetta, and others (2011). Effects of Unplanned Development on Marine Biodiversity: A Lesson from Albania (Central Mediterranean Sea). *Journal of Coastal Research*, vol. 2011, No. 10058, pp. 106–115. https://doi.org/10.2112/SI_58_10.

Garrod, Brian, and David A. Fennell (2004). An analysis of whalewatching codes of conduct. *Annals of Tourism Research*, vol. 31, No. 2, pp. 334–52. https://doi.org/10.1016/j.annals.2003.12.003.

Ghaffour, Noreddine (2009). The challenge of capacity-building strategies and perspectives for desalination for sustainable water use in MENA. *Desalination and Water Treatment*, vol. 5, Nos. 1–3, pp. 48–53.

Gittman, Rachel K., and others (2016). Ecological consequences of shoreline hardening: a meta-analysis. *BioScience*, vol. 66, No. 9, pp. 763–73. https://doi.org/10.1093/biosci/biw091.

Graham, Sonia, and others (2018). Local values and fairness in climate change adaptation: insights from marginal rural Australian communities. *World Development*, vol. 108, No. C, pp. 332–43. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.12.008.

Guidino, Chiara, and others (2020). Whale-watching in Northern Peru: An economic boom?, *Tourism in Marine Environments,* January 2020. https://doi.org/10.3727/154427320X15819596320544.

Hawkins, Julie P., and C.M. Roberts (1997). Estimating the carrying capacity of coral reefs for scuba diving. In *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, 2: pp. 1923–1926. Smithsonian Tropical Research Institute Panama.

Hoyt, Erich (2009). Whale watching. In *Encyclopedia of Marine Mammals*, William F. Perrin, and others, eds., 2nd ed., pp. 1223–27. Academic Press.

_____(2017). *The Global Status and True Value of Whale Watching: A Presentation to the Conference Organised by the Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme on Whales in a Changing Ocean*. www.sprep.org/attachments/Publications/Presentation/whale-conference/global-status-and-true-value-of-whale-watching.pdf.

Huveneers, Charlie, and others (2017). The economic value of shark-diving tourism in Australia. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 27, No. 3, pp. 665–80. https://doi.org/10.1007/s11160-017-9486-x.

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

International Association of Antarctic Tour Operators (IAATO) (2018). *IAATO Overview of Antarctic Tourism: 2017–18 Season and Preliminary Estimates for 2018–19 Season*. Antarctic Treaty Consultative Meeting XLI, Information Paper 071. www.ats.aq/devAS/Meetings/DocDatabase?lang=e.

International Desalinization Association (IDA) (2019). *Dynamic Growth for Desalinization and Water Reuse in 2019*. https://idadesal.org/dynamic-growth-for-desalinization-and-water-reuse-in-2019.

International Energy Agency (IEA) (2018). *Offshore Energy Outlook. World Energy Outlook Series*. www.iea.org/reports/offshore-energy-outlook-2018.

International Maritime Bureau of the International Chamber of Commerce (2020). *Piracy and Armed Robbery against Ships: Report for the Period 1 January to 31 December 2019. ICC IMB*. London.

International Maritime Organization (IMO) (2015). *International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code)*. IMO Document MEPC 68/21/Add.1, annex 10.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2020a). *Renewable Capacity Statistics*. Abu Dhabi, IRENA.

_____ (2020b). *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2019*. Abu Dhabi, IRENA.

_____ (2020c). *Wind Energy: A Gender Perspective*. Abu Dhabi, IRENA.

International Shipping Economics and Logistics (ISL) (2017). *Shipping Statistics and Market Review 2017*. Bremen, Germany: ISL.

International Transport Workers Federation (ITF) (2019). *Women Seafarers*. www.itfseafarers.org/en/issues/women-seafarers.

_____ 2020. *Press release: 300,000 seafarers trapped at sea*. www.itfglobal.org/en/news/300000-seafarers-trapped-sea-mounting-crew-change-crisis-demands-faster-action-governments.

International Whaling Commission (IWC) (2019). *Whale Watching Handbook*. https://wwhandbook.iwc.int/en.

Jadot, Catherine, and others (2016). Intentional and Accidental Diver's Contact to Reefs at Popular Locations in the Dutch Caribbean. *Diving for Science 2016*, p. 74.

Jones, Edward, and others (2019). The state of desalination and brine production: a global outlook. *Science of the Total Environment*, vol. 657, pp. 1343–1356.

Kelaher, Brendan P., and others (2020). Effect of desalination discharge on the abundance and diversity of reef fishes. *Environmental Science & Technology*.

Kelly, Jay F. (2014). Effects of human activities (raking, scraping, off-road vehicles) and natural resource protections on the spatial distribution of beach vegetation and related shoreline features in New Jersey. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 18, No. 4, p. 383.

Klein, Yehuda L., and Jeffrey Osleeb (2010). Determinants of coastal tourism: a case study of Florida beach counties. *Journal of Coastal Research*, vol. 26, No. 6, pp. 1149–1156.

Kress, Nurit, and others (2020). Seawater quality at the brine discharge site from two mega size seawater reverse osmosis desalination plants in Israel (Eastern Mediterranean). *Water Research*, vol. 171, art. 115402.

Lusseau, David, and others (2006). An individual-based model to infer the impact of whalewatching on cetacean population dynamics.

May, Candace K. (2019a). Governing resilience through power: explaining community adaptations to extreme events in coastal Louisiana. *Rural Sociology*, vol. 84, No. 3, pp. 489–515.

_____ (2019b). Political ecology of culture clash: Amenity-led development, vulnerability, and risk in coastal North Carolina. *Journal of Rural and Community Development*, vol. 14, No. 3, pp. 24–48.

_____ (2019c). Resilience, vulnerability, & transformation: Exploring community adaptability in coastal North Carolina. *Ocean & Coastal Management*, vol. 169, pp. 86–95.

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.

Metcalf, Sarah J., and others (2015). Measuring the vulnerability of marine social-ecological systems: a prerequisite for the identification of climate change adaptations. *Ecology and Society*, vol. 20, No. 2. https://doi.org/10.5751/ES-07509-200235.

Mogielnicki, R. (2020). *Water Worries: The Future of Desalination in the UAE*. Washington, D.C.: Arab Gulf States Institute in Washington. https://agsiw.org/wp-content/uploads/2020/03/Mogielnicki_Desalination_ONLINE.pdf.

National Marine Manufacturers Association (NMMA) (2018). *Recreational Boating Statistical Abstract*. Chicago: NMMA.

Netherlands Enterprise Agency (NEA), Centre for Promoting Imports from Developing Countries (2019). *Bird-Watching Tourism from Europe*. www.cbi.eu/node/752/pdf.

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, e0118571.

Nicholls, R.J., and others (2007). Coastal systems and low-lying areas. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, M.L. Parry and others, eds., pp. 315–356. Cambridge: Cambridge University Press.

Nicholls, R.J., and R.J.T. Klein (2005). Climate change and coastal management on Europe's coast. In *Managing European Coasts: Past, Present and Future*, J.E. Vermaat and others, eds., pp. 199–226. Environmental Science Monograph Series. Heidelberg, Germany: Springer.

Oppenheimer, M., and others (2019). 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., in press.

Pacific Community (2020). The economic and social impact of the COVID-19 pandemic on the Pacific Island economies. https://sdd.spc.int/news/2020/04/29/economic-and-social-impact-covid-19-pandemic-pacific-island-economies.

Petursdottir, Gudrun, and others (2001). *Safety at Sea as an Integral Part of Fisheries Management*. Rome: FAO.

Professional Association of Diving Instructors (PADI) (2019). *Worldwide Corporate Statistics*. www.padi.com/sites/default/files/documents/2019-02/2019%20PADI%20Worldwide%20Statistics.pdf.

Reyes-Martínez, Ma. José, and others (2015). Human pressure on sandy beaches: implications for trophic functioning. *Estuaries and Coasts*, vol. 38, No. 5, pp. 1782–1796.

Rigaud, Kanta Kumari, and others (2018). *Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration*. World Bank.

Rogerson, Christian M., and Jayne M. Rogerson (2019). Emergent planning for South Africa's blue economy: evidence from coastal and marine tourism. *Urbani Izziv*, vol. 30, pp. 24–36.

_____ (2018). Africa's tourism economy: uneven progress and challenges. In *The Routledge Handbook of African Development*, T. Binns, and others, eds., pp. 545–560. Abingdon, United Kingdom: Routledge.

Runge, C.A., and others (2020). Quantifying tourism booms and the increasing footprint in the Arctic with social media data. *PLoS ONE* 15(1): https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227189.

Shi, Hua, and Ashbindu Singh (2003). Status and interconnections of selected environmental issues in the global coastal zones. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 32, No. 2, pp. 145–152.

Small, C., and Cohen, J.E. (2004). Continental physiography, climate, and the global distribution of human population. *Current Anthropology*, vol. 45, No. 2.

Small, C., and Nicholls, R.J. (2003). A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, vol. 19, No. 3, pp. 584–599.

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 18: Ports. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017c). Chapter 21: Offshore hydrocarbon industries. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017d). Chapter 27: Tourism and recreation. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____ (2017e). Chapter 28: Desalinization. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

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

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2019). *Review of Maritime Transport 2019*. New York: United Nations.

United Nations Coordinating Committee on Statistical Activities (UNCCSA) (2020). *How COVID-19 is changing the world: a statistical perspective*. https://unstats.un.org/unsd/ccsa/documents/covid19-report-ccsa.pdf.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (UNDESA) (2018). *The World's Cities in 2018—Data Booklet*. New York: United Nations.

United States National Survey of Fishing, Hunting and Wildlife-Associated Recreation (USNSFHWAR) (2016). Washington, D.C.: United States Department of the Interior, United States Department of Commerce, United States Census Bureau.

Van Elden, Sean, and others (2019). Offshore oil and gas platforms as novel ecosystems: a global perspective. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 548. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00548.

Wearing, Stephen Leslie, and others (2014). Whale watching as ecotourism: how sustainable is it? *Cosmopolitan Civil Societies: An Interdisciplinary Journal*, vol. 6, No. 1, pp. 38–55.

West Australian (2019). *Artificial Surfing Reef for Bunbury*. https://thewest.com.au/news/south-western-times/artificial-surfing-reef-for-bunbury-ng-b881227223z.

Wilkinson, Kenneth P. (1991). *The Community in Rural America*. Westport, Connecticut, United States of America: Greenwood Publishing Group.

Williams, Rob, and others (2006). Estimating relative energetic costs of human disturbance to killer whales (*Orcinus orca*). *Biological Conservation*, vol. 133, No. 3, pp. 301–11. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.06.010.

World Bank (2019). *World Bank World Development Indicators*. Table 6.14. http://wdi.worldbank.org/table/6.14.

World Bank, and others (2012). *Hidden Harvest: The Global Contribution of Capture Fisheries*. Worldbank; WorldFish.

World Tourism and Travel Council (WTTC) (2018). *Domestic Tourism Importance and Economic Impact*. London: World Tourism and Travel Council.

الفصل 8 باء

صحة الإنسان وتأثرها بالمحيطات

المساهمون: مايكل مور(منظم الاجتماعات)، ومارتن إدواردز، وبيلا س. غاليل، وآلان سيمكوك (عضو رئيسي عن الفصل)، وديك فيثاك.

النقاط الرئيسية

- ينطوي العيش بالقرب من البحر على فوائد صحية ومخاطر على حد سواء. ومن مزايا ذلك الاستفادة من نوعية هواء أفضل، وفرص ممارسة الرياضة، والمستحضرات الصيدلانية الجديدة المستمدة من البحر، وسهولة الوصول إلى الغذاء من البحر، وهو ما له في حد ذاته فوائد صحية (بوصفه مصدرا للبروتين والمغذيات الدقيقة الأساسية)، على الرغم من أن يجري الاتجار بالأغذية البحرية في الداخل أيضا؛ إلى جانب كون البحر من مصادر الطاقة المتجددة.
- وينطوي المحيط على مخاطر صحية من أمواج تسونامي والعواصف والأعاصير المدارية. علاوة على ذلك، فإن البشر معرضون لمخاطر متزايدة من الأغذية الملوثة من البحر وارتفاع مستوى سطح البحر والعواصف والأعاصير الناجمة عن تغير المناخ.
- وتشكل الملوثات الكيميائية (بما في ذلك الجسيمات الملوثة للهواء) وتكاثر الطحالب الضارة أو السامة والعواملُ المرضة مخاطرَ صحية، لا سيما في مصبات الأنهار والمياه الساحلية التي توجد بالقرب منها مناطق حضرية أو التي تستخدم لأغراض ترفيهية أو كلاهما.
- والملوثات الجديدة، مثل المضادات الحيوية والهرمونات والمواد النانوية (مثل الفوليرين، وأنابيب الكربون النانوية، والجسيمات الفلزية النانوية، والمواد البلاستيكية النانونية) والجزيئات البلاستيكية، من دواعي القلق. وقد ثبت أن الجسيمات النانوية الناجمة عن الاحتراق (على سبيل المثال، الجسيمات الدقيقة من الفئة 2,5) التي تعتبر عنصرا رئيسيا من عناصر تلوث الهواء، تساهم في الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية وسرطان الرئة.

1 - مقدمة

في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017)، لوحظت تأثيرات ضارة مختلفة على صحة الإنسان من مياه الصرف الصحي، وناقلات الأمراض المرتبطة بمياه البحر (وخاصة من مياه الصرف الصحي)، والمواد النانوية والجزيئات البلاستيكية، ولا سيما من النفايات البلاستيكية. وتشمل المواد النانوية كلا من المواد المصنعة قصدا، بغرض الاستخدام في مستحضرات التجميل، على سبيل المثال، والمواد الناتجة عن تفكك النفايات البلاستيكية. ولوحظت أيضا بعض الفوائد على صحة الإنسان، ولا سيما من الأسماك والأعشاب البحرية بوصفها عناصر غذائية، والمستحضرات الصيدلانية البحرية، والمستحضرات المغذية البحرية، علاوة على الآثار الترفيهية لقضاء الوقت على شاطئ البحر. ولم تُجر أي مناقشة شاملة بشأن العلاقة بين صحة الإنسان والمحيطات. ولذلك، يسعى هذا الفصل إلى تقديم لمحة عامة عن جميع جوانب العلاقة بين صحة الإنسان والمحيطات.

2 - الجوانب العامة للعلاقة بين صحة الإنسان والمحيطات

تجلب البيئة البحرية فوائد ومخاطر على صحة الإنسان على السواء، ولا سيما بالنسبة للأشخاص الذين يعيشون بالقرب منها (الشكل أدناه؛ Depledge and others, 2013؛ Moore and others, 2013, 2014). وقد عُرِّفت الصحة بأنها حالة من اكتمال السلامة بدنياً وعقلياً واجتماعياً، لا مجرد انعدام المرض أو العجز (World Health Organization–Regional Office for Europe (WHO–Europe), 1984). بيد أن

الناس يعيشون في ترابط مع العالم الحي كله. ومن ثم، الصحة البشرية لا يمكن فصلها عن صحة مجموع التنوع البيولوجي لكوكبنا، وقد أعيد تعريفها الآن على أنها قدرة الجسد على التكيف مع التهديدات والعاهات الجديدة (Lancet – Editorial, 2009). وكان ينظر إلى التفاعلات المعقدة بين البحار والمحيطات وصحة الإنسان ورفاهه، في المقام الأول، ضمن إطار للمخاطر، مثل الآثار السلبية للأحوال الجوية القصوى، والتلوث الكيميائي (من النفايات السائلة المنزلية والصناعية، وتربية الأحياء المائية، وصناعات عرض البحر، وملوثات الهواء، وانجراف غبار الطرق بالمياه، والكربون الأسود في منطقة القطب الشمالي)، وعلى نحو متزايد، تغير المناخ (Borja and others, 2020؛ Depledge and others, 2019؛ Fleming and others, 2017, 2019؛ Pleijel and others, 2013؛ Tornero and Hanke, 2016؛ Valotto and others, 2015؛ Walker and others, 2019؛ Winiger and others, 2019). ومع ذلك، فإن البحوث الجديدة توسع مفهومنا عن "صحة" "المحيطات العالمية"، مع اعتراف أوسع بإسهامها الأساسي والمفيد في صحة البشرية ورفاهها في الحاضر والمستقبل (Borja and others, 2020؛ Depledge and others, 2019؛ Ercolano and others, 2019؛ Lindequist, 2016؛ الجدول 1؛ انظر الجدول أدناه).

وتسهم البيئة البحرية إسهاما كبيرا في صحة الإنسان من خلال توفير الهواء الذي نتنفسه ومن خلال نوعيته، والغذاء الذي نأكله والمياه التي نشربها، والمستحضرات الصيدلانية المستمدة من البحار، علاوة على توفير فرص اقتصادية وترفيهية تساهم في تحسين الصحة (انظر الفصلين 5 و 8 ألف؛ Ercolano and others, 2019؛ Lindequist, 2016). ويمكن أن يكون للبيئة الساحلية أيضاً تأثير مهدئ (White and others, 2013) وأن توفر فوائد ثقافية هامة (انظر الفصل 28، الفرع 1-4). بيد أن البيئة البحرية تتعرض، في الوقت نفسه، للضغوط من جراء أنشطة بشرية من قبيل النقل والعمليات الصناعية وصيد الأسماك وممارسات إدارة الزراعة والنفايات، والآثار المتصلة بتغير المناخ المرتبطة بارتفاع مستويات سطح البحر والتحات الساحلي والغزو البيولوجي. ويلخص الشكل أدناه الصلات بين تدهور البيئة البحرية وصحة الإنسان.

وقد جرى تقييم وإدارة ما تخلفه الضغوط التي تتعرض لها النظم الإيكولوجية البحرية من آثار عليها وعلى الصحة البشرية، بشكل منفصل إلى حد كبير في ضوء تخصصات مختلفة، وهو ما تم، غالبا، بقليل من التفاعل التعاوني الواضح أو بدونه (Depledge and others, 2013؛ Moore and others, 2013, 2014). ونتيجة لذلك، فإن العديد من تصوراتنا فيما يخص التفاعلات بين البيئة البحرية والصحة البشرية محدودة وتبقى نسبيا دون اعتراض، وهو ما يتيح فرصة لمعالجة الثغرات المعرفية الهامة للاسترشاد بذلك على نحو أفضل في السياسات القائمة على العلم من أجل الاستخدام المستدام للموارد البحرية وحماية البيئة والصحة البشرية (الشكل أدناه؛ و Moore and others, 2014).

واستعرض الطبيعةَ المعقدة للتفاعلات بين البيئة البحرية والصحة البشرية كل من المجلس البحري الأوروبي (Moore and others, 2013, 2014) وغيره (Borja and others, 2020؛ Depledge and others, 2013, 2017, 2019؛ Fleming and others, 2014, 2019). وقد أكدت هذه الاستعراضات على الحاجة إلى اعتماد نهج متعدد التخصصات لمعالجة التنظيم على جميع المستويات، من الجينات إلى النظم الإيكولوجية.

وهناك خمسة تحديات علمية رئيسية أمام تحسين فهمنا للصلات بين البيئة البحرية والصحة البشرية (Galloway and others, 2017؛ Moore and others, 2014)، وهي:

(أ) تحسين قياس الملوثات البحرية ورصد توزيعها، بما يشمل سموم الطحالب والجسيمات النانوية بوصفها عوامل تسهم في الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية وسرطان الرئة (Chang and others, 2020؛ Liu and others, 2016؛ Moore, 2020؛ Mossman and others, 2007؛ Numan and others, 2015؛ Stapleton, 2019)، والجسيمات الدقيقة والقمامة البحرية البلاستيكية بوصفها عاملا ناقلا)، والعوامل الـمُمْرضة والأنواع غير

المحلية بوصفها أخطارا صحية محتملة وفقا لمقاييس زمانية ومكانية معينة (Galil, 2018؛ Vezzulli and others, 2016)؛

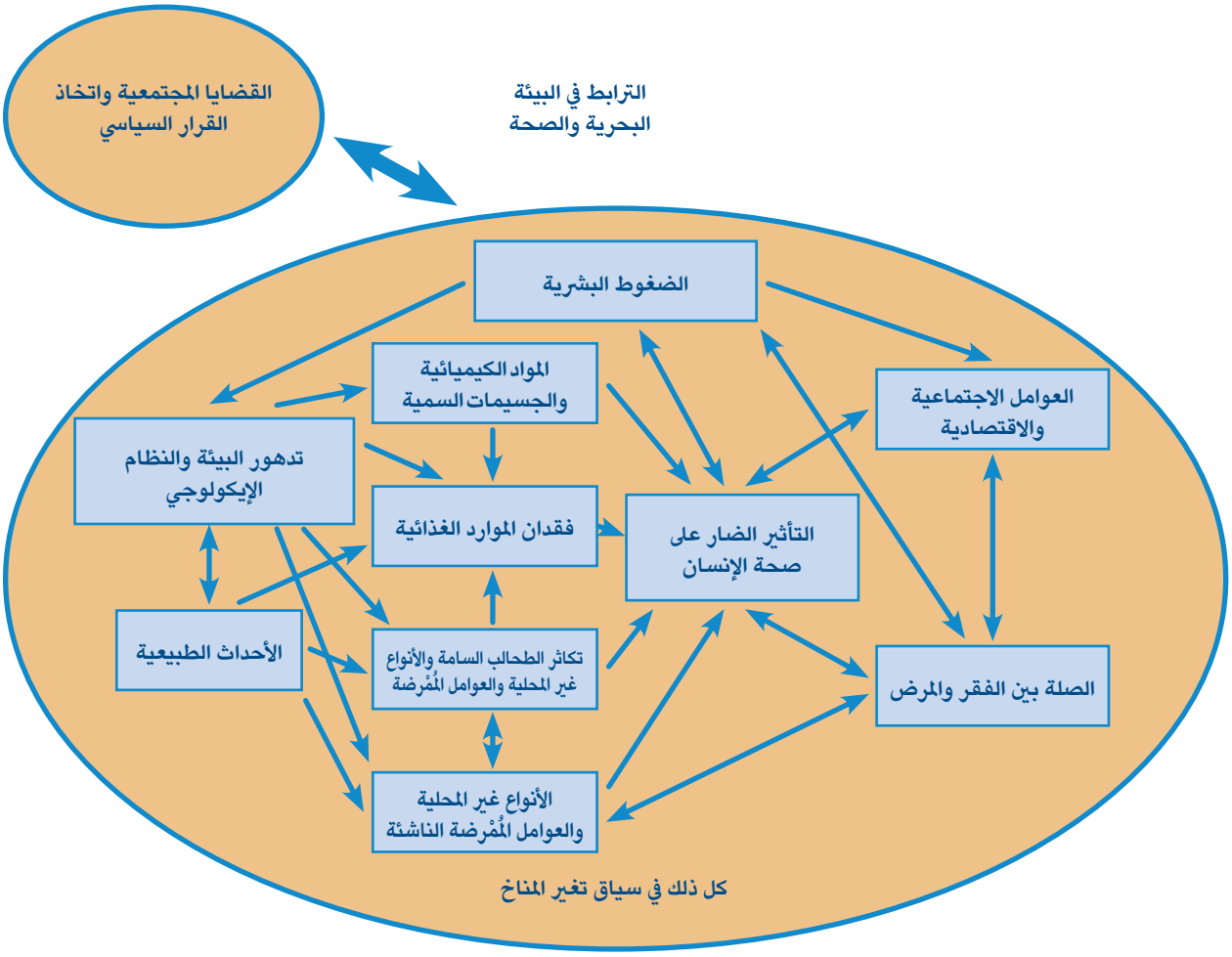
(ب) تحسين المعرفة بعمليات ونماذج ديناميات النقل والتحويل في بيئة الملوثات البحرية والعوامل الـمُمْرضة والأنواع غير المحلية التي تشكل مخاطر على الصحة؛

(ج) تحسين تقييم تعرض البشر للملوثات البحرية والعوامل الـمُمْرضة والأنواع غير المحلية وخطرها على صحتهم (Galil, 2018؛ Moore and others, 2013, 2014؛ Vezzulli and others, 2016)؛

(د) فهم آثار أنشطة إدارة النفايات على البيئة البحرية والصحة البشرية؛

(هـ) إيجاد تفسيرات للارتباط بين البيئة البحرية والفوائد الملحوظة على صحة الإنسان، وهو ما يوصف بتأثير "صالة الرياضة الزرقاء" (Depledge and Bird, 2009؛ Robinson and others, 2020؛ White and others, 2013؛ Wyles and others, 2019)، بما في ذلك التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية (Li and Zhu, 2006؛ Sahu and others, 2001).

موجز لترابط العمليات السلبية الرئيسية بين البيئة البحرية والصحة البشرية



المصدر: الرسم البياني الأصلي مقتبس بتصرف من Moore and others, 2014.
ملاحظة: "المواد الكيميائية والجسيمات السمية" تشمل الجسيمات الملوثة للهواء والجسيمات النانوية والمواد البلاستيكية الدقيقة).

وغالباً ما كانت تُقابل بالتجاهل الفوائد المحتملة للعيش قرب البحر (انظر الجدول أدناه) على صحة الإنسان، مثل المستحضرات الصيدلانية الجديدة (من قبيل مضادات الميكروبات، ومضادات الأورام، وخافضات سكر الدم، ومقاومات التأكسد، ومضادات الالتهاب، ومضادات الفيروسات، ومضادات الملاريا، ومضادات السل، ومضادات الشيخوخة، ومضادات الأوالي) المشتقة من الكائنات البحرية، والمغذيات الدقيقة الأساسية في الأغذية البحرية (انظر الجدول أدناه؛ Borja and others, 2020؛ Depledge and others, 2019؛ Ercolano and others, 2019؛ Fleming and others, 2019؛ Gascon and others, 2017؛ Hosomi and others, 2012؛ Lindequist, 2016؛ Wheeler and others, 2012؛ White and others, 2014؛ Wyles and others, 2019). غير أنه أصبح من الثابت أن هناك فوائد صحية مختلفة يمكن الحصول عليها من العيش على مقربة من البحر (Giles, 2013). والسبب في ذلك أقل وضوحا، وليس له، حتى الآن، أي تفسير علمي شامل. بيد أن عدة فرضيات اقترحت، وهي كالتالي: الحد من الكرب النفسي بسبب الوسط البهيج (Gascon and others, 2017؛ White and others, 2014)؛ تحسين التنظيم المناعي من جراء التعرض للبكتيريا والطفيليات التي شاركتنا التطور (Rook, 2013)؛ والتعرض للمنتجات الطبيعية النشطة حيويا (النواتج البيولوجية)، مثل سميات الطحالب الضارة أو السامة (Berdalet and others, 2016؛ 2017). وقد اقترحت هذه الفرضية الثالثة (النواتج البيولوجية) أن استنشاق وابتلاع بعض المنتجات الطبيعية (مع مخاط الجهاز التنفسي العلوي)، مثل التركيزات المنخفضة من سموم الطحالب التي تنثر في الهواء، لهما آثار مباشرة على أنظمة الجسم المتعلقة بالتنظيم الجزيئي، وهو ما تنتج عنه فوائد صحية، بما في ذلك الآثار المضادة للالتهابات ومضادات الأورام السرطانية ومضادات الشيخوخة (Asselman and others, 2019؛ Moore, 2015؛ Van Acker and others, 2020؛ انظر الجدول أدناه). وتوجد في المناطق الساحلية مستويات أعلى من الأشعة فوق البنفسجية، وبالتالي، قد يستفيد السكان من زيادة فيتامين دال (Cherrie and others, 2015؛ انظر الجدول أدناه).

وفيما يتعلق بالأخطار والمخاطر المحتملة على صحة الإنسان (انظر الجدول أدناه)، الموثقة بشكل أشمل من الفوائد (Borja and others, 2020؛ Depledge and Fleming and others, 2013, 2017, 2019؛ Moore and others, 2013, 2014, 2019؛ Moore and others, 2014)، حددت العملية الأوروبية للبيئة والصحة، التي تتولى تنسيقها منظمة الصحة العالمية، خمسة "تحديات بيئية وصحية رئيسية في عصرنا". ويشمل مجال تركيزها الخاص فيما يتعلق بالبيئة البحرية ما يلي:

(أ) الآثار الصحية والبيئية لتغير المناخ (مثل الأعاصير المدارية)؛

(ب) المخاطر الصحية التي يتعرض لها الأطفال وغيرهم من الفئات الضعيفة بسبب الظروف البيئية وظروف العمل والمعيشة السيئة، ولا سيما نقص المياه والمرافق الصحية (مثل الأغذية الملوثة المستمدة من البحر)؛

(ج) أوجه التفاوت الاجتماعية والاقتصادية والجنسانية في البيئة البشرية وفي الصحة (على سبيل المثال، سجل الإصابات السيئة للصيادين والبحارة، ومحدودية حصول الإناث على الرعاية الصحية لأسباب ثقافية)؛

(د) عبء الأمراض غير المعدية، لا سيما بقدر ما يمكن تخفيف العبء من خلال سياسات ملائمة في مجالات مثل التنمية الحضرية، والنقل، وسلامة الأغذية والتغذية، والبيئات المعيشية وبيئات العمل (على سبيل المثال، دور بروتين السمك في توفير المغذيات الأساسية)؛

(هـ) المواد الكيميائية والمواد النانوية الضارة الثابتة، المسببة لاضطرابات الغدد الصماء والمتراكمة في الأحياء؛ والمشاكل الكيميائية الجديدة والناشئة (مثل آثار هذه المواد على صحة البيئة البحرية وبالتالي على البشر المعتمدين على تلك البيئة) (WHO-Europe, 2010).

وتعكس الجوانب البحرية لأولويات السياسات هذه، إلى حد ما، التحديات العلمية المحددة أعلاه على وجه الخصوص فيما يتعلق بصحة الإنسان والبيئة البحرية. وهي تركز إلى حد كبير على المخاطر، وتميل إلى تجاهل الفوائد المستمدة من البيئة البحرية، وبالتالي لا تأخذها في الاعتبار. علاوة على ذلك، من شأن الفوارق بين الجنسين وعدم المساواة بينهما أن يؤديا إلى فوارق مجحفة بين الرجل والمرأة من حيث الحالة الصحية وإمكانية الوصول إلى الرعاية الصحية. ومع ذلك، فإن المعايير والقيم الجنسانية غير ثابتة ويمكن أن تتطور بمرور الوقت، ويمكن أن تختلف اختلافا كبيرا من مكان إلى آخر، وهي عرضة للتغير (WHO, 2014). ومع ذلك، هناك عدد من الأخطار التي تهدد صحة الإنسان ناجمة من البيئة البحرية والتي جرى تحديدها الآن:

(أ) زيادة انتشار العوامل الـمُمْرضة المرتبطة بالاحترار المناخي (مثل جراثيم الضمات). وهناك أيضا بعض الأدلة المتعلقة بزيادة تكاثر بعض الأنواع من الطحالب الضارة المتصلة بالاحترار المناخي، في بعض المناطق (Hinder and others, 2012؛ Vezzulli and others)؛

(ب) بدأت الأنواع غير المحلية، التي يشار إليها أحيانا بالأنواع الدخيلة الـمُغيرة، تُعتبر من بين التهديدات الرئيسية للنظم الإيكولوجية البحرية العالمية من خلال التأثيرات التي تطال هيكل هذه النظم الإيكولوجية وعملها وخدماتها (Galil, 2018). ويمثل عدد قليل من الأنواع غير المحلية السامة تهديدا محتملا لصحة الإنسان. ويؤدي تكثيف الأنشطة البشرية، إلى جانب التوسع الحضري الساحلي المتسارع، إلى إحداث تغييرات معقدة وأساسية في المياه الساحلية، بما في ذلك ارتفاع عدد الأنواع الدخيلة. وقد اجتذبت بعض هذه الأنواع السامة الدخيلة انتباه العلماء والمديرين ووسائل الإعلام والجمهور لآثارها البارزة على صحة الإنسان. ففي البحر الأبيض المتوسط وحده، يعتبر أن 10 من الأنواع غير المحلية تشكل خطرا على صحة الإنسان، إذ تتراوح خطورتها ما بين إلحاق الضرر وإحداث الوفاة (Galil, 2018). ومن المتوقع أن تزداد مخاطر الأنواع غير المحلية على صحة البشر نتيجة لتغير المناخ. فالتدفق صوب القطب لكائنات المياه الدافئة الحية يمكّنها من الانتشار إلى مناطق لم يسبق الاستيطان فيها؛

(ج) وقد حُدد مؤخرا خطر صحي آخر يتمثل في الدور المحتمل للنفايات البلاستيكية البحرية بوصفها ناقلات للعوامل الـمُمْرضة البشرية الانتهازية والكائنات الحية الدقيقة المقاومة للمضادات الحيوية (Barboza and others, 2018؛ Harrison and others, 2018؛ Imran and others, 2019). وتلتصق أنواع البكتيريا المسببة للأمراض المختلفة، بشكل خاص وبقوة، بالقمامة البلاستيكية (على سبيل المثال، ضمات الكوليرا وبعض سلالات الإشريكية القولونية). وتستطيع العوامل الـمُمْرضة البشرية هذه أن تستوطن في الأسطح البلاستيكية في الأغشية الحيوية الرقيقة المستقرة. والفهم العلمي والطبي لهذا الخطر الصحي الناجم عن التلوث بالمواد البلاستيكية غير كاف، ولكن هذا الخطر ينظر إليه بوصفه يمثل جانبا آخر من جوانب مشكلة القمامة البحرية التي يتطرق إليها الفصل 12. ومن الممكن أن تنشأ مشكلة خطيرة في المناطق التي تعاني من تلوث شديد نتيجة الكوارث الطبيعية أو الأزمات المناخية أو الأوبئة، أو في مناطق النزاع (Vethaak and Leslie, 2016؛ Keswani and others, 2016؛ Galloway and others, 2017؛ Leonard and others, 2018a, 2018b؛ Moore and others, 2014).

وفي سياق عام، تعالج بعض المشاريع الجديدة المتعددة الجنسيات والمتعددة التخصصات حاليا بعضا من هذه القضايا، ومن بين هذه المشاريع هناك:

(أ) مشروع البحار والمحيطات والصحة العامة في أوروبا الذي يموله الاتحاد الأوروبي (European Union (EU), 2020)، والذي وضع "خريطة طريق للبحوث»، لمساعدة العلماء على جمع الأدلة وإرشاد السياسات التي تعزز وتحمي صحة الإنسان وصحة البيئة البحرية؛

(ب) برنامج المجتمعات الزرقاء، وهو برنامج لبناء القدرات البحثية في مجال التخطيط البحري في شرق وجنوب شرق آسيا، يشمل مشروعا لتقييم فوائد ومخاطر المعيشة الساحلية المرتبطة بالتغيرات البيئية والديمغرافية والمناخية[1].

ملخص الفوائد والأخطار/المخاطر المرتبطة بالعيش على مقربة من البحر

الفوائد	الأخطار والمخاطر
تحسينات في طول ونوعية الحياة (Gascon and others, 2017)	الملوثات من المواد الكيميائية والنويدات المشعة، بما في ذلك الجسيمات السامة العالقة بالهواء (الناجمة عن البر وعن الشحن البحري) والأوزون الساحلي (Moore and others, 2014؛ Vom Saal and others, 2007؛ Valotto and others, 2015؛ Pleijel and others, 2013؛ Walker and others 2019؛ Wan and others, 2016)
تحسين الصحة البدنية والعقلية (Gascon and others, 2017؛ White and others, 2014؛ Wyles and others, 2019).	المواد النانوية والجزيئات البلاستيكية (Chang and others, 2020؛ Galloway and others, 2017؛ Moore and others, 2014؛ Mossman and others, 2007؛ Numan and others, 2015)
زيادة فيتامين دال (Cherrie and others, 2015)	العوامل الـمُمْرضة والعواقب الناجمة عن مياه الصرف الصحي وانجراف المخلفات الزراعية بالمياه والفيضانات على الصحة العامة (Leonard and others, 2018a؛ Moore and others, 2013, 2014؛ Vezzulli and others, 2016)
تقلص المشاكل السلوكية لدى الأطفال (Gascon and others, 2017)	الآثار البيئية على الأمن الغذائي والسلامة الغذائية، مثل انهيار مصائد الأسماك وتلوث الموارد الغذائية (Moore and others, 2014)
قد يكون للتركيزات المنخفضة من سموم الطحالب المنثورة في الهواء آثار إنهاض مفيدة على الصحة (تأثيرات مضادة للالتهابات ومضادة للأورام السرطانية) (Asselman and others, 2019؛ Moore, 2015؛ Van Acker and others, 2020)	تكاثر الطحالب الضارة أو السامة وسموم الطحالب (Berdalet and others, 2016)
الفوائد المستمدة من استهلاك الأغذية البحرية التي تضم نسبة عالية من البروتين والمغذيات الدقيقة الأساسية (Hosomi and others, 2012)	الأنواع السمية المحلية وغير المحلية مثل أسماك البلاسوب ذات الخطوط الفضية (تنتج التيترودوتوكسين) وقنديل البحر الرحال وسمك الأسد (Galil, 2018)
المستحضرات الصيدلانية المستمدة من البحار (Ercolano and others, 2019؛ Lindequist, 2016)	الحوادث الطبيعية السلبية (ثوران البراكين والزلازل وأمواج تسونامي والأعاصير المدارية والفيضانات) (Moore and others, 2014؛ Powell and others, 2019؛ Ruskin and others, 2018)
	انتقال مقاومة مضادات الميكروبات والعوامل الـمُمْرضة عن طريق النظم الإيكولوجية البكتيرية الطبيعية (Leonard and others, 2018b؛ Imran and others, 2019)
	القمامة البلاستيكية البحرية باعتبارها ناقلا محتملا ناشئا للعوامل الـمُمْرضة واحتمال نقلها عالميا (Vethaak and Leslie, 2016؛ Keswani and others, 2016)؛ علاوة على الاصطدامات المحتملة مع أجزاء قمامة بلاستيكية كبيرة في البحر
	زيادة المخاطر الناجمة عن الاكتظاظ مع تزايد عدد سكان المناطق الساحلية (Moore and others, 2014)

[1] انظر www.blue-communities.org/About_the_programme.

3 - صحة المجتمعات الساحلية مقارنة بالمجتمعات المحلية الداخلية

لقد ظلت الدراسات التي تقارن بين صحة المجتمعات الساحلية وصحة المجتمعات المحلية الداخلية منحصرة، حتى الآن، في البلدان المتقدمة النمو. وتختلف الأدلة بين الصحة البدنية والصحة العقلية. ففيما يتعلق بالصحة البدنية، هناك أدلة من أستراليا (Ball and others, 2007)، ونيوزيلندا (Witten and others, 2008)، والولايات المتحدة (Gilmer and others, 2003) والمملكة المتحدة (White and White and others, 2013) على أن العيش في بيئة ساحلية يشجع على مستويات أعلى من النشاط البدني الترفيهي. وعلى الرغم من وجود بعض الأدلة على أن النشاط الإضافي يمكن أن يُترجم إلى وزن صحي أكثر، في معظم الحالات، حتى بين الأطفال الذين يعيشون في المناطق الساحلية (Wood and others, 2016)، فإن الأدلة ليست قطعية بهذا الشأن (Bell and others, 2019). وأظهرت دراسة أعادت تحليل الردود التي أدلي بها بخصوص سؤال تضمنه تعداد إنكلترا وويلز لعام 2001 أن نسبة أعلى بكثير من سكان المناطق الساحلية قالوا إنهم يتمتعون بصحة جيدة. وربما كان التأثير أكبر بالنسبة للفئات المحرومة اجتماعياً واقتصادياً (Wheeler and others, 2012). وفي بلجيكا، خلصت دراسة استقصائية حديثة إلى أن الأشخاص الذين يعيشون على بعد أقل من 5 كيلومترات من الساحل يقولون إنهم يتمتعون بصحة عامة أفضل ممن يعيشون على بعد 50 إلى 100 كيلومتر من الساحل (Hooyberg and others, 2020).

وفيما يتعلق بالصحة العقلية، تشير كمية متزايدة من الأدلة إلى أن العيش في المناطق الساحلية، أو المواظبة على زيارة هذه المناطق، أو مجرد أن تكون رؤية الساحل متاحة من المنزل، كلها أمور ترتبط بزيادة الإحساس بالرضا عن الحياة (Brereton and others, 2008) وبانخفاض في احتمالات الإصابة بالقلق والاكتئاب (Nutsford and others, 2016؛ و White and others, 2013؛ و Wyles and others, 2019).

ويمكن أن تعزى الاختلافات في الصحة البشرية بين المناطق الساحلية والمناطق الداخلية إلى أسباب أخرى غير القرب من البحر. فإن للوضع الاجتماعي والاقتصادي تأثيرا كبيرا على الصحة بوجه عام (Marmot and Wilkinson, 2005)؛ وحيثما وُجدت اختلافات بين المناطق الساحلية والمناطق الداخلية في مستوى الازدهار الاقتصادي، يمكن أن تُعزى الاختلافات في الصحة البشرية بين تلك المناطق جزئيا إلى تلك الاختلافات الاقتصادية، وليس إلى المزايا الصحية المباشرة التي يتيحها القرب من المحيط (Li and Zhu, 2006). غير أنه كثيرا ما يكون من الصعب تفسير العلاقة البالغة التعقيد بين الرخاء الاقتصادي والحالة الصحية في ظل تفاعل كثير من العوامل الممكنة (Sachs and others, 2001).

ومن التحديات الرئيسية في هذا الصدد صعوبة تحديد الكيفية التي يمكن بها لكل مجتمع ساحلي أن يحسن من قدرته على التكيف مع التطورات الاجتماعية والديمغرافية ومع تزايُد عدد الظواهر الجوية القصوى والتهديدات البيئية. ويبدو من الأدلة أن ثمة مزايا تُجتنى من السياسات التي تؤدي إلى نتائج تنفع البيئة كما تنفع الصحة. غير أنه ما من عمل على صعيد السياسات إلا وكان التعقيد رديفه، لأن تنوع المجتمعات الساحلية مؤداه استحالة تطبيق حل واحد على جميع الحالات (Depledge and others, 2017؛ و Li and Zhu, 2006؛ و Sachs and others, 2001).

4 - آثار التعرض لمياه البحر الملوثة

إن كثيرا من الأنشطة الرئيسية التي تُزاول في إطار السياحة والترفيه على السواحل تستدعي ملامسة مياه البحر، وأكثر ما يزاوله الناس من هذه الأنشطة التجديف والسباحة وركوب القوارب وركوب الأمواج والصيد الترفيهي والغوص. كما أن الصيادين والملاحين يلامسون مياه البحر في إطار عملهم. وهذا الاتصال بمياه البحر يجلب معه خطر التعرض لمسببات الأمراض، بما في ذلك التكسينات الطحلبية، سواء ما كان منها في المياه أو في الرذاذ البحري. ولفترة طويلة بعد أن أصبح إلقاء مياه المجاري الحضرية في البحر ممارسة شائعة، ظل الأمر لا يكاد يثير قلقا يُذكر بشأن تأثير مسببات الأمراض التي تحملها مياه الصرف الصحي على صحة الإنسان، حيث ساد الاعتقاد بأن مياه الصرف الصحي لما تختلط بكميات أكبر بكثير من مياه البحر تقل مخاطرها بسبب عامل الامتزاج (Sullivan, 1971). غير أن القلق أخذ يتنامى في نهاية المطاف وأدى إلى اتخاذ تدابير في أوروبا، على سبيل المثال، من قبيل إصدار التوجيهات المتعلقة بمياه الاستحمام (European Economic Community (EEC), 1975).

وقد حددت دراسات أُجريت في أماكن كثيرة حجم الخطر المحدق بصحة الإنسان من ملامسة مياه البحر الحاملة لمسببا الأمراض، مثل بعض سلالات بكتيريا الإشريكية القولونية التي توجد عادة في أمعاء الحيوانات ذوات الدم الحار (Zmirou and others, 2003؛ و Wade and others, 2006). ففي هونغ كونغ، بالصين، على سبيل المثال، أُنجزت دراسة وبائية كبرى في عام 1992، حيث أجريت مقابلات مع 25 000 من مرتادي الشواطئ من أجل تحديد الآثار الصحية الناجمة عن التعرض لمياه الاستحمام. واتضح من النتائج أن المعدل الإجمالي للإصابة بالأعراض المَرَضية المرتبطة بالسباحة بلغت 41 حالة لكل 1 000 شخص ممن شملتهم الدراسة، وهو معدل أعلى من معدل الإصابة الذي سُجل في عام 1987، وهو 30 حالة لكل 1 000 شخص. وكانت أعراض العيون والجلد والجهاز التنفسي أكثر انتشاراً في صفوف من يسبحون في مياه البحر بين مرتين إلى 20 مرة مقارنة بمن لا يسبحون (Kueh, 1995).

وعلى نفس النمط، أظهرت دراسة أُجريت في سانتاندر، بإسبانيا، خلال موسم الأعياد الرئيسي في عام 1998 أن 7,5 في المائة من مجموعة المستحمين التي شملتها الدراسة والمكونة من 1 858 فردا اشتكوا من الحمى أو من أعراض تتعلق بالجهاز التنفسي أو الجهاز الهضمي أو العيون أو الأذنين في غضون سبعة أيام - مع أنهم كانوا يستحمون في مياه تفي بالمعايير التنظيمية المعمول بها (Prieto, 2001). وأُجريت دراسة مشابهة شملت 654 من ركاب الأمواج في مواسم الشتاء من عام 2013 إلى عام 2015 في سان دييغو، بكاليفورنيا، الولايات المتحدة، حيث تأثرت جودة المياه الساحلية سلبا بعد هطول أمطار غزيرة (وهو ما يؤدي عادة إلى زيادة انجراف الملوثات أو سيلانها). وبحثت الدراسة في حالات الإصابة بأمراض الجهاز الهضمي والتهابات الجيوب الأنفية والتهابات الأذنين والجروح المتعفنة في غضون ثلاثة أيام من أكثر من 10 000 جولة من جولات ركوب الأمواج. وخلصت الدراسة إلى أن معدل تلك الحالات ارتفع بنسبة تتراوح بين 26 و 105 في المائة (حسب اختلاف أنواع الإصابات) بعد جولات ركوب الأمواج في الطقس الجاف، مقارنة بالفترات التي لم يكن فيها الأشخاص الذين شملتهم الدراسة يزاولون ركوب الأمواج. وبعد هطول الأمطار بغزارة، وما يتبع ذلك من زيادة في حجم السيول السطحية، ارتفع معدل الإصابة بالأمراض بعد ركوب الأمواج بنسبة إضافية تتراوح بين 26 و 102 نقطة مئوية مقارنة بفترات عدم ركوب الأمواج (Arnold and others, 2017). وتحتوي مياه البحر الملوثة بمياه المجارير على أنواع من مسببات الأمراض الميكروبية، وقد يصاب الأفراد المعرضون لهذه المياه بأمراض مختلفة، مثل الطفح الجلدي، والتهاب الملتحمة، والتهابات الجيوب الأنفية، وكذلك التهاب

المعدة والأمعاء على وجه الخصوص (Harder-Lauridsen and others, 2013). وفي ظل ما يُتوقع من زيادة في وتيرة هطول الأمطار بغزارة في بعض المناطق بسبب تغير المناخ، يمكن أن تتعرض الصحة البشرية في جميع أنحاء العالم لآثار ذات بال، لا سيما في المناطق التي ليس فيها شبكات لمياه المجارير تعمل بشكل جيد، أو تلك التي لا تستطيع فيها الشبكات الحالية لمياه المجارير احتواء السيول الزائدة ومياه المجارير غير المعالَجة (Harder-Lauridsen and others, 2013). وبسبب تغير المناخ، تتفاقم الفيضانات النهرية والساحلية من حيث وتيرتها وشدتها، وتؤدي إلى تسرب مياه المجارير غير المعالجة، وتجرف معها براز الحيوانات الناقل للأمراض، ومن ثم فهي يمكن أيضاً أن تفضي إلى مشكلة صحية بنقلها عوامل جرثومية معدية ناشئة، كما هو الحال في جائحة كوفيد-19 (Seneviratne and others, 2012).

وقد تم بحث الآثار الناجمة على سوء نوعية المياه على الصعيد العالمي في دراسة أجراها فريق الخبراء المشترك المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية ومنظمة الصحة العالمية. واستناداً إلى التقديرات العالمية لعدد السياح الذين يذهبون للسباحة، وتقديرات منظمة الصحة العالمية للمخاطر النسبية المرتبطة بمختلف المستويات من التلوث، قدرت الدراسة أن الاستحمام في البحار الملوثة يتسبب كل عام في نحو 250 مليون حالة من التهاب المعدة والأمعاء وأمراض الجهاز التنفسي العلوي، وأن بعض من يُصاب من الأشخاص يصبحون عاجزين على المدى الطويل. وعند تقييم عبء المرض الذي يُسببه الاستحمام في مياه البحر الملوثة على نطاق العالم، وذلك بحساب العدد الإجمالي لسنوات العمر الصحي التي تضيع بسبب المرض والعجز والوفاة، يتبيّن أن هذا العبء يعادل نحو 400 000 من سنوات العمر المعدلة باحتساب مدد العجز (وهو مقياس معياري للوقت الضائع بسبب الموت المبكر ومدة العجز بسبب المرض)، مقارنة بآثار الدفتريا والجذام على الصعيد العالمي. وقدر فريق الخبراء المشترك المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية ومنظمة الصحة العالمية أن التكلفة التي يتكبدها المجتمع على نطاق العالم تبلغ نحو 1,6 بليون دولار سنويا (GESAMP, 2001). وعلاوة على ذلك، يمكن أن يؤدي تكاثر الطحالب الضارة أو السامة إلى الإصابة بأمراض عصبية خطيرة، كما يمكن أن تكون لها آثار مالية كبيرة (Bechard, 2020؛ و Diaz and others, 2019).

والغالب أن الملوثات الأكثر شيوعا تأتي من أحد مصدرين: البشر أو الحيوان. وتشكل المادة البرازية البشرية في الكتل المائية أكبر تهديد على الصحة العامة لأن البشر يحمل كثيرا من البكتيريا والطفيليات والفيروسات التي تشكل خطرا على البشر الآخرين ويمكن أن تؤدي إلى مجموعة متنوعة من الأمراض. ويمكن في أحيان كثيرة الربط بين مشاكل عديدة وفيضان مياه المجارير أو تسرب محتويات شبكات الصرف الصحي السكنية. ويمكن أن تكون المياه التي تفيض من الأراضي الزراعية مصدرا لمشاكل صحية مقلقة، حيث يمكن أن تحتوي نفاياتُ البراز من الماشية على مسببات الأمراض، بما في ذلك مختلف أنواع الفيروسات وداءُ خَفِيَّاتِ الأَبْواغ والإشريكية القولونية والسلمونيلة، بينما يمكن أيضا أن تشكل نفايات الحيوانات الأليفة على الشواطئ تهديدات صحية للبشر (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2017؛ و Moore and others, 2014؛ و Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI), 2020).

ولذلك فإن التعرض لمياه البحر الملوثة يضر بصحة من يتمتعون بالاستجمام على مقربة من البحر، ويؤثر سلبيا على الأنشطة الساحلية السياحية والترفيهية. واستنادا إلى الأعمال العلمية المنجزة في الموضوع، نشرت منظمة الصحة العالمية في عام 2003 المبادئ التوجيهية لتأمين سلامة مياه الاستجمام: المياه الساحلية والمياه العذبة (WHO, 2003). وفي الآونة الأخيرة، أعدت منظمة الصحة العالمية، بدعم من الاتحاد الأوروبي، توصيات بشأن التطورات العلمية والتحليلية والوبائية ذات الصلة ببارامترات جودة مياه الاستحمام، مع التركيز بشكل

خاص على حالة أوروبا (WHO, 2018). وأشارت منظمة الصحة العالمية إلى أن التوصيات سيُستفاد منها في تنقيح المبادئ التوجيهية الصادرة عام 2003 (WHO, 2020). غير أن استيفاء هذه المعايير يتطلب تخطيطاً وبنية تحتية كافيين. ولا تزال المشاكل قائمة حتى في الأماكن التي تُبذل فيها جهود مضنية لإقامة نظم ذات كفاءة في معالجة مياه المجاري، كما هو الحال في بعض أرجاء الهند. ففي غوا، على سبيل المثال، وهو من المواقع السياحية الرئيسية، تجاوزت البكتيريا القولونية الغائطية المعايير ذات الصلة في جميع الشواطئ العشرة التي خضعت للرصد (Goa State Pollution Control Board (GSPCB), 2019).

ولن يتحقق الهدف المتوخى من رصد مياه الاستحمام، وهو تحسين الصحة العامة، دون إدخال تحسينات على إبلاغ الجمهور بالنتائج بحيث يتيسر فهمها. وينص تشريع الاتحاد الأوروبي الحالي بشأن مياه الاستحمام (EU, 2006) على طرق موحدة لنشر نتائج الرصد المطلوب إجراؤه. وتوجد نظم مماثلة في ولايات أسترالية مختلفة (New South Wales Department of Planning, Industry and Environment (NSW-DPIE), 2020؛ و South Australia Environment Protection Agency (SA-EPA), 2020)؛ وفي الولايات المتحدة (WHOI, 2020).

وربما كان تغير المناخ يؤثر في معدل انتشار عدوى الجراثيم (Deeb and others, 2018؛ و Konrad and others, 2017). فعلى سبيل المثال، يُنظر إلى استفحال الإصابة بخمج البكتيريا الضمية من نوعي فلنيفيكاس (Vibrio vulnificus) وباراهيموليتيكاس (Vibrio parahaemolyticus)، وكلتاهما موضعيتان، والإصابة الناجمة عن تناول المأكولات البحرية (المحاريات)، باعتبار العلاقة السببية بين هذه الإصابات وتغير المناخ، حيث زاد عدد الإصابات بشكل عام، كما زاد عدد الحالات الجديدة التي تُكتشف في مناطق خطوط العرض العليا التي لم تكن فيما مضى من المناطق التي يوجد بها هذا النوع من الإصابات، وذلك بسبب زيادة عدد الأيام التي تفوق فيها درجات الحرارة الحد الأدنى (Vezzulli and others, 2016).

5 - مشاكل الصحة البشرية التي تسببها المأكولات المستخرجة من البحر

يمكن أن تتأثر صحة الإنسان من عدة أوجه بالأغذية المستخرجة من البحر. فبعض المشاكل تنتج عن الملوثات (مثل الزئبق) أو مسببات الأمراض (هذه كثيرا ما تكون من مياه المجارير ومياه الصابورة) التي تُلقى في البحر وتستهلكها النباتات والأسماك والصدفيات التي تُجتنى للاستهلاك البشري (Takahashi and others, 2008). وثمة مشاكل أخرى تنتج عن السموم التي تفرزها مختلف الكائنات الحية التي تعيش في البحر أو عن الفيروسات التي توجد في هذه الكائنات، وتستهلكها بعض أنواع الأسماك والصدفيات (انظر الفصلين 10 و 11).

وتقول منظمة الصحة العالمية إن الزئبق من المواد العشر الأكثر سمية لصحة الإنسان (WHO, 2013). ومن أشكال الزئبق الرئيسية التي يتعرض لها الإنسان زئبق الميثيل العضوي (MeHg). والمصدر الرئيسي للزئبق غير العضوي في البحر هو احتراق الوقود الأحفوري (انظر الفصل 11). ويتحوَّل هذا الزئبق إلى زئبق عضوي بواسطة الجراثيم في البيئة المائية، حيث يتراكم أحيائياً في الشبكات الغذائية. وأغلب طريقة يتعرض بها الإنسان للزئبق العضوي هي استهلاك المأكولات البحرية. والزئبق العضوي سم عصبي ويضر بشكل خاص بنمو الدماغ عند الجنين. وقد أظهرت بحوث كثيرة وجود صلة بين التعرض في الرحم للزئبق العضوي والتسمم العصبي الضار بالنمو (مثل حالات النقص في المهارات الحركية الدقيقة واللغة والذاكرة) في صفوف السكان الذين يستهلكون المأكولات البحرية بانتظام. وأظهر استعراض للدراسات في 43 بلداً أن متوسط الواصمات البيولوجية المجمَّعة يشير إلى مستوى من تناول الزئبق العضوي:

(أ) يتجاوز بعدة مرات مستوى الاستهلاك المرجعي الذي حددته منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ومنظمة الصحة العالمية لدى مستهلكي الأسماك من سكان السواحل وضفاف الأنهار الذين يعيشون بالقرب من مناجم الذهب الصغيرة الحجم[2]؛

(ب) يتجاوز بكثير المستوى المرجعي لدى مستهلكي الثدييات البحرية في مناطق القطب الشمالي؛

(ج) يقترب من المستوى المرجعي في المناطق الساحلية في جنوب شرق آسيا وغرب المحيط الهادئ والبحر الأبيض المتوسط.

وعلى الرغم من أن الفئتين الأوليين أكثر عرضة من الفئة الأخيرة للسموم الضارة بالجهاز العصبي، فإن المناطق الساحلية في جنوب شرق آسيا تضم أعداداً كبيرة جداً من السكان. وقد ظهر من عينات كثيرة في المناطق الثلاث جميعها وجود مستويات من تناول الزئبق العضوي تتجاوز الكمية المرجعية (Sheehan and others, 2014). وثمة خبراء آخرون يقرون بالخطر الذي يشكله الزئبق العضوي، إلا أنهم يرون أنه من المهم أيضا الموازنة بين منافع الدهون المشتقة من الأسماك والمخاطر المحتملة عند النظر إلى الأسماك باعتبارها جزءاً من النظام الغذائي للأمهات وأطفالهن (Myers and others, 2015). ويُنظر إلى أنواع محددة من الأسماك باعتبارها مصدر خطر أكثر من غيرها للتعرض للزئبق العضوي (على سبيل المثال، يتجمع الزئبق العضوي أحيائيا بكميات كبيرة في السلسلة الغذائية المائية والأسماك المفترسة الأكبر حجما، مثل سمك القرش وسمك أبو سيف والأسقمري الملكي وأنواع معينة من سمك التونة)، ولذلك فإن اتخاذ الخيارات المناسبة في استهلاك الأسماك يمكن أن يؤدي إلى زيادة فوائد تناول المأكولات البحرية مع تقليل المخاطر المحتملة (Silbernagel and others, 2011).

ولا يزال تلوث الأغذية البحرية بسبب الهرمونات والمضادات الحيوية والملوثات العضوية الثابتة، مثل الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات والمُركَّبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور، مصدر خطر على صحة الإنسان (Binelli and Provini, 2003؛ و Chen and others, 2015؛ و Lu and others, 2018؛ و European Commission, 2000). إن ما تبيّن في الآونة الأخيرة من تلوث للمحيطات بالمواد النانوية والجسيمات البلاستيكية الدقيقة أمر يثير القلق، ليس فقط لما لذلك من آثار إيكولوجية محتملة، ولكن أيضا لاحتمال تقويض الأمن الغذائي وسلامة الأغذية، ومن ثم إلحاق الضرر بصحة الإنسان. وقد بات اليوم وجود المواد النانوية والجسيمات البلاستيكية الدقيقة في الحيوانات البحرية التي تدخل ضمن غذاء الإنسان ظاهرة عالمية ناشئة تستدعي إجراء المزيد من البحوث لمعرفة مدى خطورتها على صحة الإنسان (Chang and others, 2020؛ و Galloway and others, 2017؛ و Mossman and others, 2007؛ و Numan and others, 2015؛ و Sforzini and others, 2020؛ و Smith and others, 2018؛ و Stapleton, 2019؛ و Stern and others, 2012؛ و Vethaak and Leslie, 2016؛ و Von Moos and others, 2012). وتتسرب الجسيمات النانوية الناجمة عن الاحتراق إلى داخل الخلايا عن طريق الالتقام الخلوي وتتراكم في الجسيمات الحالة، وبسبب الامتلاء المفرط للجسيمات الحالة يصبح غشاؤها نفاذا، الأمر الذي يؤدي إلى تسرب حديد الجسيمات الحالة ويتسبب في الإصابة الخلوية المؤكسدة ثم إلى الإجهاد التأكسدي، مع ما يتبع ذلك من تلف للأنسجة والأعضاء (Moore, 2020؛ و Numan and others, 2015؛ و Stern and others, 2012؛ و Sforzini and others, 2020؛ و Von Moos and others, 2012). وثمة حاليا مخاوف من أن جسيمات نانوية أخرى، ومنها الجسيمات البلاستيكية النانوية والدقيقة، يمكن أن تتصرف بطريقة مماثلة (Boverhof and others, 2015؛ و Von Moos and others, 2012).

[2] المستوى المرجعي لمنظمة الأغذية والزراعة/منظمة الصحة العالمية هو 2,0 ميكروغرام لكل غرام، وهذا لا يُعد مصدرا لخطر ملموس (WHO, 2008).

والصدفيات هي الناقل الرئيسي للأمراض التي تسببها الملوثات التي تُلقى في البحر. فالمحاريات، على سبيل المثال، يمكن أن تركز مسببات الأمراض بما يفوق المستوى الموجود بالمياه المحيطة بها إلى ما يصل إلى 99 مرة (Burkhardt and Calci, 2000؛ و Morris and Acheson, 2003؛ و Motes and others, 1994؛ و Vezzulli and others, 2016). وأكثر مسببات الأمراض الفيروسية شيوعاً هي نوروفيروس (83,7 في المائة) وفيروس التهاب الكبد (12,8 في المائة) (Bellou and others, 2013). ولا توجد قاعدة بيانات عالمية بشأن تفشي الأمراض التي تندرج في هذا النوع. ومع ذلك، فإن دراسة استقصائية للفاشيات المبلغ عنها بين عامي 1980 و 2012 وجدت سجلات توثق لحوالي 368 فاشية فيروسية منقولة بالصدفيات. ووقع معظم تلك الفاشيات في شرق آسيا، وأكثر من النصف منها في اليابان، تليها أوروبا والأمريكتان وأوقيانوسيا وأفريقيا. وبالإضافة إلى مسببات الأمراض التي تنقلها مياه المجارير، يمكن أن تنتج السموم (مثل سموم بيسوتوكسين وبريفيتوكسين وسيغواتوكسين) عن طريق الطحالب السامة (مثل دَوَّامِيّة السِّياط)، وكثيرا ما يكون ذلك بمستويات تركيز منخفضة نسبياً (مثل 200 خلية في اللتر من الإسكندرانية بأنواعها) ولا تقتصر بالضرورة على الطحالب المتكاثرة (انظر في الفصل 10 أسباب هذا التكاثر؛ وقواعد بيانات مراكز الولايات المتحدة لمراقبة الأمراض والوقاية منها). ويمكن أن تدخل سموم الطحالب إلى الشبكة الغذائية، وهي غالباً ما تكون موجودة في الصدفيات والأسماك حيث يمكن أن تسبب الأمراض نتيجة لاستهلاكها ضمن أغذية الإنسان. ولا تقتصر الآثار الصحية لسموم الطحالب على الأمراض والوفيات الناجمة عن التسمم، بل تشمل أيضا الآثار الصحية الناجمة عن فقدان مصائد الصدفيات ومصائد غيرها من الأسماك التي يتعين إغلاقها لحماية الناس من التسمم، واضطراب النظم الإيكولوجية الناجم عن نفوق الأسماك والمفترسات العليا التي تبتلع الطحالب أو السموم التي تنتجها. ويتم الإبلاغ عن العديد من مظاهر تكاثر الطحالب السامة سنويًا، من جميع أنحاء العالم، والعدد في تزايد متواصل. وتعزى الزيادة في الأعداد، جزئيا، إلى التحسن الحاصل في أعمال الرصد والتوثيق، ولكن هناك أدلة موثوقة تثبت زيادة حقيقية في الحالات التي تقع فيها مشكلة تكاثر الطحالب نتيجة للتفاعل بين كثير من العوامل، بما في ذلك ارتفاع درجات الحرارة في مياه البحار، وزيادة كميات المغذيات التي تصب في المحيطات، ونقل الأنواع غير الأصلية عن طريق النقل البحري، والتغيرات الحاصلة في توازن المغذيات في البحر (Hinder and others, 2012). ويمكن تنفيذ نظم للإنذار الصحي في المناطق الأكثر عرضة للخطر بإشراك سلطات الصحة العامة، وأيضا بإشراك مخططي المجتمعات المحلية ومديري خدمات المنافع العامة ومصمميها.

غير أن هناك برامج فعالة للرصد والإدارة في بعض المناطق "المعرضة للخطر" للحيلولة دون وصول هذه السموم إلى الأغذية البحرية التجارية (Anderson, 2009؛ و Anderson and others, 2001؛ انظر الفصل العاشر). وتستند هذه البرامج إلى بحوث صارمة بشأن تطوير المنهجيات والتحقق من وجاهتها، فضلا عن فهم الأنماط الزمانية والمكانية للطحالب السامة ومعرفة كيفية انتقالها إلى البشر.

وتكاثر الطحالب السامة ظواهر معقدة، ويتعين إشراك العديد من التخصصات المختلفة في إيجاد طريقة لمعالجة المشاكل التي تسببها، بدءاً من بيولوجيا الجزيئات وبيولوجيا الخلايا إلى الدراسات الاستقصائية الميدانية الواسعة النطاق، والنمذجة العددية والاستشعار عن بعد (Intergovernmental Oceanographic Commission of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO-IOC), 2017). ومن السموم الأخرى ذات المنشأ الأحيائي والمثيرة للانشغالات الصحية، والتي لا تنتج عن تكاثر الطحالب، نجد سموم السيانوتوكسين التي تنتجها البكتيريا الزرقاء، وسموم التيترودوتوكسين التي تنتجها البكتيريا التكافلية، والتي تستخدمها المتزويات (متعددة الخلايا) باعتبارها سموما بيولوجية دفاعية لدرء المفترسات أو باعتبارها سموما للدفاع والافتراس في الوقت ذاته، وسموم الباليتويكسين التي تضيق الأوعية

بشدة وتشكل مخاطر على البشر في المقام الأول من خلال التعرض للمرجان (Bane and others, 2014؛ و Ramos and Vasconcelos, 2010؛ و Zanchett and Oliveira-Filho, 2013). والإنسان الذي يستهلك الصدفيات الملوثة بسموم البريفيتوكسين التي تنتجها بعض أنواع العوالق معرض بشدة لخطر تسمم الصدفيات العصبي. وهناك أيضا حالات وقعت فيها أمراض جلدية ناتجة عن ملامسة المياه الملوثة بالبريفيتوكسين، وأمراض تنفسية ناجمة عن رذاذ البريفيتوكسين، ولا سيما لدى الأشخاص الضعاف بسبب الربو (Hoagland and others, 2009). ويمكن أيضًا لمستقبلات البريفيتوكسين في الصدفيات أن تبدي أنماطًا مختلفة من السمية (Turner and others, 2015). ويمكن أن تتراكم سموم تيترودوتوكسين، التي تنتجها بعض أنواع البكتيريا، وسموم سيغواتوكسين، التي تنتجها بعض أنواع العوالق، في الأسماك وغيرها من المأكولات البحرية وتصبح سامة عند استهلاكها. وكانت هذه الأنواع من السموم ذات المصدر البيولوجي ترتبط في السابق بالمياه المدارية ولكنها توجد الآن حتى في المناطق المعتدلة (Rodriguez and others, 2008؛ و Silva and others, 2015a, 2015b). ويمكن أن تكون التكاليف الاجتماعية لجميع تلك الأمراض ضخمة، فقد بلغت التكاليف المقدرة المتعلقة بالأمراض الناجمة عن تكاثر الطحالب السامة في مقاطعة واحدة فقط في فلوريدا، الولايات المتحدة، ما بين 0,5 مليون دولار و 4,0 ملايين دولار (Hoagland and others, 2009).

6 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات

تتعلق الثغرات القائمة في المعارف أساساً بما يلي:

(أ) الطرق التي يمكن أن تحقق من خلالها المحيطات منافع صحية، ومدى إمكانية تحقيق ذلك، من خلال القرب من المحيطات، وإتاحة المستحضرات الصيدلانية المستمدة من البحار، واستحداث أغذية بحرية جديدة؛

(ب) مدى تأثير الأخطار الصحية الناشئة من المحيطات على صحة الإنسان في مختلف أنحاء العالم: على سبيل المثال، الطرق التي يمكن بها لناقلات الأمراض البحرية أن تنقل مسببات الأمراض إلى البشر؛ ونطاق وموضع المرض الناتج من السباحة في المياه الملوثة ومن المأكولات البحرية؛ ومدى تلوث الأسماك والصدفيات؛

(ج) أوجه التفاوت الاجتماعي والاقتصادي وعدم المساواة بين الجنسين في البيئة والصحة البشريتين، بما في ذلك المخاطر الصحية التي يتعرض لها الأطفال وغيرهم من الفئات الضعيفة بسبب سوء الظروف البيئية وظروف العمل والمعيشة (وبخاصة الافتقار إلى المياه والمرافق الصحية) (Moore and others, 2013, 2014؛ و WHO, 2014)؛

(د) عبء الأمراض غير المعدية، لا سيما بالقدر الذي يمكن التخفيف منه من خلال سياسات ملائمة في مجالات مثل التنمية الحضرية والنقل وسلامة الأغذية والتغذية وبيئة المعيشة والعمل (Moore and others, 2013, 2014)؛

(هـ) الآليات التي يمكن تنشأ من خلالها أخطار صحية جديدة من المحيطات: على سبيل المثال، دور المواد النانوية (بما في ذلك الجسيمات الناجمة عن الاحتراق) وجزيئات البلاستيك النانوية والدقيقة، ومدى تعرض الإنسان لها (Galloway and others, 2017؛ و Mossman and others, 2007؛ و Numan and others, 2015؛ و Sforzini and others, 2020؛ و Stapleton, 2019؛

و Stern and others, 2012؛ و Vethaak and Leslie, 2016؛ و Von Moos and others, 2012؛ و Wright and Kelly, 2017)؛ والظروف التي يمكن أن يصبح فيها تكاثر الطحالب ساما (انظر الفصل 10)؛

(و) ندرة التقييم التجريبي للآثار الاجتماعية والاقتصادية والصحية للمناطق البحرية المحمية. ويقول بان وآخرون (Ban and others, 2019) إن معظم الدراسات المتعلقة بنتائج الرفاه في المناطق البحرية المحمية تركز على الجوانب الاقتصادية وجوانب الحوكمة، في حين أن الجوانب الاجتماعية والصحية والثقافية لا تُذكر إلا لماما. وعلاوة على ذلك، تقع أكبر المناطق البحرية المحمية بعيدا عن أماكن الاستيطان البشري (مثل، ماراي موانا (جزر كوك) ومحمية بحر روس البحرية (أنتاركتيكا)، ومحمية باباهاناوموكواكي البحرية الوطنية (هاواي)، والمحمية البحرية الوطنية لجزر المحيط الهادئ النائية (الولايات المتحدة)، محمية بحر كورال (أستراليا)، بينما في منطقة البحر الأبيض المتوسط المكتظة بالسكان، لا تشكل المناطق البحرية المحمية بالكامل، والتي يمكن أن توفر فوائد صحية، سوى 0,06 في المائة من المنطقة الاقتصادية الخالصة للبلدان (Kersting and others, 2020).

(ز) الآثار الصحية والبيئية لتغير المناخ (WHO, 2014).

والجهود التي تُبذل لمعالجة هذه الأمور يجب أن تشمل إجراء بحوث متعددة التخصصات، الأمر الذي يتطلب من جهته بناء القدرات لتنفيذه وتطبيق نتائجه. وهذا يتطلب تدريب واستبقاء الموظفين الخبراء وتوفير الهياكل الأساسية اللازمة وتمويلها. ويجب أيضا أن تشمل الجهود الرامية إلى معالجة ما يرتبط بالمحيطات من أسباب اعتلال الصحة توفير الهياكل الأساسية الملائمة والموظفين المهرة، ولا سيما ما يتعلق من ذلك بالإدارة السليمة بيئيا للمواد الكيميائية وجميع النفايات طوال دورة حياتها، والإدارة المتكاملة للموارد المائية، واختبار ما يُجتنى من أغذية (الهدف 12 من أهداف التنمية المستدامة).

7 - آفاق المستقبل

ستساعد زيادة المعرفة بالروابط القائمة بين المحيطات والصحة البشرية على تحسين التدخلات لحماية صحة الإنسان من الأخطار وزيادة المنافع الصحية التي يجتنيها البشر من البحر. ومن شأن تحسين القدرات في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك في مجال الإدارة الفعالة للمناطق البحرية المحمية (Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 2017)، أن يتيح التصدي للتحديات التي يشكلها البحر على صحة الإنسان وفق منهجية ذات بعد عالمي أكثر.

المراجع

Anderson, D.M. (2009). Approaches to monitoring, control and management of harmful algal blooms (HABs). *Ocean & Coastal Management*, vol. 52, No. 7, 342; https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.04.006.

Anderson, D.M., and others (2001). Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters, APEC #201–MR–01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series No. 59, Paris.

Arnold, Benjamin F., and others (2017). Acute illness among surfers after exposure to seawater in dry– and wet–weather conditions. *American Journal of Epidemiology*, vol. 186, No. 7, pp. 866–875.

Asselman, Jana, and others (2019). Marine biogenics in sea spray aerosols interact with the mTOR signaling pathway. *Scientific Reports*, vol. 9, No.1, pp. 1–10.

Ball, Kylie, and others (2007). Personal, social and environmental determinants of educational inequalities in walking: a multilevel study. *Journal of Epidemiology & Community Health*, vol. 61, No. 2, pp. 108–114.

Ban, N., and others (2019). Well–being outcomes of marine protected areas. *Nature Sustainability*, vol. 2, No. 6, pp. 524–532.

Bane, V., and others (2014). Tetrodotoxin: chemistry, toxicity, source, distribution and detection. *Toxins*, vol. 6, No. 2, pp. 693–755.

Barboza, Luís Gabriel Antão, and others (2018). Marine microplastic debris: an emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 133, pp. 336–348.

Bechard, A. (2020). Harmful Algal Blooms and Tourism: The economic impact to counties in Southwest Florida. *Review of Regional Studies*. vol. 50, No. 2:12705.

Bell, S., and others (2019). The shadows of risk and inequality within salutogenic coastal waters. In: Foley, R., and others (ed.) *Hydrophilia Unbounded: Blue Space, Health and Place*. Routledge, Taylor & Francis, Milton Park, United Kingdom.

Bellou, M., and others (2013). Shellfish–borne viral outbreaks: a systematic review. *Food and Environmental Virology*, vol. 5, No.1, pp. 13–23.

Berdalet, Elisa, and others (2016). Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 96, pp. 61–91.

Berdalet, E., and others (2017). Harmful algal blooms in benthic systems: Recent progress and future research. *Oceanography*, vol. 30, No. 1, pp. 36–45.

Binelli, A., and Provini, A. (2003). POPs in edible clams from different Italian and European markets and possible human health risk. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 46, No. 7, pp. 879–886.

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.

Boverhof, D.R., and others (2015). Comparative assessment of nanomaterial definitions and safety evaluation considerations. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, vol. 73, pp. 137–150.

Brereton, Finbarr, and others (2008). Happiness, geography and the environment. *Ecological Economics*, vol. 65, No. 2, pp. 386–396.

Burkhardt, William, and Kevin R. Calci (2000). Selective accumulation may account for shellfish–associated viral illness. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 66, No. 4, pp. 1375–1378.

Chang, X.R., and others (2020). Potential health impact of environmental micro– and nanoplastics pollution. *Journal of Applied Toxicology*, vol. 40, pp. 4–15.

Chen, H., and others (2015). Antibiotics in typical marine aquaculture farms surrounding Hailing Island, South China: occurrence, bioaccumulation and human dietary exposure. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 90, Nos. 1–2, pp. 181–187.

Cherrie, M., and others (2015). Coastal climate is associated with elevated solar irradiance and higher 25(OH)D level. *Environment International*, vol. 77, pp. 76–84.

Deeb, R., and others (2018). Impact of climate change on *Vibrio vulnificus* abundance and exposure risk. *Estuaries and Coasts*, vol. 41, No. 8, pp. 2289–2303.

Depledge, M., and others (2013). Changing views of the interconnections between the oceans and human health in Europe. *Microbial Ecology*, vol. 65, No. 4, pp. 852–859.

Depledge, M., and others (2017). Future of the sea: health and wellbeing of coastal communities. United Kingdom Government Office for Science. 2017. https://ore.exeter.ac.uk/repository/handle/10871/31606.

Depledge, M., and others (2019). Time and tide: our future health and well-being depends on the oceans.

Depledge, M., and William J. Bird (2009). The blue gym: health and wellbeing from our coasts. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 58, No. 7, p. 947.

Diaz, R.E., and others (2019). Neurological illnesses associated with Florida red tide (*Karenia brevis*) blooms. *Harmful Algae*, vol. 82, pp. 73–81.

Ercolano, G., and others (2019). New drugs from the sea: pro-apoptotic activity of sponges and algae derived compounds. *Marine Drugs*, vol. 17, No. 1, 31; https://doi.org/10.3390/md17010031.

European Commission (2000). Towards the establishment of a priority list of substances for further evaluation of their role in endocrine disruption; https://ec.europa.eu/environment/archives/docum/pdf/bkh_main.pdf.

European Economic Community (1975). *Council Directive 76/160/EEC of 8 December 1975 Concerning the Quality of Bathing Water*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex:31976L0160.

European Union (2006). *Directive 2006/7/EC Concerning the Management of Bathing Water Quality and Repealing Directive 76/160/EEC*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=celex:32006L0007&from=GA.

_____(2020). *About Seas, Oceans & Public Health in Europe*. https://sophie2020.eu/about.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2017). *Water Pollution from Agriculture: A Global Review*. Rome: FAO and Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute on behalf of the Water Land and Ecosystems research programme.

Fleming, Lora E., and others (2014). Oceans and human health: a rising tide of challenges and opportunities for Europe. *Marine Environmental Research*, vol. 99, pp. 16–19.

Fleming, Lora E., and others (2019). Fostering human health through ocean sustainability in the 21st century. *People and Nature*, vol. 1, No. 3, pp. 276–283.

Gaibor, Nikita, and others (2020). Composition, abundance and sources of anthropogenic marine debris on the beaches from Ecuador – A volunteer-supported study. *Marine Pollution* Bulletin, vol. 154, 111068; https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111068.

Galil, Bella (2018). Poisonous and venomous: marine alien species in the Mediterranean Sea and human health. In *Invasive Species and Human Health*, G. Mazza and E. Tricarico, eds., pp. 1–15. Wallingford, United Kingdom: CABI.

Galloway, Tamara S., and others (2017). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No.5, p. 0116. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116.

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. 1207–21. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.08.004.

Giles, Sarah (2013). Green space is great, but blue might be better.... 2013. http://blogs.royalsociety.org/in-verba/2013/04/09/blue_space.

Gilmer, Mary Jo, and others (2003). Youth characteristics and contextual variables influencing physical activity in young adolescents of parents with premature coronary heart disease. *Journal of Pediatric Nursing*, vol. 18, No. 3, pp. 159–168.

Goa State Pollution Control Board (GSPCB) (2019). *Annual Report 2017/18*. http://goaspcb.gov.in/Media/Default/Annual%20Report%20uploads/GSPCB_2017-2018.pdf.

Harder-Lauridsen, Nina Majlund, and others (2013). Gastrointestinal illness among triathletes swimming in non-polluted versus polluted seawater affected by heavy rainfall, Denmark, 2010–2011. *PloS One*, vol. 8, No. 11.

Harrison, Jesse P., and others (2018). Microplastic-associated biofilms: a comparison of freshwater and marine environments. In *Freshwater Microplastics*, M. Wagner and S. Lambert, eds., pp.181–201. Cham, Switzerland: Springer.

Hinder, S.L., and others (2012). Changes in marine dinoflagellate and diatom abundance under climate change. *Nature Climate Change*; https://doi.org/10.1038/NCLIMATE1388.

Hoagland, Porter, and others (2009). The costs of respiratory illnesses arising from Florida Gulf Coast *Karenia brevis* blooms. *Environmental Health Perspectives*, vol. 117, No. 8, pp. 1239–1243.

Hooyberg, Alexander, and others (2020). General health and residential proximity to the coast in Belgium: Results from a cross-sectional health survey. *Environmental Research*, vol. 184, art. 109225.

Hosomi, R., and others (2012). Seafood consumption and components for health. *Global Journal of Health Science*, vol. 4, No. 3, pp. 72–86.

Imran, Md., and others (2019). Co-selection of multi-antibiotic resistance in bacterial pathogens in metal and microplastic contaminated environments: an emerging health threat. *Chemosphere*, vol. 215, pp. 846–857.

Intergovernmental Oceanographic Commission of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO-IOC) (2017). *Global Ocean Science Report: The Current Status of Ocean Science around the World*. Luis Valdés and others, eds. Paris: UNESCO Publishing.

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2001). *Protecting the oceans from land-based activities – Land-based sources and activities affecting the quality and uses of the marine, coastal and associated freshwater environment*. Rep. Stud. GESAMP No. 71, UNEP Nairobi.

Kersting, D., and others (2020). The efficiency of full protection in MPAs. MedPAN. Marseille, France.

Keswani, Anisha, and others (2016). Microbial hitchhikers on marine plastic debris: human exposure risks at bathing waters and beach environments. *Marine Environmental Research*, vol. 118, pp. 10–19.

Konrad, S., and others (2017). Remote sensing measurements of sea surface temperature as an indicator of *Vibrio parahaemolyticus* in oyster meat and human illnesses. *Environmental Health*, vol. 16, No. 92; https://doi.org/10.1186/s12940-017-0301-x.

Kueh, C.S.W., and others (1995). Epidemiological study of swimming-associated illnesses relating to bathing-beach water quality. *Water Science and Technology*, vol. 31, Nos. 5–6, pp. 1–4.

Lancet-Editorial (2009). What is health? The ability to adapt. *Lancet,* vol. 373 (9666): 781. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60456-6.

Leonard, Anne F.C., and others (2018a). Exposure to and colonisation by antibiotic-resistant *E. coli* in UK coastal water users: Environmental surveillance, exposure assessment, and epidemiological study (Beach Bum Survey). *Environment International*, vol. 114, pp. 326–333.

Leonard, Anne F.C., and others (2018b). Is it safe to go back into the water? a systematic review and meta-analysis of the risk of acquiring infections from recreational exposure to seawater. *International Journal of Epidemiology*, vol. 47, No. 2, pp. 572–586.

Li, Hongbin, and Yi Zhu (2006). Income, income inequality and health: Evidence from China. WIDER Discussion Paper 2006/07. Helsinki: The United Nations University World Institute for Development Economics Research (UNU-WIDER). http://hdl.handle.net/10419/84654.

Lindequist, U. (2016). Marine-Derived Pharmaceuticals – Challenges and Opportunities. *Biomolecules & Therapeutics*, vol. 24, No. 6, pp. 561–571.

Liu, Huan, and others (2016). Health and climate impacts of ocean-going vessels in East Asia. *Nature Climate Change,* vol. 6, pp. 1037–1041.

Lu, J., and others (2018). Occurrence, distribution, and ecological-health risks of selected antibiotics in coastal waters along the coastline of China. *Science of the Total Environment*, vol. 644, pp. 1469–1476.

Marmot, Michael, and Richard Wilkinson, eds. (2005). *Social Determinants of Health*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198565895.001.0001.

Moore, Michael N. (2015). Do airborne biogenic chemicals interact with the PI3K/Akt/mTOR cell signalling pathway to benefit human health and wellbeing in rural and coastal environments? *Environmental Research*, vol. 140, pp. 65–75. https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.03.015.

_____(2020). Lysosomes, autophagy and hormesis in cell physiology, pathology and age-related disease. *Dose-Response*, vol. 18, No. 3. https://doi.org/10.1177/1559325820934227.

Moore, Michael N. and others (2013). Oceans and Human Health (OHH): a European Perspective from the Marine Board of the European Science Foundation (Marine Board-ESF). *Microbial Ecology*, vol. 65, No. 4, pp. 889–900. https://doi.org/10.1007/s00248-013-0204-5.

Moore, Michael N. and others (2014). *Linking Oceans and Human Health: A Strategic Research Priority for Europe.* Marine Board Position Paper 19. Ostend: European Marine Board.

Morris, J.G., Jr., and D. Acheson, (2003). Cholera and other types of vibriosis: a story of human pandemics and oysters on the half shell. *Clinical Infectious Diseases*, vol. 37, No. 2, pp. 272–280.

Mossman, B.T., and others (2007). Mechanisms of action of inhaled fibers, particles and nanoparticles in lung and cardiovascular diseases. *Particle and Fibre Toxicology,* vol. 4, No. 4; https://doi.org/10.1186/1743-8977-4-4.

Motes, M., and others (1994). Occurrence of toxigenic *Vibrio cholerae* O1 in oysters in Mobile Bay, Alabama: an ecological investigation. *Journal of Food Protection*, vol. 57, No. 11, pp. 975–980.

Myers, Gary J., and others (2015). Methylmercury exposure and developmental neurotoxicity. *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 93, pp. 132A–132B.

New South Wales Department of Planning, Industry and Environment (NSW-DPIE) (2020). *Monitoring Beach Water Quality*; www.environment.nsw.gov.au/topics/water/beaches/monitoring-beach-water-quality.

Numan, M.S., and others (2015). Impact of air pollutants on oxidative stress in common autophagy-mediated aging diseases. *International Journal of Environmental Research & Public Health*, vol. 12, pp. 2289–2305.

Nutsford, Daniel, and others (2016). Residential exposure to visible blue space (but not green space) associated with lower psychological distress in a capital city. *Health & Place*, vol. 39, pp. 70–78.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2017). Marine Protected Areas: Economics, Management and Effective Policy Mixes, OECD Publishing, Paris; https://doi.org/10.1787/9789264276208-en.

Pleijel, H., and others (2013). Surface Ozone in the Marine Environment—Horizontal Ozone Concentration Gradients in Coastal Areas. *Water Air Soil Pollution*, vol. 224, p. 1603; https://doi.org/10.1007/s11270-013-1603-4.

Powell, T.M., and others (2019). Stress and coping in social service providers after Superstorm Sandy: An examination of a postdisaster psychoeducational intervention. *Traumatology*, vol. 25, No. 2, pp. 96–103; https://doi.org/10.1037/trm0000189.

Prieto, M.D., and others (2001). Recreation in coastal waters: health risks associated with bathing in sea water. *Journal of Epidemiology & Community Health*, vol. 55, No. 6, pp. 442–447.

Ramos Vitor, and Vitor Vasconcelos (2010). Palytoxin and analogs: biological and ecological effects. *Marine Drugs*, vol. 8, No. 7, pp. 2021–37.

Robinson, Jake M., and others (2020). Let nature be thy medicine: a socioecological exploration of green prescribing in the UK. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, No. 3460; https://doi.org/10.3390/ijerph17103460.

Rodriguez, Paula, and others (2008). First toxicity report of tetrodotoxin and 5, 6, 11-trideoxyTTX in the trumpet shell *Charonia lampas* in Europe. *Analytical Chemistry*, vol. 80, No. 14, pp. 5622–5629.

Rook, Graham A. (2013). Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: an ecosystem service essential to health. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 46, pp. 18360–18367.

Ruskin, J., and others (2018). Lack of access to medical care during Hurricane Sandy and mental health symptoms. *Preventive Medicine Reports*, vol. 10, pp. 363–9.

Sachs, Jeffrey D., and others (2001). The geography of poverty and wealth. *Scientific American,* vol. 284, No. 3, pp. 70–75.

Seneviratne, Sonia I., and others (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).* Cambridge, New York: Cambridge University Press, pp. 109–230.

Sforzini, S., and others (2020). Effects of fullerene C_{60} in blue mussels: role of mTOR in autophagy related cellular/tissue alterations. Chemosphere, vol. 246:125707; https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125707.

Sheehan, Mary C., and others (2014). Global methylmercury exposure from seafood consumption and risk of developmental neurotoxicity: a systematic review. *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 92, pp. 254–269.

Silbernagel, Susan M., and others (2011). Recognizing and preventing overexposure to methylmercury from fish and seafood consumption: information for physicians. *Journal of Toxicology*, vol. 2011, ID 983072; https://doi.org/10.1155/2011/983072.

Silva, Marisa, and others (2015a). Emergent toxins in North Atlantic temperate waters: A challenge for monitoring programs and legislation. *Toxins*, vol. 7, No. 3, pp. 859–885.

Silva, Marisa, and others (2015b). First report of ciguatoxins in two starfish species: *Ophidiaster ophidianus* and *Marthasterias glacialis*. *Toxins*, vol. 7, No. 9, pp. 3740–3757.

Smith, Madeleine, and others (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current Environmental Health Reports*, vol. 5, No. 3, pp. 375–386.

South Australia Environment Protection Agency (SA-EPA) (2020). *Beach Alert*. www.epa.sa.gov.au/data_and_publications/water_quality_monitoring/beach_water_advice.

Stapleton P.A. (2019). Toxicological considerations of nano–sized plastics. *AIMS Environmental Science*, vol. 6, No. 5, pp. 367–378.

Stern, S.T., and others (2012). Autophagy and lysosomal dysfunction as emerging mechanisms of nanomaterial toxicity. *Particle and Fibre Toxicology*, vol. 9, No. 20; https://doi.org/10.1186/1743–8977–9–20.

Sullivan, A.J. (1971). Ecological effects of sewage discharge in the marine environment. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, vol. 177, No. 1048, pp. 331–351.

Takahashi, C.K., and others (2008). Ballast water: a review of the impact on the world public health. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, vol. 14, No. 3, pp. 393–408.

Tornero, V., and G. Hanke (2016). Chemical contaminants entering the marine environment from sea–based sources: a review with a focus on European seas. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 112, pp. 17–38.

Turner, A.D., and others (2015). Potential threats posed by new or emerging marine biotoxins in UK waters and examination of detection methodology used in their control: brevetoxins. *Marine Drugs*, vol. 13, No. 3, pp. 1224–1254.

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

Valotto, Gabrio, and others (2015). Environmental and traffic–related parameters affecting road dust composition: a multi–technique approach applied to Venice area (Italy). *Atmospheric Environment*, vol. 122, pp. 596–608.

Van Acker, Emmanuel, and others (2020). Aerosolizable marine phycotoxins and human health effects: in vitro support for the biogenics hypothesis. *Marine Drugs*, vol. 18, No. 1, art. 46.

Vethaak, A. Dick, and Heather A. Leslie (2016). Plastic debris is a human health issue. Environmental Science & Technology, vol. 50, No. 13, pp. 6825–26. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02569.

Vezzulli, L., and others (2016). Climate influence on Vibrio and associated human diseases during the past half–century in the coastal North Atlantic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201609157; https://doi.org/10.1073/pnas.1609157113.

Vom Saal, F.S., and others (2007). Chapel Hill bisphenol A expert panel consensus statement: integration of mechanisms, effects in animals and potential to impact human health at current levels of exposure. *Reproductive Toxicology*, vol. 24, No. 2, pp. 131–138.

Von Moos, N., and others (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science & Technology*, vol. 46, pp. 11327–11335.

Wade, Timothy J., and others (2006). Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming–associated gastrointestinal illness. *Environmental Health Perspectives*, vol. 114, No. 1, pp. 24–28.

Walker, Tony R., and others (2019). Environmental effects of marine transportation. In: *World Seas: An Environmental Evaluation*, 2nd edition, C. Sheppard, ed., Academic Press, pp. 505–530, chap. 27.

Wan, Zheng, and others (2016). Three steps to a green shipping industry. *Nature,* vol. 530, pp. 275–277.

Wheeler, Benedict W., and others (2012). Does living by the coast improve health and wellbeing? *Health & Place*, vol. 18, No. 5, pp. 1198–1201.

White, Mathew P., and others (2013). Feelings of restoration from recent nature visits. *Journal of Environmental Psychology*, vol. 35, pp. 40–51.

White, Mathew P., and others (2014). Coastal proximity and physical activity: is the coast an under–appreciated public health resource? *Preventive Medicine*, vol. 69, pp. 135–140.

Winiger, P., and others (2019). Source apportionment of circum–Arctic atmospheric black carbon from isotopes and modeling. *Science Advances*, vol. 5, No. 2, eaau8052; http://doi.org/10.1126/sciadv.aau8052.

Witten, K., and others (2008). Neighbourhood access to open spaces and the physical activity of residents: a national study. *Preventive Medicine*, vol. 47, No. 3, pp. 299–303.

Wood, Sophie L., and others (2016). Exploring the relationship between childhood obesity and proximity to the coast: a rural/urban perspective. *Health & Place*, vol. 40, pp. 129–136.

Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) (2020). *Beach Closures*. www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/pollution/beach-closures.

World Health Organization (WHO) (2003). *Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Coastal and Fresh Waters*. vol. 1. Geneva.

_____(2008). *Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure*. Geneva.

_____(2014). Gender, climate change and health. Geneva.

_____(2013). *Mercury and Health (Fact Sheet No. 361)*. Geneva.

_____(2018). *Guidelines for safe recreational water environments: Volume 1 – Coastal and Fresh Waters*, WHO, Geneva.

_____(2020). *Water Safety and Quality – Bathing Waters*. www.who.int/water_sanitation_health/water- quality/recreational/guidelines-for-safe-recreational-environments/en.

WHO-Regional Office for Europe (WHO-Europe) (1984). Health promotion: a discussion document on the concept and principles: summary report of the Working Group on Concept and Principles of Health Promotion, Copenhagen, 9–13 July 1984.

_____(2010). Parma Declaration on Environment and Health. In *Fifth Ministerial Conference on Environment and Health. Protecting Children's Health in a Changing Environment. Parma, Italy*. www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/78608/E93618.pdf?ua=1.

Wright, Stephanie L., and Frank J. Kelly (2017). Plastic and human health: a micro issue? *Environmental Science & Technology*, vol. 51, No. 12, pp. 6634–6647.

Wyles, K.J., and others (2019). Are some natural environments more psychologically beneficial than others? The importance of type and quality on connectedness to nature and psychological restoration. *Environmental Behaviour*, vol. 51, pp. 111–143.

Zanchett, Giliane, and Eduardo C. Oliveira-Filho (2013). Cyanobacteria and cyanotoxins: from impacts on aquatic ecosystems and human health to anticarcinogenic effects. *Toxins*, vol. 5, No. 10, pp. 1896–1917.

Zmirou, Denis, and others (2003). Risks associated with the microbiological quality of bodies of fresh and marine water used for recreational purposes: summary estimates based on published epidemiological studies. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, vol. 58, No. 11.

الجزء الخامس

اتجاهات الضغوط التي تتعرض لها البيئة البحرية

الفصل 9

الضغوط الناجمة عن التغيرات في المناخ والغلاف الجوي

المساهمون: كارلوس غارسيا - سوتو (عضو رئيسي ومنظم الاجتماعات)؛ ودينيس بريتبورغ، وومونيكا كامبيلوس، وباتريشيا كاستيلو - بريسينو، وسناء شيبة (عضوة رئيسية مشاركة)، وماثيو كولينز، وغانيكس إسناولا، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، ولويز ب. فيرث، وتوماس فروليشر، وجيسون م. هول - سبنسر، وديفيد هالبرن، وكارين ل. هنتر، وغابرييل إيبارا، وسونغ يونغ كيم، وروكسي م. كول، وكاثلين ماكينيس، وجون ساينز، وكا ثانه فو (عضو رئيسي مشارك)، وبيس وارد، وتايمون زيلينسكي (عضو رئيسي مشارك).

النقاط الرئيسية

- **الحوادث المناخية القصوى** – لقد ثبت أن موجات الحر البحرية والأعاصير المدارية صارت تزداد شدة بسبب الأنشطة البشرية، وهي تؤثر على الطبيعة والمجتمعات البشرية. وقد لوحظت ظواهر النينيو القصوى، ولكن بما أنها لا تحدث كثيرا، لم يُكتشف فيها تأثير للعامل بشري. ومن المتوقع أن تتزايد هذه الظواهر الثلاث في المستقبل، مع زيادة حدة الآثار الناجمة عنها أيضار، ولكن يمكن الحد من ذلك بجهود التخفيف من آثار تغير المناخ.
- **ارتفاع مستوى سطح البحر** – لقد أدت الوتيرة المثيرة للقلق التي يرتفع بها مستوى سطح البحر، إلى جانب تزايد العواصف والتوسع الحضري على السواحل، إلى زيادة تعرض المدن الساحلية للانجراف والفيضانات، وزادت الحاجة إلى استثمارات كبيرة في الهياكل الأساسية الصلبة واستعادة الحواجز الطبيعية، مثل الشعاب البحرية.
- **التحمُّض وتناقص الأكسجين في المحيطات** – إن الزيادة المتسارعة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بسبب الأنشطة البشرية تزيد من تحمُّض المحيطات وتناقص الأكسجين بها. وفي ظل هذه الظروف، عادة ما تكون الاستجابة سيئة من الكائنات العضوية البحرية التي تدعم النظم الإيكولوجية وسبل عيش البشر وتغذيته، سواء في الطبيعة أو في المختبر. وتتعرض الموائل البحرية لتناقص في التنوع، حيث يموت كثير من الكائنات الحية التي وُجدت منذ أمد بعيد، وتتكاثر أنواع أخرى لقدرتها على التكيف. ويمكن الحد من خطورة الضرر على النظم الإيكولوجية الداعمة للحياة في ظل سيناريوهات تكون فيها الانبعاثات بمستويات أدنى مما هي عليه.
- **الخصائص الفيزيائية والكيميائية الأخرى** – تؤثر التغيرات في درجة الحرارة والملوحة بالمحيطات بسبب تغير المناخ والأنشطة البشرية على النظم الإيكولوجية البحرية عن طريق تغيير توزيع الأنواع البحرية، والنقص من القيمة الإيكولوجية للنظم الإيكولوجية الساحلية، وتغيير الإنتاج الأولي البحري. وفي المحصلة، يتضرر الإنسان في رفاهه واقتصاده.

1 – مقدمة

يتناول الجزء الأول من هذا الفصل ثلاثة مواضيع في سياق الحوادث المناخية القصوى المتصلة بالمحيطات، وهي موجات الحر البحرية، وظواهر النينيو القصوى للتذبذب الجنوبي، والأعاصير المدارية. ويُنظر في الجوانب الفيزيائية لأثر تغير المناخ على تلك الظواهر والآثار المحتملة على النظم الطبيعية والبشرية. وتستند الاستنتاجات إلى تقييم أكثر تفصيلا يمكن الاطلاع عليه في الفصل 6 من التقرير الخاص الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بشأن المحيطات والغلاف الجليدي في مناخ آخذ في التغير (Special Report on Oceans and Cryosphere in a Changing Climate of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2019)).

الحادثة القصوى هي الحادثة النادرة الوقوع في مكان معين وفي وقت محدد من السنة. ولوصف "نادر" تعاريف مختلفة، ولكن الحادثة القصوى تكون عادة على نفس الدرجة من الندرة أو أكثر ندرة من المئين العاشر أو التسعين من احتمال يُقدر في ظل ما يُلاحظ في الواقع. وبحكم التعريف، يمكن أن تختلف خصائص ما يسمى بالحادثة القصوى من مكان إلى آخر بالمعنى المطلق. فعندما يستمر نمط من حالة الطقس القصوى لبعض الوقت، طيلة موسم مثلا، يمكن اعتبار ذلك حادثة مناخية قصوى، خاصة إذا نتج عنها متوسط أو

مجموع يكون في حد ذاته في درجة قصوى (مثل درجة الحرارة المرتفعة أو الجفاف أو مجموع كميات الأمطار على مدار موسم).

ويتوسع الجزء الثاني من الفصل في تناول الضغوط الناجمة عن التغيرات الحاصلة في الخواص الفيزيائية والكيميائية للمحيطات. والزيادات المتوقعة في درجة حرارة البحر عن مستوياتها لما قبل الثورة الصناعية بما يصل إلى 1,5 درجة مئوية بحلول عام 2050 ستزيد من التحولات في مستوى وفرة الأنواع البحرية بحسب خطوط العرض، بما في ذلك الأنواع ذات الأهمية بالنسبة لسبل العيش على السواحل. ويقع كثير من كبريات المدن الساحلية في مناطق دلتات، وهي عرضة للفيضانات بسبب قربها من الأنهار والبحر، ووقوعها على ارتفاعات منخفضة عموما، إضافة إلى هبوط الأرض (Nicholls and others, 2008).

وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والاحترار العالمي يسببان أيضاً في تحمُّض المحيطات وتناقص الأكسجين فيها. وتؤدي تلك التغيرات إلى عواقب تمس بمن يعتمد من الناس على النظم الإيكولوجية البحرية السليمة على صعيد العالم. وفي وقت إجراء التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017)، كانت كيمياء تحمُّض المحيطات مفهومة جيداً، غير أن عواقب ذلك على النظم الإيكولوجية والمجتمع لم تكن معروفة تمام المعرفة. وورد ضمن التوقعات أن آثار انخفاض الأكسجين على دورات المغذيات والأرصدة السمكية ستزداد سوءا، لا سيما عندما يجتمع نضوب الأكسجين الناجم عن تغير المناخ مع فرط المغذّيات الساحلية. ويرتبط انخفاض التنوع البيولوجي وحالات تقلص المجموعات السمكية بانخفاض مستويات الأكسجين في محيطات العالم. وترد هنا معلومات جديدة عن طرق استجابة الكائنات البحرية والنظم الإيكولوجية لتحمض المحيطات وتناقص الأكسجين وما يتصل بذلك في مجال بناء القدرات.

ويتناول هذا الفصل، بالاقتران مع الفصل 5، جوانب تغير المناخ من هذا التقييم. ويتعرض هذا الفصل باستفاضة للضغوط التي تتعرض لها النظم الإيكولوجية البحرية والتجمعات البشرية بسبب بعض التغيرات الفيزيائية والكيميائية الناجمة عن تغير المناخ. وترد أيضا مناقشة بعض الجوانب ذات الصلة في الفصل 7 كاف والفصل 15.

2 - الضغوط المناخية: الحوادث المناخية القصوى والضغوط الناجمة عن التغيرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمحيطات

2-1 - الحوادث المناخية القصوى

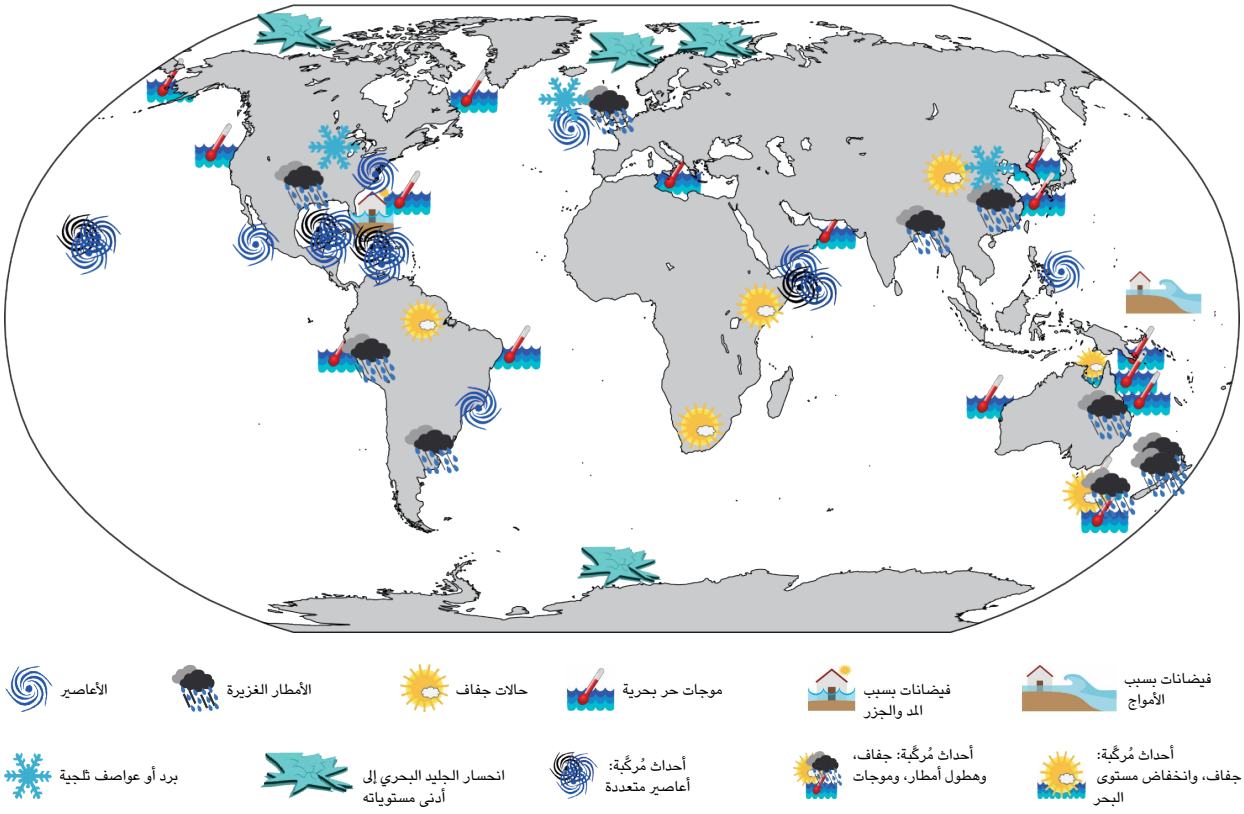
موجات الحر البحرية هي فترات تتسم بالارتفاع الشديد في درجات حرارة المحيطات وتستمر لمدة تتراوح ما بين أيام إلى أشهر، ويمكن أن تمتد على مساحة تقدر بآلاف الكيلومترات وتخترق عدة مئات من الأمتار في أعماق المحيطات (Hobday and others, 2016). وعلى مدى العقدين الماضيين، أثرت موجات الحر البحرية تأثيرا سلبيا على الكائنات البحرية والنظم الإيكولوجية البحرية في جميع أحواض المحيطات، بما في ذلك الأنواع الأساسية الحيوية من قبيل الشعاب المرجانية والأعشاب البحرية وطحالب الكيلب (Hughes and others, 2018؛ و Smale and others, 2019). وتكشف عمليات الرصد الساتلية أن موجات الحر البحرية قد تضاعف تواترها بين عامي 1982 و 2016، وأنها أصبحت أيضاً أطول أمداً وأكثر حدة وأوسع نطاقاً (Frölicher and others, 2018؛ و Oliver and others, 2018). وفي الفترة بين عامي 2006 و 2015، يُعزى 84 إلى 90 في المائة من جميع موجات الحر البحرية التي حدثت على

مستوى العالم إلى ارتفاع درجة الحرارة مقارنة بالفترة 1850–1900 (Frölicher and others, 2018).

وسوف تزداد موجات الحر البحرية من حيث تواترها ومدتها ومداها المكاني، وحدتها مع الاحترار العالمي في المستقبل (Frölicher and others, 2018؛ و Darmaraki and others, 2019)، وهو ما سيستنفد قدرة بعض الكائنات البحرية والأرصدة السمكية والنظم الإيكولوجية على الصمود، مع ما يترتب على ذلك من آثار متتالية على الاقتصادات والمجتمعات (Smale and others, 2019). وعلى الصعيد العالمي، من المرجح جداً أن يزيد تواتر موجات الحر البحرية بمعامل يناهز 50 مرة بحلول الفترة 2081–2100 في إطار سيناريو مسار التركيز التمثيلي القائم على ارتفاع الانبعاثات 8.5، وبمعامل يناهز 20 مرة في إطار سيناريو مسار التركيز التمثيلي القائم على انخفاض الانبعاثات (van Vurren and others, 2011)، مقارنة بالفترة المرجعية 1850–1900. ويمكن تفسير هذه الاتجاهات المستقبلية في تواتر موجات الحر البحرية إلى حد كبير بالزيادات في متوسط درجة حرارة المحيطات. ومن المتوقع أن تطرأ أكبر التغيرات في تواتر موجات الحر البحرية في المحيط المتجمد الشمالي والمحيطات المدارية (الشكل الأول؛ الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، 2019، الفصل 6، الشكل 6–4).

الشكل الأول

مواقع الظواهر القصوى التي لها صلة محددة بتغير المناخ الناجم عن الأنشطة البشرية



المصدر: الشكل مُقتبس من تقرير الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، (2019، الشكل 6–2).

ومن شأن الحد من الاحترار العالمي أن يقلل من مخاطر الآثار المترتبة على موجات الحر البحرية، ولكن سيتم بلوغ عتبات حرجة لبعض النظم الإيكولوجية (مثل غابات طحالب الكيلب والشعاب المرجانية) حتى في ظل مستويات منخفضة نسبياً من الاحترار العالمي في المستقبل (King and others, 2017). ويمكن لنظم الإنذار المبكر، التي تنتج تنبؤات دقيقة لموجات الحر البحرية، أن تساعد كذلك على الحد من أوجه الضعف في مجالات الصيد والسياحة والحفظ، ولكن لم تثبت فعاليتها بعد على نطاق واسع (Payne and others, 2017؛ و Tommasi and others, 2017).

وخليج ألاسكا الواقع في شمال المحيط الهادئ من أفضل الأمثلة التي تتوافر بشأنها بيانات وفيرة والتي تبين الأثر المترتب على موجة الحر البحري في مصائد الأسماك المدارة بشكل جيد. فقد أدت سخونة حدث المحيط الدافئ على مدى فترة مطوّلة إلى إضعاف الخلط المحيطي السطحي القاعي، مما أدى بدوره إلى إضعاف أعداد الأسماك الضخمة واللافقاريات والأسماك العلف، وقضى على مصائد أسماك القد في المحيط الهادئ، مما تسبب في سلسلة من الحالات المتكررة لنفوق الثدييات البحرية والطيور البحرية، كان لها تأثير قوي في الاقتصادات الساحلية.

التذبذب الجنوبي لتيار النينيو هو ظاهرة تقترن فيها العوامل الجوية بالعوامل المرتبطة بالمحيطات، يحددها التذبذب بين درجات حرارة المحيطات الدافئة والباردة في الجزء المداري وسط شرق المحيط الهادئ، وما يرتبط بذلك من تقلبات في أنماط الضغط السطحي المداري وشبه المداري على النطاق العالمي. وعادة ما يكون لهذه الظاهرة مقياس زمني مفضل يتراوح بين سنتين وسبع سنوات. وغالبا ما تقاس باستخدام الفرق في شذوذ الضغط السطحي بين تاهيتي، في بولينيزيا الفرنسية، وداروين، في أستراليا، و/أو درجات حرارة سطح البحر في وسط وشرق المحيط الهادئ الاستوائي (Rasmussen and Carpenter, 1982). وهذه الظاهرة لها آثار مناخية في جميع أنحاء منطقة المحيط الهادئ وفي أجزاء أخرى كثيرة من العالم، من خلال عوامل الاتصال عن بُعد على الصعيد العالمي. وتسمى المرحلة الدافئة من التذبذب "النينيو"، أما المرحلة الباردة فتسمى "النينيا".

وقد سُجلت أقوى أحداث النينيو والنينيا منذ عصر ما قبل الصناعة خلال الخمسين سنة الماضية، وهذا التباين مرتفع بشكل غير عادي إذا قورن بمتوسط التباين خلال الألفية الأخيرة (Cobb and others, 2013؛ و Santoso and others, 2017). وقد وقعت ثلاث حوادث من ظواهر النينيو الشديدة خلال فترة الرصد الحديثة (1982/1983، 1997/1998، 2015/2016)، وتتسم جميعها بتساقط الأمطار بشدة في المنطقة الاستوائية من شرق المحيط الهادئ التي تتسم عادة بجفافها. وسُجل حادثتان من ظاهرة النينيا الشديدة (1988/1989، 1998/1999).

ومن المرجح أن يزداد تواتر حوداث النينيو والنينيا الشديدة بموازاة مع الاحترار العالمي، ومن المرجح أن تزيد من حدة الآثار القائمة، فتؤدي بذلك إلى زيادة في الجفاف أو الرطوبة في عدة مناطق في جميع أنحاء العالم، حتى في سياق حدوث مستويات منخفضة نسبيا من الاحترار العالمي في المستقبل (Cai and others, 2014؛ و Cai and others, 2015؛ و Power and Delage, 2018).

ويمكن استخدام الرصد المستمر على المدى الطويل وتحسين التوقعات في إدارة مخاطر أحداث النينيو والنينيا الشديدة المرتبطة بصحة الإنسان والزراعة ومصائد الأسماك والشعاب المرجانية وتربية الأحياء المائية وحرائق الغابات والجفاف وإدارة الفيضانات (L'Heureux and others, 2017).

الإعصار المداري هو المصطلح العام المستخدم للإشارة إلى الاضطرابات القوية والحلزونية الشديدة التي يكون منشأها محيط المنطقة المدارية. واستنادا إلى الرياح المستمرة بسرعة قصوى لمدة دقيقة واحدة، تصنف هذه الاضطرابات الحلزونية إلى انخفاضات مدارية (أقل من أو يساوي 17 متر في الثانية)، وعواصف مدارية (18–32 متر في الثانية)، وأعاصير مدارية (أكثر من أو يساوي 33 متر في الثانية، الفئات 1 إلى 5) (Knutson

and others, 2010). ويسمى الإعصار المداري زوبعة (hurricane) أو طوفان (typhoon) أو إعصارا حلزونيا (cyclone)، حسب الموقع الجغرافي.

وقد أدى تغير المناخ البشري المنشأ إلى تزايد معدلات التهطال والرياح وإلى أحداث شديدة متعلقة بمستوى سطح البحر ترتبط بعدد من الأعاصير المدارية التي جرى رصدها. فعلى سبيل المثال، أظهرت الدراسات أن معدل هطول الأمطار الناجمة عن إعصار (زوبعة) هارفي المداري(ة) زاد بنسبة 8 في المائة على الأقل (8-10 في المائة بسبب تغير المناخ (Risser and Wehner, 2017). وربما ساهم تغير المناخ البشري المنشأ في توجه الأعاصير المدارية الأكثر شدة نحو القطب في الجزء الغربي من شمال المحيط الهادئ في العقود الأخيرة، وهو ما يتصل بالتوسع المداري الذي فرضته الأنشطة البشرية (Sharmila and Walsh, 2018). وهناك أدلة ناشئة على حدوث عدد من التغيرات الإقليمية في سلوك الأعاصير المدارية، مثل زيادة النسبة السنوية العالمية للأعاصير المدارية من الفئة 4 أو 5 في العقود الأخيرة، والأعاصير المدارية الشديدة للغاية التي تحدث في بحر العرب، والأعاصير التي وصلت إلى اليابسة في شرق وجنوب شرق آسيا، وزيادة في تواتر حدوث المد العاصفي المتوسط النطاق في الولايات المتحدة الأمريكية منذ عام 1923، وانخفاض في وتيرة الأعاصير المدارية الشديدة التي تصل إلى اليابسة في شرق أستراليا منذ أواخر القرن التاسع عشر. وهناك تدني في درجة التأكد من أن هذه الأحداث تمثل إشارات بشرية المنشأ يمكن كشفها. وقد زادت الارتفاعات القصوى للأمواج، التي تسهم في حالات الارتفاع الشديد لمستوى سطح البحر، والتحات الساحلي والفيضانات، في المحيط الجنوبي وشمال \المحيط الأطلسي بنحو 1,0 سم سنويا و 0,8 سم سنوياً على مدى الفترة 1985-2018 (Young and Ribal, 2019).

ومن المتوقع أن يؤدي ارتفاع درجة الحرارة العالمية بمقدار درجتين مئويتين إلى زيادة في متوسط شدة الأعاصير المدارية، ومتوسط معدلات التهطال المرتبطة بها، على الرغم من تدني درجة التأكد بشأن التغيرات المستقبلية في التواتر على النطاق العالمي (Yamada and others, 2017). وسيساهم ارتفاع مستويات سطح البحر في زيادة الارتفاع الشديد لمستوى سطح البحر المرتبط بالأعاصير المدارية في المستقبل (Garner and others, 2017). وتشير الإسقاطات إلى أن نسبة الأعاصير المدارية من الفئة 4 و 5 ستزداد (Knutson and others, 2015؛ و Park and others, 2017). وستؤثر هذه التغيرات على تواتر المد العاصفي وشدته، وكذلك على الهياكل الأساسية ومعدل الوفيات في المناطق الساحلية.

والاستثمار في الحد من مخاطر الكوارث، وإدارة الفيضانات (بالسبل القائمة على النظم الإيكولوجية والأعمال الهندسية) ونظم الإنذار المبكر هي أمور تحد من الخسائر الاقتصادية الناجمة عن الأعاصير المدارية التي تحدث بالقرب من السواحل والجزر. غير أن هذه الاستثمارات قد تعوقها محدودية القدرات المحلية (من قبيل قِدم البنى التحتية والعوامل غير المناخية الأخرى)، التي يمكن أن تتسبب على سبيل المثال في زيادة الخسائر والوفيات الناجمة عن الرياح الشديدة والمد العاصفي في البلدان النامية على الرغم من جهود التكيف. وهناك أدلة ناشئة على تزايد المخاطر التي تهدد المناطق التي تتأثر بالمسارات غير المسبوقة للعواصف. وإدارة المخاطر الناجمة عن تغير مسارات العواصف وشدتها على هذا النحو تشكل تحدياً بسبب صعوبات تنفيذ نظم الإنذار المبكر وتقبل السكان المتضررين لها.

2-2 - ارتفاع مستوى سطح البحر والمدن

تتزايد إمكانية تعرض المدن الساحلية والمدن الواقعة في الدول الأرخبيلية والجزرية للتحات وارتفاع مستوى سطح البحر (De Sherbinin and others, 2007؛ و Hanson and others, 2011؛ و Takagi and others, 2016). ويضم العديد منها مساحات كبيرة من الأراضي المستصلحة (اليابسة المكتسبة من البحر أوالأراضي الرطبة أو غيرها من الكتل المائية)، التي يجري حفظها وحمايتها من التحات باستخدام هياكل هندسية صلبة من قبيل الجدران البحرية والدروع

الصخرية (Sengupta and others, 2018). ومن المرجح أن العديد من هذه السواحل المعززة بالأعمال الهندسية ستحتاج إلى التكييف والتحديث لمواكبة ارتفاع مستويات سطح البحر. وفي البيئات التي يغلب عليها الطابع الحضري والتي تكون في كثير من الأحيان قد تعرضت للتدهور الشديد بالفعل، تكون الهياكل الهندسية الصلبة في كثير من الأحيان هي الخيار الوحيد المتاح وتعتبر خيارات ناجحة (Hallegatte and others, 2013؛ و Hinkel and others, 2014)، ولكن هناك مجموعة واسعة من الآثار السلبية الأوسع نطاقا لهذه الهياكل على البيئة المحيطة (Dafforn and others, 2015). وعلى الصعيد العالمي، تدّعي مناطق كثيرة (وخاصة المدن) أن أكثر من 50 في المائة من سواحلها معززة (انظر على سبيل المثال Chapman, 2003؛ وBurt and others, 2013)، ومن المرجح أن يرتفع هذا العدد في المستقبل نتيجة لازدهار الاقتصادات، وتزايد السكان في المناطق الساحلية والتوسع الحضري (انظر على سبيل المثال خطط استصلاح سواحل ولايتين ماليزيتين بأكملهما في Chee and others, 2017).

والنظم الإيكولوجية الطبيعية الساحلية، من قبيل المانغروف ومستنقعات المياه المالحة، يمكن أن تكون قدر الإمكان بديلا للدفاعات الساحلية المهندَسة الصلبة، التي يمكن أن يكون إنشاؤها معقدا ومكلِّفا، وينبغي أن تستخدم كحواجز طبيعية، أو أن تستخدم بالاقتران مع الهياكل الأساسية الصلبة باتباع نُهُج مختلطة. (Temmerman and others, 2013). واستخدام هذه النظم الإيكولوجية لن يقتصر على حماية الأرض بل يمكن أن يتيح أيضا الوظائف والخدمات القيمة التي توفرها النظم الإيكولوجية.

وبما أن الدفاعات الساحلية المهندَسة الصلبة يمكن اعتبارها حلاً فعالاً قصير الأجل للفيضانات الساحلية، فإن الأمر يتطلب المزيد من الاستثمار بسبب تزايد قوة العواصف وارتفاع مستوى سطح البحر (Mendelsohn and others, 2012؛ و Vitousek and others, 2017). وبحلول عام 2010، كانت الحسابات تشير إلى أن المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر يزيد على مستوى عام 1993 بمقدار 52,4 مم، وبحلول عام 2018، كان هذا المتوسط قد ارتفع إلى 89,9 مم فوق مستوى عام 1993 (الإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي، 2019). ومعدل التغير آخذ في الازدياد أيضا. وبالنسبة للفترة من 1993 إلى 2018، أفادت عمليات حساب معدل الزيادة أنه يبلغ 3,2 مم في السنة، أما بالنسبة للفترة من 2010 إلى 2018، فقد أفادت عمليات الحساب التي أجريت لمعدل الزيادة أنه أسرع من ذلك بكثير، حيث بلغ 4,7 مم في السنة. وعلى الرغم من أوجه عدم اليقين الكبيرة المتبقية، يتوقع الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ أن يستمر ارتفاع مستوى سطح البحر لقرون، حتى لو اتُخذت تدابير للتخفيف من آثار تغير المناخ. وقد يؤدي الانهيار المحتمل الواسع النطاق للجروف الجليدية إلى ارتفاع أكبر في مستوى سطح البحر في القرن الحادي والعشرين يصل إلى عدة أعشار المتر (Church and others, 2013)، مما سيكون له عواقب وخيمة على المدن الساحلية والمدن الواقعة في المناطق الأرخبيلية والجزر الصغيرة، ولا سيما تلك الموجودة في المناطق المنخفضة.

غير أن التوسع الحضري يمكن أن يتيح أيضا فرصا للحد من المخاطر، نظرا لأن المدن هي بمثابة محركات للنمو الاقتصادي ومراكز للابتكار والاهتمام السياسي واستثمارات القطاع الخاص (Garschagen and Romero-Lankao, 2015). وقد أجرى هالغات وآخرون (2013) Hallegatte and others تحليلاً عالمياً للخسائر الحالية والمستقبلية في أكبر 136 مدينة ساحلية. وتوقع الباحثون أن تزداد الخسائر الناجمة عن الفيضانات العالمية من متوسط قدره ٦ بلايين دولار سنوياً في عام 2005 إلى تريليون دولار بحلول عام 2050، مع توقع حدوث تغير اجتماعي - اقتصادي وتغير مناخي وهبوط أرضي. وحتى لو ظلت الاستثمارات في إجراءات التكيف ثابتة، فإن احتمال حدوث الفيضانات والهبوط الأرضي وارتفاع مستوى سطح البحر سيزيد من خسائر الفيضانات العالمية إلى ما بين 60 و 63 بليون دولار سنوياً في عام 2050. ووجدت الدراسة

نفسها أن البلدان النامية معرضة بشكل خاص لمخاطر الفيضانات، مع انخفاض أكبر بكثير في الاستثمار الموجه إلى تدابير الحماية من الفيضانات (Hallegatte and others, 2013).

دراسة حالة إفرادية: روتردام

تتخذ المدن المنخفضة في هولندا، وهي بلد ظل لفترة طويلة رائدا في مجال استصلاح الأراضي والتكيف مع تغير المناخ، نهجا متعدد الجوانب لمعالجة مشكلة ارتفاع مستوى سطح البحر. فعلى سبيل المثال، يقوم نظام التكيف في روتردام على نظام دفاعي ضد الفيضانات وارتفاع مستوى سطح البحر (C40 Cities, 2019) يتكون من حاجز مايسلنت المرن للتصدي للمد العاصفي (Maeslantkering)، وكثبان رملية دائمة على طول الساحل وحواجز صخرية على طول الأنهار، مع اتباع نهج مصمم خصيصا للفصل بين "الجزء الموجود إلى الداخل من الحواجز/الجزء الموجود إلى الخارج من الحواجز". ويتكون جزء المدينة الموجود إلى الداخل من الحواجز، والذي يوجد معظمه تحت مستوى سطح البحر، من نظام من الأراضي المنخفضة التي يتم تصريف المياه منها بواسطة منافذ المياه والمضخات ويكون محميا بحواجز ثانوية أصغر حجما. أما جزء المدينة الموجود إلى الخارج من الحواجز (3-5,5 أمتار فوق مستوى سطح البحر)، ويبلغ عدد سكانه 40 000 نسمة، فهو معرض لارتفاع مستوى سطح البحر أو للفيضانات المؤقتة الأقل شدة. ويجري تكييفه من خلال استخدام التكنولوجيات المبتكرة (مثل المباني العائمة) والنهج الأكثر تقليدية (مثل عزل واجهات المباني ورفع التجهيزات الكهربائية).

2-3 - الضغوط الناجمة عن التغيرات في درجة الحرارة

سيستمر احترار المحيطات الناجم عن تغير المناخ البشري المنشأ لعدة قرون بعد تثبيت العوامل البشرية المتسببة في حدوثه (IPCC, 2019). وسيؤثر على النظم الإيكولوجية البحرية من خلال زيادة الضغوط التراكمية الناجمة عن تغير المناخ وكثافة الأنشطة البشرية، كما أنه يؤثر في خصائص المحيطات الأخرى، من قبيل الملوحة ودورات المغذيات أو الكربون، بسبب الترابط القائم بين جميع هذه العمليات.

وتختلف الحساسية البيولوجية القائمة على درجات الحرارة فيما بين مختلف أنواع الكائنات وتتأثر بخصائص المحيطات الأخرى. فعلى سبيل المثال، كشف تحليل للاتجاهات الطويلة الأجل في الإنتاج الأولي فيما يتعلق بالأنواع غير القاعية أن ارتفاع درجات حرارة المحيطات الذي يؤدي إلى تعزيز التطبق والحد من نسبة المغذيات وإحداث تحولات نحو العوالق النباتية الصغيرة، سيكون له أكبر تأثير على خفض تدفق الكربون العضوي الجسيمي إلى أعماق المحيطات (Boyd and others, 2016و Fu and others, 2016). ويُتوقع حدوث انخفاضات في تدفق الكربون العضوي الجسيمي عند خطوط العرض المنخفضة والمتوسطة، ولكن من الممكن حدوث زيادات عند خطوط العرض العليا، ترتبط بانخفاض في الغطاء الجليدي البحري (Sweetman and others, 2017 و Yool and others, 2017 و Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)).

ويشير التقرير الخاص للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ لعام 2018 المعنون الاحترار العالمي بمقدار 1،5 درجة مئوية إلى أن النظم الإيكولوجية للمحيطات تشهد بالفعل تغيرات واسعة النطاق، ومن المتوقع أن تصل إلى عتبات حرجة عند بلوغ 1,5 درجة مئوية ومستويات أعلى من الاحترار العالمي. ومن المتوقع أن تدفع التغيرات في درجات حرارة المياه بعض الأنواع (مثل العوالق والأسماك) إلى الانتقال إلى خطوط العرض الأعلى فتتسبب بذلك في تجمع نظم إيكولوجية جديدة (Jonkers and others, 2019).

وتؤثر الزيادة في درجات الحرارة تأثيرا مباشرا على المجتمعات الساحلية، ليس فقط من حيث الآثار المترتبة على النظم الإيكولوجية البحرية الساحلية، ولكن أيضا على السلع والخدمات التي توفرها هذه النظم الإيكولوجية

(Worm and others, 2006؛ و Pendleton and others, 2016). وتشمل هذه السلع والخدمات، على سبيل المثال، عدد مصائد الأسماك المستدامة، وتوفير وظائف الحضانة وخدمات الرشح التي تتيحها الأراضي الرطبة الساحلية (Cochard and others, 2008؛ و Barange and others, 2018). والشعاب المرجانية هي أحد النظم الإيكولوجية الساحلية التي تتأثر بشدة باحترار المحيطات، ويمكن لظاهرة ابيضاض المرجان أن تؤثر ليس فقط على الحياة البحرية ولكن أيضا على السياحة البحرية.

وتؤثر التغيرات في درجة الحرارة والملوحة أيضا على رفاه الإنسان (الغذاء والصحة). وفيما يتعلق بالأمن الغذائي، تعد الأسماك من أكثر الأطعمة استهلاكاً في العالم، وهي عنصر رئيسي في النظام الغذائي الصحي، بسبب ما تحتوي عليه من البروتينات والأحماض الدهنية والفيتامينات وغيرها من العناصر الضرورية للصحة (Hilmi and others, 2014). ويمكن أن يقلل تغير المناخ من توافر الأغذية البحرية (Golden and others, 2016) وبالتالي، من إمدادات البروتين للمجتمعات الساحلية بشكل عام (Blanchard and others, 2017). وسيكون لذلك تأثير قوي على المجتمعات التي تعتمد اعتمادا كبيرا على الأغذية البحرية، بما في ذلك مجتمعات الشعوب الأصلية وغيرها من المجتمعات الساحلية.

ومن المرجح أيضا أن تحدث زيادة في انتشار الأمراض وانتقالها بموازاة مع ارتفاع درجات حرارة المحيطات. ويمكن أن يزيد احترار المحيطات من خطر الأمراض المنقولة بالمياه وأن يؤدي إلى تكاثر الطحالب السامة (انظر الفصل 6-أ)، مما يؤثر على سكان واقتصادات المناطق المتأثرة. فعلى سبيل المثال، من المتوقع أن يتسارع نمو العامل المُمرض البكتيري ضمات الكوليرا (Vibrio cholerae) بسبب الزيادة في درجات حرارة المحيطات (Semenza and others, 2017).

4-2 - الضغوط الناجمة عن التغيرات في كيمياء المحيطات

يؤدي امتصاص المحيطات لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون إلى تغير سريع في كيمياء مياه البحر في عملية تعرف باسم تحمض المحيطات (انظر الفصل 5). ومع تزايد الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون في مياه البحر، فإنه يتسبب في انخفاض حالة التشبع بالكربونات إلى ما دون المستويات المناسبة للأصنوفات ذات الأهمية العالمية لتكوين الشعاب (Albright and others, 2018). ومعظم الشعاب المرجانية (الضحلة والعميقة) معرضة للتضرر من ارتفاع درجات تركيز ثاني أكسيد الكربون (Lam and others, 2019). ويتسبب تحمض المحيطات في تناقص العمق الذي تكون فيه مياه البحر ذات تأثير تآكلي على الكربونات، مما يهدد الشعاب المرجانية الموجودة في المياه العميقة في جميع أنحاء العالم من خلال الانحلال والتآكل البيولوجي المكثف (Gómez and others 2018). ويؤدي اقتران تحمض المحيطات بالاحترار وارتفاع مستوى سطح البحر وزيادة شدة العواصف إلى الحد من قدرة الشعاب المرجانية على الصمود على نطاق عالمي وتفاقم تدمير الشعاب المرجانية. ويشهد القطب الشمالي اتساع سريع في الرقعة التي تسبب فيها مياه البحر السطحية تآكل الكائنات الحية الجيرية (Brodie and others 2014).

وقد يؤثر تحمض المحيطات في جميع أشكال الحياة البحرية، وذلك مثلاً من خلال التغيرات التي تطرأ على التعبير الجيني والفسيولوجيا والتكاثر والسلوك (Riebesell and Gattuso, 2015 و IPCC, 2019). وبين عامي 2005 و 2009، أدى تحمض المحيطات إلى تهديد صناعة تربية الأحياء المائية من الصدفيات التي تقدر قيمتها بمبلغ 270 مليون، والتي توفر 3 200 فرصة عمل سنويا في في ولاية واشنطن، الولايات المتحدة الأمريكية. فقد ماتت بلايين المحارات في المفرخات لأن مياه البحر أصبحت تسبب تآكل أصداف اليرقات (Ekstrom and others, 2015). وبالإضافة إلى التأثيرات السلبية

للتحمض على تكلّس العوالق النباتية والحيوانية، فإنه يمكن أن يقلل من القيمة الغذائية للأغذية البحرية.

ويؤثر تحمض المحيطات أيضا على خصائص النظم الإيكولوجية ووظائفها وخدماتها. وبعض مجموعات الكائنات الحية قادرة على التكيف بشكل جيد مع البيئات الحمضية، ولكن العديد من الأصنوفات ليست كذلك (Agostini and others, 2018). ولدى العديد من أنواع الطحالب القدرة على تحمّل مستويات تحمض المحيطات المتوقعة في إطار السيناريو 8.5 الذي وضعه الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، ومع ذلك فإن التحولات التي تطرأ في تكوين التجمعات تغير كثيراً موائل الأعشاب البحرية (Brodie and others 2014؛ و Enochs and others, 2015). وتوافر الكربون بشكل متزايد يحفز الإنتاج الأولي ويمكن أن يزيد المخزون الدائم من طحلب الكيلب والأعشاب البحرية (Russell and others, 2013؛ وLinares and others, 2015؛ و Cornwall and others, 2017)، وإن كانت الطحالب الدقيقة وطحالب طبقات التربة العليا تهيمن على المياه الحمضية في البيئات المكشوفة (Agostini and others, 2018؛ و Connell and others, 2018).

وقد أظهرت الأبحاث في التسربات البحرية الطبيعية من ثاني أكسيد الكربون أن هناك انخفاضاً بنسبة تناهز 30 في المائة في التنوع البيولوجي على مستوى الكائنات الحيوانية الكبيرة بموازاة مع انخفاض متوسط الرقم الهيدروجيني من 8,1 إلى 7,8 (Agostini and others, 2018؛ و Foo and others, 2018). ويرجع ذلك إلى الآثار المباشرة من قبيل زيادة التكاليف الأيضية للتعامل مع فرط ثاني أكسيد الكربون، أو الآثار غير المباشرة مثل زيادة القابلية للافتراس (Sunday and others, 2017). وتنمو بعض الشعاب المرجانية بشكل جيد في مياه البحر التي ترتفع فيها درجات تركيز ثاني أكسيد الكربون، ولكن الموائل التي تشكلها هذه الشعاب تفتقر إلى التنوع لأن الشعاب المرجانية تتدهور بسبب تحمض المحيطات نتيجة للانحلال الكيميائي وزيادة التآكل البيولوجي، مما يسبب تحولا إلى نظم إيكولوجية أقل تنوعا. ويستعرض الفصل 7-دال أيضاً آثار تحمض المحيطات على الشعاب المرجانية. وتؤدي الآثار المزدوجة لزيادة ثاني أكسيد الكربون وانخفاض الكربونات إلى تغير في التفاعلات المتعلقة بسلسلة الغذاء. ويسهم انخفاض وفرة وحجم الكائنات العاشبة الجيرية في فرط نمو طحالب طبقات التربة العليا العشبية وتبسيط الشبكات الغذائية، مع ما يترتب على ذلك من خسائر في التنوع الوظيفي (Vizzini and others, 2017؛ و Teixidó and others, 2018).

ويؤدي الضرر الناجم عن تحمض المحيطات إلى تقليل حماية السواحل وتقليل موائل التنوع البيولوجي ومصائد الأسماك (Hall-Spencerand Harvey, 2019). وقد تقلص غطاء المرجانيات الحية على الشعاب المرجانية المدارية بمقدار النصف تقريبا في السنوات الـ 150 الماضية، مع تسارع هذا التقلص على مدى العقدين الماضيين بسبب ارتفاع درجة حرارة المياه وتحمض المحيطات، مما أدى إلى تفاقم العوامل الأخرى المسببة لفقدان الشعاب المرجانية. وعندما يقترن تحمض المحيطات بارتفاع درجات الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر وتزايد الظواهر المناخية الشديدة، فإن تحمض المحيطات يشكل كذلك تهديدا للسلع والخدمات التي توفرها النظم الإيكولوجية الساحلية. وهذا أمر مهم بشكل خاص بالنسبة للسكان الذين يعتمدون بشكل كبير على الموارد البحرية لأغراض الحماية والتغذية والعمالة والسياحة (Lam and others, 2019).

والإجراءات المقترحة لتقليل آثار تحمض المحيطات وبناء القدرة على الصمود تتوخى في المقام الأول خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ولكنها تشمل أيضاً: الحد من التلوث وغيره من عوامل الإجهاد (من قبيل الصيد المفرط وإلحاق الضرر بالموائل)؛ وزراعة الأعشاب البحرية واستعادة الحشائش البحرية؛ ومعالجة المياه (مثلاً بالنسبة لتربية الأحياء المائية عالية القيمة)؛ وتكييف الأنشطة البشرية من قبيل تربية الأحياء المائية؛

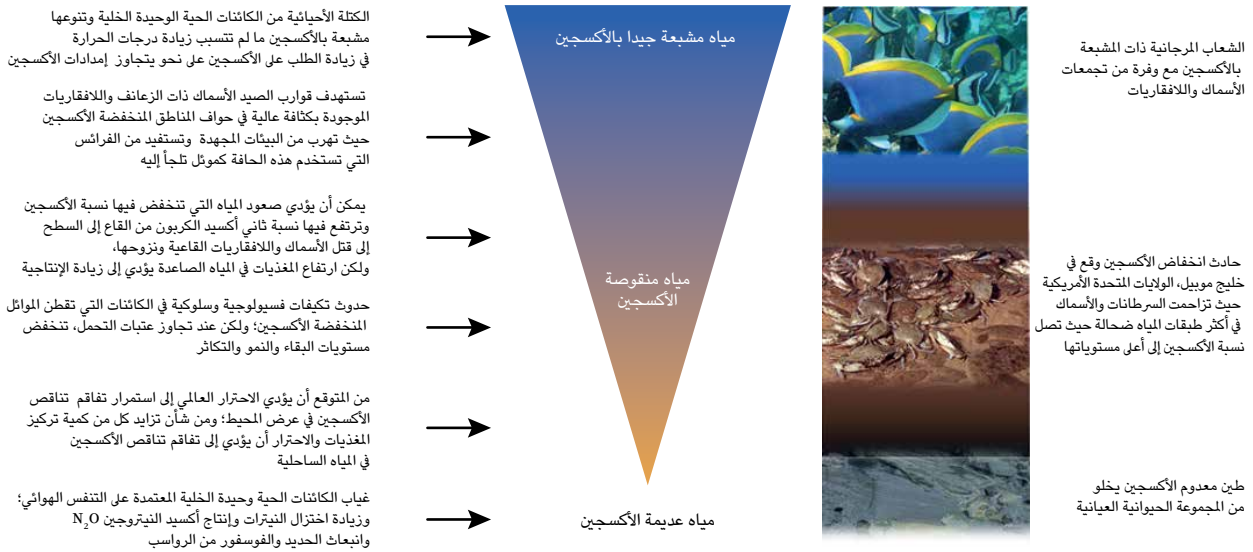
وإصلاح النظم الإيكولوجية المتضررة (Cooley and others, 2016) بسبل منها مثلا تجديد الحياة البحرية في المحيط.

وفيما يتعلق بتناقص الأكسجين، منذ منتصف القرن العشرين، فقدت المحيطات (بما في ذلك المياه الساحلية مثل مصبات الأنهار والبحار شبه المغلقة) حوالي 2 في المائة، أو أكثر من 150 بليون طن، من إجمالي محتوياتها من الأكسجين (Schmidtko and others, 2017) وأفيدَ بأن أكثر من 600 من الكتل المائية الساحلية قد بلغت درجات تركيز الأكسجين فيها أقل من 2 ملغم لكل لتر (Diaz and Rosenberg, 2008؛ و Breitburg and others, 2018). ومن المتوقع أن يتسبب تغير المناخ في مزيد من انخفاض الأكسجين في العديد من النظم الساحلية التي يكون فيها تناقص الأكسجين ناجما بشكل رئيسي في الوقت الراهن عن وجود فائض في العرض من المغذيات البشرية المنشأ. ويشكل تناقص الأكسجين على هذا النحو مصدر قلق كبير لأن الأكسجين أساسي للحياة في المحيطات (الشكل الثاني؛ Laffoley and Baxter, 2019). فهو يقيد الإنتاجية والتنوع البيولوجي، وينظم الدورات العالمية للمغذيات والكربون، وهو ضروري لبقاء فرادى الكائنات الحية (Breitburg and others, 2018). وعندما يكون الأكسجين كافياً، فإنه لا يقيّد أو يؤثر سلبا في فسيولوجيا الكائنات الحية التي تعتمد على التنفس الهوائي (أي تستخدم الأكسجين) وسلوكها وتفاعلاتها الإيكولوجية. وتعتبر المياه منخفضة الأكسجين عندما تكون مستويات الأكسجين فيها غير كافية، فيؤدي ذلك إلى إضعاف هذه العمليات. وتستخدم قيمة العتبة المحددة في 2 ملغم من الأكسجين المذاب لكل لتر غالبا لتحديد حالة انخفاض الأكسجين، ولكن درجة تركيز الأكسجين أو التشبع به التي تضعف عندها عمليات الحياة تختلف اختلافا كبيرا بين الأنواع والعمليات والموائل وتتأثر بدرجات الحرارة.

ومع انخفاض محتوى الأكسجين في المياه، يتم تحويل جزء متزايد من الإنتاج إلى ميكروبات (Diaz and Rosenberg, 2008؛ و Wright and others, 2012). وتتغير الشبكات الغذائية بسبب تغير معدلات المصادفة لدى الافتراس واختلاف آثار انخفاض الأكسجين في كفاءة تغذية الحيوانات المفترسة وسلوكيات هروب الفريسة باختلاف الأنواع. ويمكن أن يزيد نقل الطاقة إلى الحيوانات القادرة على تحمل ذلك، من قبيل الأنواع الجيلاتينية (Keister and Tuttle, 2013). ويمكن أن ينخفض دور الرؤية (McCormick and Levin, 2017) ودور أكل اللحوم (Sperling and others, 2016) في المناطق المنخفضة الأكسجين لأن هذه الأنشطة تستهلك الطاقة بقدر كبير. وعلى النقيض من ذلك، يمكن أن يشتد الافتراس فوق المناطق المنخفضة الأكسجين حيث تضطر الكائنات التي تعتمد على الرؤية في غذائها إلى ولوج مياه ضحلة ذات مستويات إضاءة أعلى (Koslow and others, 2011).

الشكل الثاني

تحكم نسبة الأكسجين في العمليات البيولوجية والبيوجيوكيميائية في عرض المحيط والمياه الساحلية



المصدر: الشكل معدل من Breitburg and others, 2018.

ملاحظات: الأكسجين هو عامل تحكم قوي في العمليات البيوجيوكيميائية في عرض المحيط والمياه الساحلية. وسواء تغيرت أنماط الأكسجين على امتداد المكان، كما هو الحال مع العمق، أو بمرور الوقت، فكلما أصبحت آثار المغذيات والاحترار أكثر وضوحا، انخفض التنوع البيولوجي والكتلة الأحيائية والإنتاجية مع انخفاض مستويات الأكسجين. (في الأعلى) الشعاب المرجانية ذات المشبعة بالأكسجين مع وفرة من تجمعات الأسماك واللافقاريات. (في الوسط) حادث انخفاض الأكسجين وقع في خليج موبيل، الولايات المتحدة الأمريكية، حيث تزاحمت السرطانات والأسماك في أكثر طبقات المياه ضحالة حيث تصل نسبة الأكسجين إلى أعلى مستوياتها. (في الأسفل) طين معدوم الأكسجين يخلو من المجموعة الحيوانية العيانية.

ومن المتوقع أن يؤثر انخفاض أكسجين المحيط تأثيرا سلبيا على مجموعة واسعة من العمليات البيولوجية والإيكولوجية. غير أن حجم الآثار سيختلف باختلاف الأنواع والعمليات، ومن غير المؤكد ما إذا كان هناك تناسب مباشر بين حجم الاستجابات ودرجة انخفاض الأكسجين. وتتوقف بعض آثار انخفاض الأكسجين على التعرض المباشر داخل المياه المنخفضة الأكسجين، بينما تنطوي آثار أخرى على حركة الكائنات والمواد (المغذيات والمواد العضوية وغازات الدفيئة) بين المواقع التي يختلف فيها محتوى الأكسجين، وهناك أيضا آثار أخرى تعتمد في المقام الأول على مستويات الأكسجين في مواقع معينة تتسم بأهمية حاسمة بالنسبة لأنواع معينة أو مرحلة معينة من مراحل الحياة. وتنطوي العديد من الاستجابات على وجود عتبة لمستويات الأكسجين لا يمكن الحفاظ على الوظائف البيولوجية عندها.

وتميل الكتلة الأحيائية وتنوع الكائنات الحية وحيدة الخلية إلى الانخفاض ويتغير تكوين الأنواع مع انخفاض الأكسجين (Gallo and Levin, 2016). ومع اتساع رقعة المياه المنخفضة الأكسجين، يمكن للأنواع القادرة على تحمل ذلك أن تزيد من نطاق العمق الذي تتحرك فيه، بينما ينكمش نطاق عمق الأنواع الأكثر حساسية (Sato and others, 2017). وتعكس الوفرة النسبية للأنواع داخل النظم الاختلاف بين الأنواع في تحملها لانخفاض الأكسجين وغيره من العوامل الإجهادية المشتركة (Koslow and others, 2018). ويمكن أن تصل بعض الكائنات الحية، بما في ذلك القشريات والأسماك القادرة على التكيف مع البيئات المنخفضة الأكسجين، إلى نسب كثافة عالية جداً في المناطق المنخفضة الأكسجين (Pineda and others, 2016؛ Gallo and others, 2019). ومع ذلك، ففي الموائل التي تتسم في حالتها الطبيعية بانخفاض في الأكسجين مثل مناطق الحد الأدنى من الأكسجين، يمكن أن تؤدي حتى التغيرات الصغيرة جدًا (التي تمثل أقل من 1 في المائة من محتوى الأكسجين الموجود في المياه السطحية المشبعة بالأكسجين)

إلى استبعاد أنواع كان من الممكن أن تصبح وفيرة لولا ذلك (Wishner and others, 2018).

ويمكن أن يؤدي التعرض المزمن للظروف التي يكون الأكسجين فيها دون المستوى الأمثل إلى تقليل النمو (Thomas and others, 2019) والتكاثر (Thomas and others, 2015). وتشير النماذج العددية إلى أن هذه الآثار المزمنة يمكن أن تؤدي إلى انخفاض في أعداد الأنواع مع مرور الوقت (Rose and others 2018) حتى عندما لا يكون هناك نفوق مباشر ناجم عن انخفاض الأكسجين. وقد أفيد بحدوث زيادة لدى مجموعة من الفقاريات واللافقاريات المضيفة في معدلات الإصابة بالأمراض أو تطورها وانخفاض في الاستجابات المناعية لديها، وذلك بسبب التعرض لانخفاض الأكسجين (Breitburg and others, 2019) وقد يزيد ذلك من انتقال مسببات الأمراض إلى البشر من خلال استهلاك الكائنات المضيفة التي تعرضت للتثبيط المناعي (Hernroth and Baden, 2018).

وتتطور الميكروبات وتتكيف من أجل استغلال مختلف الموائل، حتى الموائل التي تتسم بأشد الظروف على وجه الأرض، بما فيها تلك التي ينعدم فيها الأكسجين. ويؤدي التدوير البيوجيوكيميائي للعناصر بواسطة الميكروبات في غياب الأكسجين إلى إنتاج غازات الدفيئة، بما في ذلك أكسيد النيتروز والميثان (Buitenhuis and others, 2018). ولذلك فإن اتساع الموائل العديمة الأكسجين يمكن أن يؤدي إلى زيادة انبعاث غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، مما يزيد من الاحترار والتطبّق. غير أن هذه النتيجة غير مؤكدة لأن الاحترار والتطبق، اللذين قد يزيد كلاهما من إنتاج غازات الدفيئة، سيؤثران أيضاً على معدلات وتوزيع الإنتاج الأولي الذي تعتمد عليه جميع العمليات البيولوجية الأخرى (Battaglia and Joos, 2018).

ولا يحدث تناقص الأكسجين في المحيطات بمعزل عن عوامل الإجهاد الأخرى التي يسببها الإنسان للمحيطات. ومع ارتفاع درجات حرارة المحيطات، فإن الميكروبات التي تعتمد على التنفس الهوائي والغالبية العظمى من الحيوانات البحرية ستحتاج إلى استهلاك المزيد من الأكسجين من أجل البقاء على قيد الحياة (Pörtner, 2012). وبالتالي، فإن ارتفاع درجات حرارة المحيطات يقلل من توافر الموائل المناسبة سواء عن طريق زيادة الاحتياجات من الأكسجين أو عن طريق التسبّب في فقدان المزيد من الأكسجين. وتُعزى التحولات المتوقعة في التوزيع باتجاه القطب ونحو المياه الأعمق الأكثر برودة، والانقراضات المحلية، وانخفاض الحجم الأقصى للعديد من أنواع الأسماك، جزئيا على الأقل، إلى زيادة الاحتياجات من الأكسجين عند درجات الحرارة الأكثر دفئا (Deutsch and others, 2015؛ و Pauly and Cheung, 2018). وقد تؤدي الآثار المجتمعة لعوامل إجهاد المحيطات الناجمة عن تغير المناخ، وهي تناقص الأكسجين والاحترار والتحمض، أيضا إلى حدوث اختلالات مكانية وزمنية وتطوّرية في التوافق بين العوالق الحيوانية والأسماك اليرقية، مما يؤدي إلى تغيير في نمو وبقاء الأسماك اليرقية، ويؤدي في نهاية المطاف إلى آثار سلبية على مصائد الأسماك (Dam and Baumann, 2017). وبشكل أعم، فإن دور الأكسجين في تحويل الغذاء إلى طاقة يعني أن إمدادات الأكسجين يمكنها أن تحدد كمية الطاقة المتاحة لمواجهة عوامل الإجهاد الأخرى (Sokolova, 2013).

وغالبا ما تنخفض كميات المصيد من مصائد الأسماك في المياه التي استُنفذ منها الأكسجين نتيجة لسلوك التجنب لدى الأنواع الشديدة الحركة، فضلا عن نفوق الأنواع اللاطئة أو ذات القدرة المحدودة على الحركة أو الفشل في اجتذابها (Breitburg and others, 2009؛ Rose and others, 2019). وهناك مخاوف من أن تؤدي المناطق المنخفضة الأكسجين وتوسعها إلى زيادة تعرض الأسماك والصدفيات المتنقلة أكثر عرضة للصيد المفرط (Craig, 2012؛ و Purcell and others, 2017) من خلال التسبب في تكوين تجمعات عالية الكثافة فوق المياه المنخفضة الأكسجين وعند حافتها (Craig, 2012 و Stramma and others, 2012). فعلى سبيل المثال، كانت هناك تحولات مكانية موثقة جيدا في مجهود الصيد في كل من مصائد القريدس البني في خليج المكسيك،

ومصائد سرطان دنجنس (Dungeness) في قناة هود، الولايات المتحدة الأمريكية، حيث يزداد التداخل المكاني بين أساطيل الصيد والأنواع المستهدفة مع تزايد المناطق المنقوصة الأكسجين على أساس موسمي أو فيما بين السنوات التي يتفاوت فيها الامتداد المكاني لنقص الأكسجين (Purcell and others, 2017؛ و Froehlich and others, 2017). وقد يزداد معدل نفوق الأسماك نتيجة الصيد عندما تكون مواقع الملاذات هذه مستهدفة وحيثما تؤدي عمليات التوزيع في الطبقات الأكثر ضحالة إلى زيادة معدلات المصيد (Purcell and others, 2017). وتشكل أحداث انخفاض الأكسجين سببا هاما للنفوق في كل من تربية الأسماك ذات الزعانف والصدفيات، مما تسبب في خسائر كبيرة للاقتصادات المحلية، مع ما يترتب على ذلك من عواقب على صحة الإنسان والأمن الغذائي (Cayabyab and others, 2002؛ و Rice, 2014).

3 - بناء القدرات: الشبكة العالمية لرصد تحمض المحيطات) والشبكة العالمية لرصد الأكسجين في المحيطات

يتناول الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة الحاجة إلى "حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة"، بسبل من بينها تحقيق الغاية 14-3 التي تهدف إلى "تقليل تحمض المحيطات إلى أدنى حد ومعالجة آثاره، بما في ذلك من خلال تعزيز التعاون العلمي على جميع المستويات"[1]. ولوحظت الشواغل بشأن مشكلة تناقص الأكسجين أيضا في إعلان "محيطاتنا، مستقبلنا: نداء للعمل"، الذي صدر عن مؤتمر الأمم المتحدة لدعم تنفيذ الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة: حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة[2].

وتتطلب القدرة على عزو آثار النظم الإيكولوجية إلى كيمياء المحيطات المتغيرة إحراز تقدم مستمر في نظم رصد المحيطات. وتقوم المبادرات العالمية في مجال بحوث المحيطات، مثل مبادرة شبكة الرصد الأوقيانوغرافي الجيوستروفي الآني البيوجيوكيميائي (Biogeochemical Argo)، والشبكة العالمية لرصد تحمض المحيطات والشبكة العالمية لرصد الأكسجين في المحيطات بالتقليل من الحواجز وبناء القدرات دعما لتحسين الفهم العالمي لتحمض المحيطات وتناقص الأكسجين فيها. وتوفر كل من الشبكة العالمية لرصد تحمض المحيطات والشبكة العالمية لرصد الأكسجين في المحيطات إمكانية الحصول على التعاون والتوجيه لدعم تحسين عمليات رصد درجة الحموضة والأكسجين في المحيطات من خلال دورات تدريبية وشراكات ودعم إنشاء المراكز الإقليمية. وتتركز حاليا جهود رصد وبحث تحمض المحيطات وتناقص الأكسجين فيها في عدد صغير نسبيا من البلدان، مما يترك ثغرات كبيرة في المعارف والقدرات في جميع أنحاء العالم، ولا سيما في نصف الكرة الجنوبي وفي الدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا (الشبكة العالمية لرصد تحمض المحيطات (GOA-ON, 2019)). وتعني زيادة القدرة على جمع البيانات المعقدة والقيام بعمليات رصد أفضل في جميع أنحاء العالم أن القدرة التنبؤية للتجارب ونماذج النظم الإيكولوجية قد تتحسن لأنها تحاكي سيناريوهات العالم الحقيقي بشكل أكثر فعالية لتحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة.

وتعتمد خدمات النظام الإيكولوجي البحري على الوظائف الحيوية الأساسية التي يتم الحفاظ عليها (Connell and others, 2018)، وعوامل هندسة النظام البيئي والأنواع الرئيسية التي يتم استبقاؤها

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
[2] انظر قرار الجمعية العامة 71/312، المرفق؛ انظر أيضا https://oceanconference.un.org/callforaction.

(Sunday and others, 2017)، وما إذا كان يجري تجنب انتشار الأنواع المزعجة (Hall-Spencer and Allen, 2015). ولا يزال ثمة قصور كبير في المعرفة المتعلقة باستجابات النظم الإيكولوجية للتغيرات التي تحدث في كيمياء المحيطات. ومع ذلك، فإن التجارب ونماذج النظم الإيكولوجية التي تتناول عوامل إجهاد متعددة وتراعي جوانب التقدم المحرز في الفسيولوجيا الإيكولوجية وعلم الجينوم قد تصف بشكل أفضل نطاق التأثير وتقلل من عدم اليقين بشأن مداه. وينبغي أن يكون هناك فهم أفضل للكيفية التي يؤدي بها تناقص الأكسجين إلى تغيير المسارات الجرثومية ومعدلات العمليات التي تتم داخل العمود المائي وأعماق المحيط (Breitburg and others, 2018). وقد نوقشت دعوة ريبيسل وغاتوسو (Riebesell and Gattuso, 2015) إلى التحول نحو تجارب تتعدد فيها الأنواع وعوامل الإجهاد من أجل فهم أكثر تحديدا للآثار الإيكولوجية لتحمض المحيطات على المجتمعات البحرية (Munday, 2017). وسينجم المزيد من التقدم عن تعميق وتوسيع فهم العلاقات بين تحمض المحيطات والأكسجين من جهة، والعوامل البيئية الأخرى من جهة ثانية، وكيفية تغير التفاعلات الإيكولوجية والتفاعلات بين الأنواع في ظل الظروف التي تؤثر فيها، والكيفية التي تسهم بها الاختلافات الفردية واللدونة والتكيف استجابة للتغير الذي يطرأ على كيمياء المحيطات في تحديد شكل الآثار التي تلحق بالنظم الإيكولوجية البحرية. والنهوض بالبحث في هذه المواضيع سيدعم اتخاذ تدابير أكثر فعالية للتخفيف من آثار تحمض المحيطات وتناقص الأكسجين، وقد يؤدي بالتالي إلى عواقب أقل خطورة على ملايين الناس الذين يعتمدون على حماية السواحل ومصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية في سيناريوهات الانبعاثات المنخفضة.

4 - موجز

يتضح أن موجات الحر البحرية تتزايد من حيث تواترها وشدتها بسبب تغير المناخ الناجم عن الأنشطة البشرية، كما أنها تؤثر تأثيرا سلبيا في الغالب على النظم الإيكولوجية البحرية. ومن المتوقع أن تزداد موجات الحر البحرية وتأثيراتها في المستقبل، ولكن هذه الزيادات يمكن أن تحدها بشكل كبير الجهود الرامية إلى التخفيف من تغير المناخ. ويمكن استخدام نظم التنبؤ في التكيف مع آثار موجات الحر البحرية.

وقد لوحظ وقوع أحداث النينيو والنينيا الشديدة، ولكن نظراً إلى أنها تحدث بصورة غير متواترة، لم يتسن كشف تأثير بشري بشأنها. ومع ذلك، تشير النماذج إلى زيادة في تواتر كل من مرحلتي التذبذب في إطار السيناريوهات المستقبلية للاحترار العالمي. وكما هو الحال في موجات الحر البحرية، يمكن استخدام نظم التنبؤ، الموجودة بالفعل، في إدارة المخاطر والتكيف معها.

وفي حين يصعب كشف التغيرات في تواتر الأعاصير المدارية وتوزيعها المكاني في سجل الرصد، فقد أظهرت الدراسات التي أجريت على فرادى الأعاصير وجود تأثير بشري على شدتها، ولا سيما ما يرتبط بها من هطول الأمطار. ومن المتوقع أن تزداد التغيرات في شدة الأعاصير في المستقبل مع ما يرتبط بذلك من آثار على المد العاصفي والبنية التحتية الساحلية.

وعلى الرغم من أن جميع المدن الساحلية تواجه بالفعل ارتفاع مستويات سطح البحر، فإن المدن المنخفضة والبلدان النامية التي تفتقر إلى القدرة على الاستثمار في تدابير الدفاع الساحلي وترميم الحواجز الطبيعية ستعاني من أضرار وخسائر بدرجة أعلى. وتشير الدراسات السكانية العالمية إلى أن الناس ينتقلون حاليا إلى المناطق الساحلية وسيستمرون في ذلك، مما يعرض المزيد من السكان للخطر اقتصاديا واجتماعيا. وعلى الرغم من أن المدن هي عادة مراكز للابتكار والاستثمار،

فإن الأمثلة الرئيسية تبين صعوبة حل هذه المشاكل المعقدة في المواقع المعرضة للخطر.

وتنجم الأضرار والخسائر أيضا عن أوجه الضعف القائمة في الهياكل الأساسية الساحلية، وقد لا تُعزى فقط إلى ارتفاع مستويات سطح البحر. وبالأحرى، قد تؤدي زيادة مستويات سطح البحر إلى تفاقم المشاكل القائمة مما يزيد من المخاطر.

والتفاعلات المعقدة بين درجة الحرارة والملوحة من جهة، والمغذيات والدورات الكيميائية في المحيطات من جهة ثانية، تعني أن الاختلافات في هذه المتغيرات بسبب تغير المناخ والتأثير البشري تؤثر بالتالي على النظم الإيكولوجية البحرية والسكان والمجتمعات الساحلية والجوانب الاقتصادية ذات الصلة. ويتسبب احترار المحيطات في إلحاق أضرار كبيرة بالنظم الإيكولوجية البحرية، وتفقد الأنواع موائلها، مما يضطرها للتكيف أو الانتقال إلى مناطق ذات درجات حرارة جديدة أو البحث عن مناطق جديدة لأغراض التغذية أو السرء أو التفريخ.

وحموضة المحيطات وتوافر كمية كافية من الأكسجين كلاهما عاملان أساسيان يقوم عليهما توفير خدمات النظم الإيكولوجية البحرية للمجتمع البشري. لكن تُلاحَظ الآن تغيرات سريعة في حموضة المحيطات وانخفاض في مستويات الأكسجين بسبب تغير المناخ وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ، وهو ما يغير الموائل والنظم الإيكولوجية البحرية في جميع أنحاء العالم. ويتسبب الاحترار في انخفاض مستويات الأكسجين، كما أن التحمض يغير بسرعة كيمياء الكربونات في المياه السطحية للمحيطات – وهذه العوامل مجتمعة تحدّ من نمو وبقاء العديد من الكائنات الحية وتُضعف قدرة النظم الإيكولوجية على الصمود.

ويشكل سد الثغرات المعرفية في علم المحيطات من خلال دعم جهود بناء القدرات التي تعززفهم الكيفية التي تستجيب بها المحيطات والنظم الإيكولوجية للتغيرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمحيطات مسارا هاما للحد من آثار هذه التغيرات وتحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة.

المراجع

المقدمة

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.

Nicholls, R.J., and others (2008). Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes, No. 1. https://doi.org/10.1787/011766488208.

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

الحوادث المناخية القصوى

Cai, Wenju, and others (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, vol. 4, No. 2, p. 111.

Cai, Wenju, and others (2015). Increased frequency of extreme La Niña events under greenhouse warming. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 2, p. 132.

Cobb, Kim M., and others (2013). Highly variable El Niño – southern oscillation throughout the Holocene. *Science*, vol. 339, No. 6115, pp. 67–70.

Darmaraki, Sofia, and others (2019). Future evolution of Marine Heatwaves in the Mediterranean Sea. *Climate Dynamics*, pp. 1–22.

Frölicher, Thomas L., and others (2018). Marine heatwaves under global warming. *Nature*, vol. 560, No. 7718, p. 360.

Garner, Andra J., and others (2017). Impact of climate change on New York City's coastal flood hazard: Increasing flood heights from the preindustrial to 2300 CE. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 45, pp. 11861–11866.

Hobday, Alistair J., and others (2016). A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, vol. 141, pp. 227–238.

Hughes, Terry P., and others (2018). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, vol. 556, No. 7702, p. 492.

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*. Valérie Masson-Delmotte and others, eds.

_____ (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.

King, Andrew D., and others (2017). Australian climate extremes at 1.5 ℃ and 2 ℃ of global warming. *Nature Climate Change*, vol. 7, No. 6, p. 412.

Knutson, Thomas R., and others (2010). Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*, vol. 3, No. 3, pp. 157–163.

Knutson, Thomas R., and others (2015). Global projections of intense tropical cyclone activity for the late twenty-first century from dynamical downscaling of CMIP5/RCP4. 5 scenarios. *Journal of Climate*, vol. 28, No. 18, pp. 7203–7224.

L'Heureux, Michelle L., and others (2017). Observing and predicting the 2015/16 El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 98, No. 7, pp. 1363–1382.

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.

Park, Doo-Sun R., and others (2017). Asymmetric response of tropical cyclone activity to global warming over the North Atlantic and western North Pacific from CMIP5 model projections. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 41354.

Payne, Mark R., and others (2017). Lessons from the first generation of marine ecological forecast products. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 289.

Power, Scott B., and François P.D. Delage (2018). El Niño – southern oscillation and associated climatic conditions around the world during the latter half of the twenty-first century. *Journal of Climate*, vol. 31, No. 15, pp. 6189–6207.

Rasmussen, E.M. and T.H. Carpenter (1982). Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Rev*iew, vol. 110, No. 5, pp. 354–384.

Risser, Mark D., and Michael F. Wehner (2017). Attributable human-induced changes in the likelihood and magnitude of the observed extreme precipitation during hurricane Harvey. *Geophysical Research Letters*, vol. 44, No. 24, pp. 12–457.

Santoso, Agus, and others (2017). The defining characteristics of ENSO extremes and the strong 2015/2016 El Niño. *Reviews of Geophysics*, vol. 55, No. 4, pp. 1079–1129.

Sharmila, S., and K.J.E. Walsh (2018). Recent poleward shift of tropical cyclone formation linked to Hadley cell expansion. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 8, p. 730.

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.

Tommasi, Desiree, and others (2017). Managing living marine resources in a dynamic environment: the role of seasonal to decadal climate forecasts. *Progress in Oceanography*, vol. 152, pp. 15–49.

Van Oldenborgh, G.J., and others (2017). Attribution of extreme rainfall from Hurricane Harvey, August 2017. *Environment Research Letters*, vol. 12, No. 12, 124009, http://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9ef2.

Vuuren, Detlef P., and others (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, vol. 109, No. 1, art. 5. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z.

Yamada, Yohei, and others (2017). Response of tropical cyclone activity and structure to global warming in a high-resolution global nonhydrostatic model. *Journal of Climate*, vol. 30, No. 23, pp. 9703–9724.

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.

ارتفاع مستوى سطح البحر والمدن

Burt, John A., and others (2013). Urban breakwaters as reef fish habitat in the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 72, No. 2, pp. 342–350.

C40 Cities (2019). www.c40.org/other/the-future-we-don-t-want-staying-afloat-the-urban-response-to-sea-level-rise.

Chapman, M.G. (2003). Paucity of mobile species on constructed seawalls: effects of urbanization on biodiversity. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 264, pp. 21–29.

Chee, Su Yin, and others (2017). Land reclamation and artificial islands: walking the tightrope between development and conservation. *Global Ecology and Conservation*, vol. 12, pp. 80–95.

Church, J.A., and others (2013). Sea level change. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, T.F. Stocker, and others, eds., pp. 1137–1216. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

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.

De Sherbinin, Alex, and others (2007). The vulnerability of global cities to climate hazards. *Environment and Urbanization*, vol. 19, No. 1, pp. 39–64.

Garschagen, Matthias, and Patricia Romero-Lankao (2015). Exploring the relationships between urbanization trends and climate change vulnerability. *Climatic Change*, vol. 133, No. 1, pp. 37–52.

Hallegatte, Stephane, and others (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, vol. 3, No. 9, p. 802.

Hanson, Susan, and others (2011). A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. *Climatic Change*, vol. 104, No. 1, pp. 89–111.

Hinkel, Jochen, and others (2014). Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 9, pp. 3292–3297.

Jonkers, L., and others (2019). Global change drives modern plankton communities away from the pre-industrial state. *Nature*, 570, pp. 372–375. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1230-3.

Mendelsohn, Robert, and others (2012). The impact of climate change on global tropical cyclone damage. *Nature Climate Change*, vol. 2, No. 3, p. 205.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2019). Sea Level Rise Viewer. 2019. https://coast.noaa.gov/digitalcoast/tools/slr.html.

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.

Takagi, Hiroshi, and others (2016). Projection of coastal floods in 2050 Jakarta. *Urban Climate*, vol. 17, pp. 135–145.

Temmerman, Stijn, and others (2013). Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature*, vol. 504 (7478), pp. 79–83.

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.

الضغوط الناجمة عن التغيرات في درجة الحرارة

Barange, M., and others (2018). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627. Rome, FAO.

Blanchard, Julia L., and others (2017). Linked sustainability challenges and trade-offs among fisheries, aquaculture and agriculture. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No. 9, p. 1240.

Boyd, P.W., and others (2016). Physiological responses of a Southern Ocean diatom to complex future ocean conditions. *Nature Climate Change*, vol. 6, No. 2, p. 207.

Cochard, Roland, and others (2008). The 2004 tsunami in Aceh and Southern Thailand: a review on coastal ecosystems, wave hazards and vulnerability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, vol. 10, No. 1, pp. 3–40.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018). *Deep Ocean Stewardship Initiative. Deep-Ocean Climate Change Impacts on Habitat, Fish and Fisheries*. Technical Paper 638. Rome.

Fu, Weiwei, and others (2016). Climate change impacts on net primary production (NPP) and export production (EP) regulated by increasing stratification and phytoplankton community structure in the CMIP5 models. *Biogeosciences*, vol. 13, No. 18, pp. 5151–70. https://doi.org/10.5194/bg-13-5151-2016.

Golden, Christopher D., and others (2016). Nutrition: Fall in fish catch threatens human health. *Nature News*, vol. 534, No. 7607, p. 317.

Hilmi, Nathalie, and others (2014). Exposure of Mediterranean countries to ocean acidification. *Water*, vol. 6, No. 6, pp. 1719–1744.

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*. Valérie Masson-Delmotte and others, eds.

Pendleton, Linwood H., and others (2016). Has the value of global marine and coastal ecosystem services changed? *Marine Policy*, vol. 64, pp. 156–158.

Semenza, Jan C., and others (2017). Environmental suitability of *Vibrio* infections in a warming climate: an early warning system. *Environmental Health Perspectives*, vol. 125, No. 10, art. 107004.

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.

Worm, Boris, and others (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, vol. 314, No. 5800, pp. 787–790.

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.

non-calcified habitats in a subtropical-temperate transition zone. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 11354.

Albright, Rebecca, and others (2018). Carbon dioxide addition to coral reef waters suppresses net community calcification. *Nature*, vol. 555, No. 7697, p. 516.

Battaglia, Gianna, and Fortunat Joos (2018). Marine N_2O emissions from nitrification and denitrification constrained by modern observations and projected in multimillennial global warming simulations. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 32, No. 1, pp. 92–121.

Breitburg, Denise L., and others (2009). Hypoxia, nitrogen, and fisheries: integrating effects across local and global landscapes. *Annual Review of Marine Science*, vol. 1, pp. 329–349.

Breitburg, Denise L., and others (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, vol. 359, No.6371, eaam7240.

Breitburg, Denise L., and others (2019). Multiple stressors – forces that combine to worsen deoxygenation and its effects. In *Ocean Deoxygenation: Everyone's Problem Causes, Impacts, Consequences and Solutions.* Loffely, D., and Baxter, J. eds. IUCN, pp. 225–247.

Brodie, Juliet, and others (2014). The future of the northeast Atlantic benthic flora in a high CO_2 world. *Ecology and Evolution*, vol. 4, No. 13, pp. 2787–2798.

Buitenhuis, Erik T., and others (2018). Constraints on global oceanic emissions of N_2O from observations and models. *Biogeosciences*, vol. 15, No. 7, pp. 2161–2175.

Cayabyab, R.R., and others (2002). *Histamine Fish Poisoning Following Massive Fishkill in Bolinao, Pangasinan, February 2002*. Regional Epidemiology and Surveillance Unit I Report 3. Philippines: Department of Health.

Connell, Sean D., and others (2018). The duality of ocean acidification as a resource and a stressor. *Ecology*, vol. 99, No. 5, pp. 1005–1010.

Cooley, Sarah R., and others (2016). Community-level actions that can address ocean acidification. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 128.

Cornwall, Christopher E., and others (2017). Inorganic carbon physiology underpins macroalgal responses to elevated CO_2. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 46297.

Craig, J. Kevin (2012). Aggregation on the edge: effects of hypoxia avoidance on the spatial distribution of brown shrimp and demersal fishes in the Northern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 445, pp. 75–95.

Dam, Hans G., and Hannes Baumann (2017). Climate change, zooplankton and fisheries. *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis*, vol. 2, pp. 851–874.

Deutsch, Curtis, and others (2015). Climate change tightens a metabolic constraint on marine habitats. *Science*, vol. 348, No. 6239, pp. 1132–1135.

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

Ekstrom, Julia A., and others (2015). Vulnerability and adaptation of US shellfisheries to ocean acidification. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 3, p. 207.

Enochs, I.C., and others (2015). Shift from coral to macroalgae dominance on a volcanically acidified reef. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 12, p. 1083.

Foo, Shawna Andrea, and others (2018). The carbon dioxide vents of Ischia, Italy, a natural system to assess impacts of ocean acidification on marine ecosystems: an overview of research and comparisons with other vent systems. In *Oceanography and Marine Biology*, pp. 237–310. CRC Press.

Froehlich, Halley E., and others (2017). When does hypoxia affect management performance of a fishery? A management strategy evaluation of Dungeness crab (*Metacarcinus magister*) fisheries in Hood Canal, Washington, United States. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 74, No. 6, pp. 922–932.

Gallo, Natalya D., and others (2019). Home sweet suboxic home: remarkable hypoxia tolerance in two demersal fish species in the Gulf of California. *Ecology*, vol. 100, No. 3, e02539.

Gallo, N.D., and L.A. Levin (2016). Fish ecology and evolution in the world's oxygen minimum zones and implications of ocean deoxygenation. In *Advances in Marine Biology*, vol. 74, pp. 117–198. Elsevier.

Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON) (2019). *Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON) Implementation Strategy*. www.goa-on.org.

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.

Hall-Spencer, Jason M., and Ben P. Harvey (2019). Ocean acidification impacts on coastal ecosystem services due to habitat degradation. *Emerging Topics in Life Sciences*, vol. 3, No. 2, pp. 197–206.

Hall-Spencer, Jason M., and Ro Allen (2015). The impact of CO_2 emissions on "nuisance" marine species. *Research and Reports in Biodiversity Studies*, vol. 4, pp. 33–46.

Hernroth, Bodil E., and Susanne P. Baden (2018). Alteration of host-pathogen interactions in the wake of climate change – Increasing risk for shellfish associated infections? *Environmental Research*, vol. 61, pp. 425–438.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.

Keister, Julie E., and Loren B. Tuttle (2013). Effects of bottom-layer hypoxia on spatial distributions and community structure of mesozooplankton in a sub-estuary of Puget Sound, Washington, U.S.A. *Limnology and Oceanography*, vol. 58, No. 2, pp. 667–80. https://doi.org/10.4319/lo.2013.58.2.0667.

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.

Koslow, J. Anthony, and others (2018). The evolving response of mesopelagic fishes to declining midwater oxygen concentrations in the southern and central California Current. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 76, No. 3, pp. 626–638.

Lam, Vicky W.Y., and others (2019). Dealing with the effects of ocean acidification on coral reefs in the Indian Ocean and Asia. *Regional Studies in Marine Science*, vol. 28, 100560.

Linares, Cristina, and others (2015). Persistent natural acidification drives major distribution shifts in marine benthic ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 282, No. 1818, 20150587.

McCormick, Lillian R., and Lisa A. Levin (2017). Physiological and ecological implications of ocean deoxygenation for vision in marine organisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 375, No. 2102, 20160322.

Munday, Philip L. (2017). New perspectives in ocean acidification research: editor's introduction to the special feature on ocean acidification. *Biology Letters*, vol. 13.

Pauly, Daniel, and William W.L. Cheung (2018). Sound physiological knowledge and principles in modeling shrinking of fishes under climate change. *Global Change Biology*, vol. 24, No. 1, pp. e15–e26.

Pineda, Jesús, and others (2016). A crab swarm at an ecological hotspot: patchiness and population density from AUV observations at a coastal, tropical seamount. *PeerJ*, vol. 4, e1770.

Pörtner, Hans–O. (2012). Integrating climate–related stressor effects on marine organisms: unifying principles linking molecule to ecosystem–level changes. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 470, pp. 273–290.

Purcell, Kevin M., and others (2017). Fleet behavior is responsive to a large–scale environmental disturbance: Hypoxia effects on the spatial dynamics of the northern Gulf of Mexico shrimp fishery. *PloS One*, vol. 12, No. 8, e0183032.

Rice, Michael A. (2014). Extension programming in support of public policy for the management of aquaculture in common water bodies. *Aquacultura Indonesiana*, vol. 15, No. 1.

Riebesell, Ulf, and Jean–Pierre Gattuso (2015). Lessons learned from ocean acidification research. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 1, p. 12.

Rose, Kenneth A., and others (2018). Modeling the population effects of hypoxia on Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*) in the northwestern Gulf of Mexico: part 2—realistic hypoxia and eutrophication. *Estuaries and Coasts*, vol. 41, No. 1, pp. 255–279. https://doi.org/10.1007/s12237–017–0267–5.

Russell, Bayden D., and others (2013). Future seagrass beds: Can increased productivity lead to increased carbon storage? *Marine Pollution Bulletin*, vol. 73, No. 2, pp. 463–469.

Sato, Kirk N., and others (2017). Habitat compression and expansion of sea urchins in response to changing climate conditions on the California continental shelf and slope (1994–2013). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 137, pp. 377–389.

Schmidtko, Sunke, and others (2017). Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature*, vol. 542, No. 7641, p. 335.

Sokolova, Inna M. (2013). Energy–limited tolerance to stress as a conceptual framework to integrate the effects of multiple stressors. *Integrative and Comparative Biology*, vol. 53, No. 4, pp. 597–608.

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 (2012). Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes. *Nature Climate Change*, vol. 2, No. 1, p. 33.

Sunday, Jennifer M., and others (2017). Ocean acidification can mediate biodiversity shifts by changing biogenic habitat. *Nature Climate Change*, vol. 7, No. 1, p. 81.

Teixidó, Nuria, and others (2018). Functional biodiversity loss along natural CO_2 gradients. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 5149.

Thomas, Peter, and others (2015). Impaired gamete production and viability in Atlantic croaker collected throughout the 20,000 km^2 hypoxic region in the northern Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 101, No. 1, pp. 182–192.

Thomas, Y., and others (2019). Effects of hypoxia on metabolic functions in marine organisms: Observed patterns and modelling assumptions within the context of Dynamic Energy Budget (DEB) theory. *Journal of Sea Research*, vol. 143, pp. 231–242.

Vizzini, S., and others (2017). Ocean acidification as a driver of community simplification via the collapse of higher–order and rise of lower–order consumers. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, art. 4018.

Wishner, Karen F., and others (2018). Ocean deoxygenation and zooplankton: Very small oxygen differences matter. *Science Advances*, vol. 4, No. 12, eaau5180.

Wright, Jody J., and others (2012). Microbial ecology of expanding oxygen minimum zones. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 10, No. 6, p. 381.

الفصل 10

التغيرات في المدخلات من المغذيات في البيئة البحرية

المساهمون: توماس س مالون (منظم الاجتماعات)، وأرشيس أمبولكر، وماريا جواو بيبياننو (عضوة رئيسية مشاركة)، وبولا بونتيمبي، ومايكل كروم، وهاري كوسا، وجوزيف مونتويا، وأليس نيوتن، ويابو أوسي، وجواو سركيس يونس، ووكر سميث، ولارس سونستين، وجورجيوس سيلايوس، وجوينغ وانغ (عضو رئيسي)، وكيدونغ يين.

النقاط الرئيسية

- زادت مدخلات النيتروجين (N) والفوسفور (P) في النظم الإيكولوجية الساحلية عن طريق الجريان السطحي النهري والترسب الجوي بسرعة خلال القرن العشرين بسبب المدخلات البشرية المنشأ المستمدة أساسا من استخدام الأسمدة الاصطناعية، واحتراق الوقود الأحفوري، وزراعة البقوليات (تثبيت النيتروجين)، وإنتاج السماد الطبيعي من تربية المواشي، والنفايات البلدية.
- أدت الزيادات في المدخلات من المغذيات البشرية المنشأ إلى حدوث زيادة عالمية في ظاهرة التلوث بالمغذيات الناجم عن الأنشطة البشرية في المحيطات الساحلية لتتجاوز الآن المدخلات الناتجة عن العمليات الطبيعية.
- تشمل الاستجابات الإيكولوجية لعملية فرط المغذيات الناجم عن الأنشطة البشرية زيادات في شدة ومدى نقص الأكسجين والتحمض، وحالات ظهور الطحالب السامة في المياه الساحلية. وعلى هذا النحو، فإن فرط المغذيات الناجم عن الأنشطة البشرية يشكل تهديدا خطيرا لصحة النظم الإيكولوجية الساحلية وقدرتها على تقديم الخدمات القيّمة بالنسبة للمجتمع.
- من المتوقع أن يزيد إنتاج النيتروجين والفوسفور البشريي المنشأ بمقدار الضعف تقريبا خلال النصف الأول من القرن الحادي والعشرين.
- ينبغي أن يكون من الأولويات الدولية خفض المدخلات البشرية المنشأ من النيتروجين والفوسفور إلى المناطق البحرية الساحلية لتقليل مدى وخطر حالة تلوث بالمغذيات في المياه الساحلية خلال القرن الحادي والعشرين.

1 - مقدمة

خلال القرن الحادي والعشرين، أصبحت الزيادات في المدخلات البشرية المنشأ من النيتروجين والفوسفور إلى النظم الإيكولوجية الساحلية عن طريق تصريف الأنهار هي السبب الرئيسي للتلوث بالمغذيات الناجم عن الأنشطة البشرية[1] وما يترتب على ذلك من تدهور في النظم الإيكولوجية للمناطق البحرية الساحلية في جميع أنحاء العالم (Rabalais and others, 2009a, b؛ و Paerl and others, 2014؛ و Beusen and others, 2016؛ و Ngatia and others, 2019)، وهو اتجاه يمكن القول إنه أكثر الأخطار البشرية المنشأ انتشاراً التي تهدد صحة النظم الإيكولوجية الساحلية (Rabalais and others, 2009b؛ و Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014).

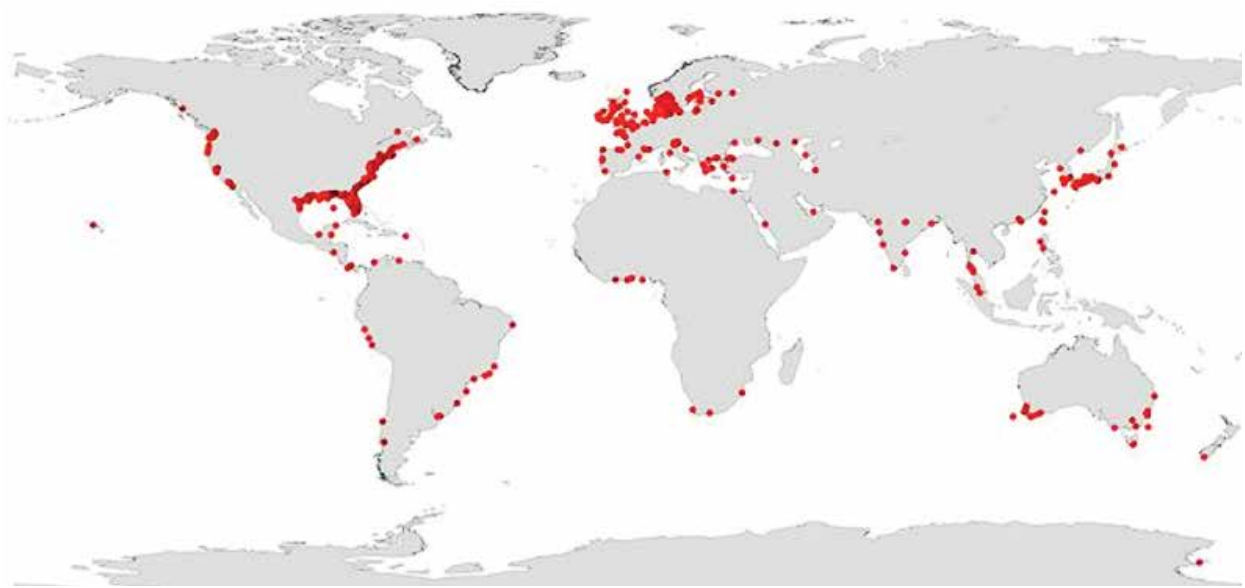
ويعرّف نيكسون (Nixon, 1995) التلوث بالمغذيات بأنه زيادة في معدل الإمداد بالمواد العضوية إلى نظام إيكولوجي، وأشار إلى أن الزيادات في إمدادات المواد العضوية إلى النظم الإيكولوجية الساحلية لها أسباب مختلفة، وأكثرها شيوعاً هو المدخلات الزائدة من النيتروجين والفوسفور غير العضويين النشطين بيولوجياً. وبما أن صافي الإنتاج الأولي للعوالق النباتية في معظم النظم الإيكولوجية الساحلية محدود أساساً بسبب مدى توافر النيتروجين (Howarth and Marino, 2006؛ و Elser and others, 2007) فقد ازدادت الكتلة الأحيائية للعوالق النباتية في المناطق البحرية الساحلية تبعا لذلك (Howarth and others, 2011). وإلى جانب المدخلات الإضافية البشرية المنشأ من المغذيات العضوية الناجمة عن مصادر برية، أدى

[1] الإثراء الغذائي المستحدث بفعل المدخلات البشرية المنشأ من المغذيات والمواد العضوية التي تؤدي إلى تغييرات غير مرغوب فيها في صحة النظم الإيكولوجية (Smith and others, 2006؛ و Rabalais and others, 2009a, 2009b).

تراكم المواد العضوية الناتج عن ذلك إلى حدوث فرط المغذيات بشري المنشأ في العديد من النظم الإيكولوجية الساحلية في جميع أنحاء العالم (انظر الشكل أدناه)، وهي عملية يمكن القول إنها تشكل أخطر تهديد لخدمات النظم الإيكولوجية البحرية القيّمة بالنسبة للمجتمع، مثل توفير التنوع البيولوجي وإنتاج الأكسجين والتخفيف من الفيضانات الساحلية وتوفير مصائد الأسماك وعزل ثاني أكسيد الكربون الجوي (Howarth and others, 2000؛ و Bachmann and others, 2006؛ و Martínez and others, 2007؛ و Costanza and others, 2017).

وينصب التركيز في هذا الفصل على المدخلات البشرية المنشأ من النيتروجين الثابت المتفاعل بيولوجيا (من قبيل النترات المذابة والنتريت والأمونيوم واليوريا والأحماض الأمينية الحرة) والفوسفور (الفوسفات (PO_4^{3-}) مثل أورثوفوسفات ومتعدد الفوسفات والفوسفات المقيد عضويا) إلى المناطق البحرية الساحلية على النحو الذي حددته الشبكة العالمية للنظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة[2]. وفي هذا السياق، تتمثل أهداف هذا الفصل في: (أ) توثيق التغيرات في المدخلات ذات المنشأ البشري من النيتروجين والفوسفور إلى نُظم إيكولوجية بحرية ساحلية مختارة؛ و(ب) تقييم آثار فرط المغذيات الناجم عن الأنشطة البشرية على هذه النظم الإيكولوجية؛ و(ج) تحديد الكيفية التي ستؤثر بها هذه التغيرات في قدرة النظم الإيكولوجية الساحلية على دعم خدمات النظم الإيكولوجية خلال القرن الحادي والعشرين في سياق تغير المناخ العالمي؛ و(د) تحديد الثغرات الكامنة في المعارف الحالية.

التوزيع العالمي للنظم الإيكولوجية البحرية الساحلية التي تعاني من فرط المغذيات



المصدر: Breitburg and others, 2018.

ملاحظة: خلصت الدراسات الاستقصائية الساحلية الأخيرة للولايات المتحدة وأوروبا إلى وجود أعراض فرط المغذيات في نسبة مذهلة تبلغ 78 في المائة من المنطقة الساحلية القارية للولايات المتحدة التي جرى تقييمها و 65 في المائة تقريباً من الساحل الأطلسي لأوروبا.

[2] تشمل الشبكة العالمية للنظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة مستجمعات المياه الساحلية والمناطق البحرية الساحلية (مصبات الأنهار والمياه المفتوحة للجرف القاري (المتاحة على الرابط التالي www.lmehub.net). وتتراوح النظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة في مساحاتها ما بين حوالي 000 200 كيلومتر مربع و ما يزيد عن مليون كيلومتر مربع وتشمل مناطق بحرية ساحلية يتكون فيها الإنتاجية الأولية أعلى عموماً مما هي عليه في عرض المحيط.

المعلومات المقدمة في هذا الفصل لها صلة بعدد من الفصول في هذا التقييم (الفصول 4 إلى 9 و 11إلى 15 و 22 و 28). والفصل 5 (الاتجاهات في الحالة الفيزيائية والكيميائية للمحيطات)، والفصل 6 ألف (تنوع العوالق) لهما صلة خاصة بهذا الفصل. ويجري بحث الموضوع الأول في هذا الفصل ضمن النطاق الذي تكون فيه التغيرات التي تحدث في المدخلات الغذائية وفرط المغذيات اتجاهات ذات صلة في الظروف البيئة الفيزيائية والكيميائية (مع التركيز على التغيرات المدفوعة بعوامل المناخ). ويجري تناول الموضوع الثاني في حدود صلة التغيرات التي تحدث في تنوع العوالق بمشكلة فرط المغذيات في المياه الساحلية.

2 - الحالة المبلغ عنها في التقييم العالمي الأول للمحيطات

استعرض الفصل 20 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017) المدخلات الساحلية والنهرية والمنقولة جواً من الملوثات الواردة من المصادر البرية، مع التركيز على المواد الخطرة، والمواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء، والمغذيات ومسببات الأمراض المنقولة بالمياه، والمواد المشعة. وتلك الجوانب المتصلة بمدخلات المغذيات البشرية المنشأ في المحيطات بوجه عام، والنظم الإيكولوجية الساحلية بصفة خاصة، هي الأكثر صلة بهذا الفصل. وبالإضافة إلى المنظور العالمي الموجز أدناه، تضمن الفصل 20 من التقييم الأول موجزا لمدخلات وتأثيرات المغذيات في مختلف مناطق المحيطات العالمية (المحيط المتجمد الشمالي ومناطق في المحيط الأطلسي والمحيط الهندي والمحيط الهادئ).

وتشمل المصادر الرئيسية للمغذيات البشرية المنشأ مياه الصرف البلدية، والأسمدة المستخدمة في الزراعة، واحتراق الوقود الأحفوري، والصناعات ذات الصلة بالأغذية. وتشمل طرق انتقالها إلى المحيط من هذه المصادر البرية الجريان السطحي النهري والترسب الجوي. ولا تزال مراقبة مدخلات المغذيات من نفايات البلديات تشكل تحديا في العالم النامي. وفيما يتعلق بالزراعة، فقد تزايد استخدام الأسمدة بسرعة في العقود الأخيرة، مما أدى إلى زيادة بنسبة 42 في المائة على الصعيد العالمي بين عامي 2002 و 2012. غير أن استخدام الأسمدة في أمريكا اللاتينية وجنوب آسيا وشرق آسيا وأوقيانوسيا قد زاد بأكثر من الضعف خلال الفترة نفسها. كما زادت المدخلات المنقولة جوا من النيتروجين الناجم عن احتراق الوقود الأحفوري. وفي شمال غرب أوروبا، يُعزى أكثر من 25 في المائة من انبعاثات النيتروجين في الغلاف الجوي إلى هذه المصادر. وتتوقف الأثار المحددة المترتبة على الحمولة المفرطة للمغذيات على الظروف البيئية المحلية، بما في ذلك معدل صرف مياه الكتل المائية شبه المغلقة بواسطة التيارات وقوة تطبق الكثافة في عمود المياه.

والمدخلات البرية من المواد الغذائية ليست ضارة في حد ذاتها، ولكن يمكن أن تسبب مشاكل عندما تكون مفرطة. وقد أثرت مدخلات النيتروجين والفوسفور البشريي المنشأ، التي زادت بأكثر من الضعف في القرن الماضي، على صحة النظم الإيكولوجية البحرية في جميع أنحاء العالم. وتحفز زيادة المدخلات نمو العوالق النباتية مما يؤدي إلى إفراط في صافي الإنتاج الأولي الذي ينجم عنه في كثير من الأحيان تراكمات الكتلة الأحيائية للعوالق النباتية وفرط المغذيات. وقد أدى ذلك إلى نشوء "مناطق ميتة" نضب منها الأكسجين، وفقدان طبقات الأعشاب البحرية، وزيادات في نسبة حدوث حالات تكاثر العوالق النباتية السامة. وقد ازداد الانتشار العالمي للمناطق ("الميتة") التي نضب منها الأكسجين في المياه الساحلية زيادة هائلة لتصل إلى أكثر من 400 نظام منذ ستينات القرن الماضي، وأصبحت تغطي مساحة تراكمية تبلغ نحو 245 000 كيلومتر مربع في جميع أنحاء العالم.

3 - الأنماط والاتجاهات على النطاق العالمي

3-1 - المدخلات من النيتروجين والفوسفور المتفاعلين بيولوجياً البشري المنشأ

3-1-1 - المصادر

خلال القرن العشرين، تضاعف العرض العالمي من النيتروجين والفوسفور المتفاعلين بيولوجياً البشري المنشأ (Beusen and others, 2016؛ و Seitzinger and Mayorga, 2016). ويتصل أكثر من نصف[3] الحمولات الجديدة من النيتروجين والفوسفور المدخلة في معظم النظم الإيكولوجية الساحلية (73 في المائة من النظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة) بمصادر بشرية المنشأ، تقدر مدخلاتها الحالية بنحو 210-223 × 10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام (Lee and others, 2016) وبنحو 34 × 10^9 كلغ من الفوسفور لكل عام (Harrison and others, 2005). وتأتي المدخلات من هذه المغذيات إلى النظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة من الممارسات الزراعية[4]، واحتراق الوقود الأحفوري والنفايات البلدية (Galloway and others, 2004؛ و Howarth, 2008) على النحو التالي:

(أ) المصدر الأكبر على الإطلاق من للنيتروجين والفوسفور البشري المنشأ هو الأسمدة الاصطناعية[5] (Vitousek and others, 1997؛ و Mosier and others, 2004). وقد ازدادت كمية الأسمدة الاصطناعية المستخدمة في الزراعة زيادة هائلة من الصفر تقريباً في عام 1910 إلى حوالي 118 × 10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام و 17,5 × 10^9 كلغ من الفوسفور لكل عام في عام 2013 (Penuelas and others, 2013؛ و Lu and Tian, 2017). وقد تحولت بؤر الاستخدام المكثف للأسمدة من الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا الغربية في ستينات القرن الماضي إلى شرق آسيا في أوائل القرن الحادي والعشرين. وفي عام 2013، كانت شرق آسيا وجنوب آسيا وجنوب شرق آسيا تشكل 71 في المائة من النسبة العالمية لاستخدام الأسمدة، تليها أمريكا الشمالية (11 في المائة)، ثم أوروبا (7 في المائة)، وأمريكا الجنوبية (6 في المائة) (Lu and Tian, 2017). ومن مجموع حمولة النيتروجين، ينبعث من تطاير الأمونيا من الحقول الزراعية ما يقدر ب 10 × 10^9 كلغ من النيتروجين كل عام إلى الغلاف الجوي (Vitousek and others, 1997؛ و Bouwman and others, 2013).

(ب) ويؤدي احتراق الوقود الأحفوري إلى إطلاق النيتروجين الثابت المخزَّن بشكل طويل الأجل في التكوينات الجيولوجية ليعود مرة أخرى إلى الغلاف الجوي في شكل أكاسيد النيتروجين (NO_X). وإجمالاً، تُطلق الانبعاثات من محطات الطاقة التي تعمل بالفحم والنفط، ومن السيارات، وعمليات الاحتراق الأخرى، بمعدل يناهز 40 × 10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام (Peñuelas and others, 2013). والتوزيع العالمي لانبعاثات أكاسيد النيتروجين (NO_X) ليس متجانساً، حيث تشكل آسيا وأوروبا وأمريكا الشمالية وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، على التوالي، نسبة 30 و 20 و 17 و 12 في المائة من الانبعاثات (Lamsal and others, 2011).

(ج) وبما أن مساحات كبيرة من الغطاء النباتي الطبيعي قد استعيض عنها بزراعات أحادية

[3] المدخلات الجديدة من النيتروجين هي تلك التي تأتي من خارج النظام الإيكولوجي مقابل تلك التي تتجدد داخل النظام الإيكولوجي مع تحلل المواد العضوية.
[4] تشمل الممارسات الزراعية استخدام الأسمدة الاصطناعية، وتربية الحيوانات، وزراعة البقوليات (تثبيت النيتروجين البيولوجي).
[5] تشمل الأسمدة الاصطناعية نترات الأمونيوم، وفوسفات الأمونيوم، والسوبر فوسفات، واليوريا.

المحصول من البقوليات تدعم البكتيريا التكافلية المثبتة للنيتروجين، يقدر أن المدخلات البشرية المنشأ من المثبتات البيولوجية للنيتروجين إلى مستجمعات المياه الساحلية تبلغ 33 × 10^9 كلغ لكل عام (Boyer and Howarth, 2008).

(د) وقد زاد إنتاج السماد الطبيقي من تربية الماشية بسرعة خلال القرن الماضي. وتقدر الحمولات الحالية من النيتروجين والفوسفور في السماد الطبيعي بحوالي 18 × 10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام وبحوالي 2,5 × 10^9 كلغ من الفوسفور لكل عام، مع وجود مناطق ترتفع فيها هذه النسبة بشكل حاد في أوروبا الغربية وجنوب شرق أستراليا وشمال شرق الصين والهند (Peñuelas and others, 2013؛ و Zhang and others, 2017).

(ه) وعلى الصعيد العالمي، يتم تصريف 80 في المائة من مياه الصرف البلدية في البيئة دون معالجتها (World Water Assessment Programme (WWAP), 2017). وبالتالي، فإن المصدر الحضري الأكثر انتشارا للتلوث بالمغذيات هو مياه المجارير البشرية، التي تشير التقديرات إلى أنها أطلقت في البيئة حوالي 9 × 10^9 كلغ من النيتروجين وحوالي 1,4 × 10^9 كلغ من الفوسفور في عام 2018 (استقراء من Van Drecht and others, 2009). وتتفاوت النسبة المئوية لمياه المجارير المعالجة[6] على الصعيد الإقليمي: حيث تبلغ 90 في المائة في أمريكا الشمالية، و 66 في المائة في أوروبا، و 35 في المائة في آسيا، و 14 في المائة في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، بينما هي أقل من 1 في المائة في أفريقيا (Selman and others, 2010).

والمدخلات غير محددة المصدر (من مصادر متفرقة) (الفقرات الفرعية (أ) -1 (د) أعلاه؛ 218 × 10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام) تتجاوز بكثير المدخلات محددة المصدر الناجمة عن مياه الصرف الصحي (الفقرة الفرعية (ه) أعلاه؛ حوالي 9 × 10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام) ومراقبتها أصعب مقارنة بغيرها. وفي نهاية المطاف، تُنقل معظم هذه المدخلات إلى المناطق البحرية الساحلية عن طريق الجريان السطحي النهري والترسب الجوي (Howarth, 2008؛ و Spokes and Jickells, 2005؛ و Jickells and others, 2017)[7] وهذان المساران كلاهما طريقان رئيسيان لنقل المدخلات من النيتروجين، في حين أن نسبة ترسب الفوسفور المتفاعل من الغلاف الجوي هي نسبة ضئيلة مقارنة بالمدخلات النهرية. وعلى هذا النحو، فإن التسارع المدفوع بالعوامل المناخية في دورة المياه العالمية وما يرتبط به من زيادات في حجم وتواتر الظواهر الكبرى لسقوط الأمطار (Sinha and others, 2017) سوف يعجل بنقل مدخلات المغذيات من المصادر المتفرقة (مثل الزراعة) إلى المياه الساحلية (Howarth and others, 2012). وفي هذا السياق، تجدر الإشارة إلى أن الانخفاضات في حمولات النيتروجين والفوسفور تُعزى في المقام الأول إلى طريق المعالجة المتقدمة للمياه المستعملة في البلدان المتقدمة، في حين أن الجهود المبذولة للحد من المدخلات المتفرقة من المصادر الزراعية ظلت، في معظمها، أقل فعالية (Boesch, 2019).

3-1-2 - نقل المغذيات البشرية المنشأ إلى المناطق البحرية الساحلية

إن نقل المدخلات البشرية المنشأ إلى المناطق البحرية الساحلية عن طريق الجريان السطحي النهري عملية تحركها الإمدادات البشرية المنشأ المتجهة إلى مستجمعات المياه الساحلية، وهطول الأمطار في مستجمعات المياه،

[6] المرحلة الأولى أو المرحلة الثانية أو المرحلة الثالثة من المعالجة.

[7] تمثل تصريفات المياه الجوفية حوالي 2,4 في المائة من مدخلات المغذيات في المناطق البحرية الساحلية على الصعيد العالمي (Luijendijk and others, 2020) وهي غير موثقة بالنسبة لمعظم النظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة التي يجري تناولها هنا. كما أن المدخلات القادمة من عمليات الاستزراع المائي منخفضة، أي أن المغذيات التي تطلق إلى المناطق البحرية الساحلية سنوياً من خلال عمليات تربية الأسماك ذات الزعانف تمثل حوالي 1 في المائة من المدخلات البشرية في جميع أنحاء العالم (Hargrave, 2005). وبالتالي، لا يتم النظر في مسارات الإدخال هذه هنا.

والنقل النهري من مستجمعات المياه (Howarth and others, 1996؛ و Green and others, 2004). وعلى الصعيد العالمي، هناك ارتباط مباشر كبير بين صافي الإمدادات البشرية المنشأ من النتروجين إلى مستجمعات المياه الساحلية ومجموع كميات النيتروجين المنقولة عن طريق الأنهار إلى المناطق البحرية الساحلية (Boyer and Howarth, 2008). وخلال القرن العشرين، زاد مجموع المدخلات النهرية من النيتروجين والفوسفور إلى المناطق البحرية الساحلية من حوالي 27×10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام إلى حوالي 48×10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام ومن حوالي 2×10^9 كلغ من الفوسفور لكل عام إلى حوالي 4×10^9 كلغ من الفوسفور لكل عام (Galloway and others, 2004؛ و Beusen and others, 2016). ويقدر بوير وهوارث Boyer and Howarth (2008) المدخلات النهرية من النيتروجين إلى أحواض المحيطات على النحو التالي: المحيط الأطلسي (أساسا من شرق أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية) $15–25 \times 10^9$ كلغ من النيتروجين لكل عام؛ المحيط الهادئ (أساسا من شرق آسيا) $10–14 \times 10^9$ كلغ من النيتروجين لكل عام؛ والمحيط الهندي $7–8 \times 109$ كلغ من النيتروجين لكل عام؛ والقطب الشمالي $2–4 \times 10^9$ كلغ من النيتروجين لكل عام؛ وتُستمد مركبات النيتروجين الجوية من المصادر الزراعية (تطاير الأمونيا) والوقود الأحفوري (انبعاث أكاسيد النيتروجين). وعلى النقيض من حمولة المغذيات المنقولة عن طريق الأنهار، فإن مدخلات النيتروجين التي يتم نقلها عن طريق الترسب الجوي تغذيها الإمدادات البشرية المنشأ والانبعاثات من السقائف الهوائية الساحلية (التي تكون عموما أوسع نطاقا بكثير من مستجمعات المياه)، والنقل عبر الغلاف الجوي من السقائف الهوائية وهطول الأمطار فوق المناطق البحرية الساحلية مباشرة (Valigura and others, 2001). أما بالنسبة للمدخلات من النيتروجين التي تحملها الأنهار، فإن الترسب الجوي للنيتروجين في المحيطات العالمية قد زاد بسرعة خلال القرن العشرين من معدل ما قبل الثورة الصناعية، وهو حوالي 22×10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام إلى ما يزيد عن 45×10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام حاليا (Dentener and others, 2006؛ و Duce and others, 2008). ومن هذه الكمية، يقدر أن الترسب الجوي إلى المناطق البحرية الساحلية يبلغ حالياً حوالي 8×10^9 كلغ من النيتروجين لكل عام (Seitzinger and others, 2010؛ و Ngatia and others, 2019). وتتفاوت الأهمية النسبية للترسب الجوي كمصدر جديد للنيتروجين بين النظم الإيكولوجية الساحلية من 2 إلى 5 في المائة في النظم الإيكولوجية ذات المدخلات النهرية الكبيرة من النيتروجين (مثل شمال خليج المكسيك والجرف القاري للبرازيل) إلى نسبة تصل إلى 40 في المائة في النظم الإيكولوجية ذات المدخلات النهرية المنخفضة نسبيا (مثل خليج كييل Kiel Bight (في بحر البلطيق وبحيرة باملیكو ساوند الساحلية (Pamlico Sound) في ولاية كارولينا الشمالية (Paerl and others, 2002). وعلى الصعيد العالمي، تمثل الترسبات الجوية للنيتروجين نحو 4 في المائة من المدخلات البشرية المنشأ في المناطق البحرية الساحلية.

3-2 - التأثيرات الموثقة لمدخلات المغذيات البشرية المنشأ

3-2-1 - نفاد الأكسجين والتحمض

منذ عام 1950، زاد عدد النظم الإيكولوجية الساحلية التي تعاني من نقص الأكسجين (نسبة الأكسجين المذاب أقل من أو تساوي 2 ملغم لكل لتر أو 63 مليمول لكل لتر) من حوالي 50 نظاما إيكولوجيا في عام 1950 إلى أكثر من 500 نظام إيكولوجي في عام 2015 نتيجة لحمولة المغذيات البشرية المنشأ واحترار المحيطات (Diaz and Rosenberg, 2008؛ و Kemp and others, 2009؛ و Breitburg and others, 2018). وفي عام 2019، تشير تقديرات أخرى إلى أن العدد كان أعلى من ذلك بالفعل، أي حوالي 700 نظام إيكولوجي (Diaz and others, 2019). ولا يقتصر أثر انتشار نقص الأكسجين في المياه الساحلية فقط على فقدان الكائنات المعتمدة على التنفس الهوائي للموائل المشبعة

بالأكسجين، وإنما يهدد أيضا بقاء الشعاب المرجانية (Fabricius, 2011؛ و Altieri and others, 2019). وبالإضافة إلى ذلك، فإن انتشار نقص الأكسجين على الصعيد العالمي يزيد من تحمض المحيطات حيث أن الزيادات في الطلب البيولوجي على الأكسجين تنتج ثاني أكسيد الكربون كناتج عرضي لعملية التنفس الهوائي (Wallace and others, 2014).

3-2-2 - حالات ظهور الطحالب السامة

يمكن أن يتسبب إنتاج المواد السمية في حدوث نفوق جماعي للأسماك والصدفيات وأن يلحق الضرر بصحة الأشخاص الذين يستهلكون الأسماك والصدفيات الملوثة أو يتعرضون للمواد السمية عن طريق الاتصال المباشر (Glibert and others, 2005). وعلى الصعيد العالمي، شهد العقد الماضي مزيدا من حالات ظهور الطحالب السامة في المياه الساحلية مقارنة بالعقود السابقة (Heisler and others, 2008)، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى مدخلات المغذيات البشرية المنشأ وتغير نسب النيتروجين إلى الفوسفور (Glibert and Bouwman, 2012؛ و Glibert and others, 2018)، وحالات إدخال الأنواع السامة غير الأصلية، وتحمض المحيطات (Riebesell and others, 2018) وزيادات في درجة حرارة المياه والتطبق الرأسي للطبقات العليا للمحيطات[8] (Glibert and others, 2014).

3-2-3 - فقدان الموائل الحرجة، المهندسة بعوامل بيولوجية

تدعم الشعاب المرجانية ومروج الأعشاب البحرية مجموعة واسعة من خدمات النظم الإيكولوجية، بما في ذلك حماية السواحل، ومكافحة التحات، والحفاظ على التنوع البيولوجي، ومصائد الأسماك (Barbier and others, 2011). وفي الوقت نفسه، تتعرض الشعاب المرجانية ومروج الأعشاب البحرية في المياه الدافئة لضغوط متعددة بشرية المنشأ (مثل احترار المحيطات والتحمض، وفرط المغذيات، والصيد المفرط، وممارسات الصيد المدمرة). وما فتئ احترار المحيطات يؤثر على الشعاب المرجانية لأكثر من ثلاثة عقود من خلال ابيضاض الشعاب المرجانية وموتها بسبب الإجهاد الحراري (Heron and others, 2017)، وقد ازداد خطر الابيضاض على مستوى العالم بمعدل 4 في المائة سنويا، حيث كانت النسبة السنوية للشعاب المرجانية المتأثرة بالابيضاض في ثمانينيات القرن الماضي ٨ في المائة وبلغت هذه النسبة 31 في المائة في عام 2016 (Hughes and others 2018)، وهو اتجاه من المتوقع أن يتفاقم بسبب فرط المغذيات في المياه الساحلية (Wear and Thurber, 2015). وقد تبين أن الامتداد المكاني لمروج الأعشاب البحرية قد تأثر سلباً من جراء فرط المغذيات والزيادات في درجة حرارة المياه (Waycott and others, 2009؛ و Mvungi and Pillay, 2019). وبالتالي، تقلصت رقعة مروج الأعشاب البحرية بنحو 29 في المائة منذ بداية القرن العشرين، بمعدل سنوي يبلغ حوالي 1,5 في المائة (Fourqurean and others, 2012).

4 - الأنماط والاتجاهات داخل المناطق الإقليمية

إن العديد من النظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة هي بؤر ترتفع فيها حمولة المغذيات البشرية المنشأ في البلدان المتقدمة والنامية على حد سواء. ومن أجل توفير منظورات إقليمية وعالمية بشأن المدخلات المتغيرة من المغذيات في النظم الساحلية في جميع أنحاء العالم، قام فريق عامل دولي بوضع نموذج لمستجمعات المياه العالمية يربط الأنشطة البشرية والعمليات الطبيعية في مستجمعات المياه بالمدخلات من المغذيات في النظم الساحلية على الصعيد العالمي (Seitzinger and others, 2005؛ و Lee and others, 2016).

[8] أعلى 1 000 متر من العمود المائي.

واستناداً إلى مساهمة النيتروجين غير العضوي المذاب البشري المنشأ في إجمالي حمولات النيتروجين غير العضوي المذاب إلى النظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة (Lee and others, 2016)، يسلِّط الجدول أدناه الضوء على تسعة من النظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة التي تتسم بالتنوع في أحجامها ومدخلاتها من النيتروجين غير العضوي المذاب البشري المنشأ.

المساحات السطحية وحمولات النيتروجين البشري المنشأ في النظم الإيكولوجية التسعة موضع النظر أدناه

النظام الإيكولوجي	المساحة (بالكيلومتر المربع)	حمولة النيتروجين (كلغ/عام)
بحر الشمال	$10^6 \times 0,4$	$10^9 \times 0,6$
بحر البلطيق	$10^6 \times 3,7$	$10^9 \times 7,1$
خليج المكسيك	$10^6 \times 1,0$	$10^9 \times 1,0$
جرف البرازيل	$10^6 \times 2,0$	$10^9 \times 1,0$
تيار غينيا	$10^6 \times 1,5$	$10^9 \times 1,3$
خليج البنغال	$10^6 \times 1,3$	$10^9 \times 0,1$
بحر الصين الجنوبي	$10^6 \times 1,0$	$10^9 \times 2,0$
الحاجز المرجاني العظيم	$10^6 \times 0,7$	$10^9 \times 4,8$
بحر الصين الشرقي	$10^6 \times 5,7$	$10^9 \times 0,7$

4-1 - بحر الشمال (النظام الإيكولوجي البحري الكبير 22؛ 690 000 كيلومتر مربع)

يشمل بحر الشمال منطقتين فرعيتين هما: (أ) المياه الساحلية الضحلة الغنية بالمغذيات على طول ساحله الجنوبي الشرقي و (ب) المياه الأعمق قليلة المغذيات في البحار المفتوحة. وظلت المدخلات من المغذيات في المنطقة الفرعية الأخيرة دون تغيير تقريباً على مدى الخمسين عاما الماضية، في حين شهدت المياه الساحلية زيادة في حمولة النيتروجين تراوحت بين 2,9 و $4,8 \times 10^9$ كلغ من النيتروجين لكل عام بين عامي 1950 و 1990؛ وخلال نفس الفترة، زادت حمولة الفوسفور من 0,44 إلى $0,64 \times 10^9$ كلغ من الفوسفور لكل عام (Vermaat and others, 2008). وتمثل المدخلات من النيتروجين والفوسفور المنقولة بالأنهار إلى المنطقة الفرعية الساحلية معظم الحمولة البشري المنشأ، التي تحدث نسبة 75 في المائة منها عن طريق نهري الراين وإلبي اللذين يصبان في المياه الساحلية في الجزء الجنوبي الشرقي من بحر الشمال (Radach and Pätsch, 2007؛ و Paramor and others, 2009). وقد زاد تصريف النيتروجين والفوسفور إلى هذه المياه الساحلية بسرعة خلال الفترة 1965-1985 كما يتضح من نهر الراين، حيث زادت درجة تركيز النيتروجين خمس مرات ودرجة تركيز الفوسفور عشر مرات. ونتيجة لذلك، ازداد تواتر وحجم حالات تكاثر طحالب فايوسايتس بوشيتي (Phaeocystis pouchetii)[9] خلال تلك الفترة (Lancelot and others, 1987؛ و Lancelot, 1995). وفي حين أن نقص الأكسجين الصيفي (أقل من 2 ملغ من الأكسجين لكل لتر) يحدث في بعض المواقع، فإنه يقتصر على أجزاء من البحر المفتوح المطبّق (Greenwood and others, 2010).

وخلال الفترة من 1990 إلى 2000، انخفضت حمولة الفوسفور إلى مستويات ما قبل التلوث بالمغذيات في الخمسينيات (Vermaat and others, 2008). ويتناقص حاليا الجزء البشري المنشأ من الميزان السنوي للمغذيات في المناطق الساحلية من بحر الشمال وهو أقل من المدخلات القادمة من القاعيات أو البحر المفتوح.

4-2 - بحر البلطيق (النظام الإيكولوجي البحري الكبير 23؛ 400 000 كيلومتر مربع)

بحر البلطيق هو بحر ضحل شديد الملوحة (متوسط عمقه = 55 م؛ أقصى عمقه = 460 م) مع تبادل محدود للمياه مع بحر الشمال. ونظرا لقياسات أعماق بحر

[9] يمكن أن تنتج طحالب فايوسايتس كميات كبيرة من الرغوة التي غالبا ما تؤثر على السواحل والشواطئ، ويمكن أيضا أن تنتج ثنائي سلفات الميثيل، وهو رذاذ يساهم في تكوين السحب والأمطار الحمضية.

البلطيق ونظام دوران مصبات الأنهار إليه[10]، فإنه معرض بشكل خاص لفرط المغذيات. وبالتالي، فإنه يستضيف أكبر منطقة من المناطق المنقوصة الأكسجين بسبب النشاط البشري في العالم (Carstensen and others, 2014). وقد بدأ التغير من حالة صحية تخلو من مشاكل فرط المغذيات في أواخر الخمسينيات وأوائل الستينيات من القرن العشرين.

وتمثل المدخلات النهرية من النيتروجين والفوسفور معظم المدخلات التي وصلت إلى بحر البلطيق خلال الفترة من 1995 إلى 2015 (Sonesten and others, 2018). وكانت نسبة المدخلات من النيتروجين والفوسفور أعلى عموماً خلال الفترة 1995–2002 (650–900 × 10^6 كلغ من النيتروجين لكل عام و 33–43 × 10^6 كلغ من الفوسفور لكل عام) مقارنة بالفترة 2003–2015 (500–775 × 10^6 كلغ من النيتروجين لكل عام و 22–35 × 10^6 كلغ من الفوسفور لكل عام). وشكلت حمولات الجرعات الأساسية الطبيعية من النيتروجين والفوسفور حوالي 33 في المائة من هذه المدخلات خلال الفترة الأخيرة (Sonesten and others, 2018). كما انخفض الترسب الجوي خلال هذه الفترة من حوالي 300 × 10^6 كلغ من النيتروجين لكل عام في عام 1995 إلى 210 × 10^6 كلغ من النيتروجين لكل عام في عام 2011. ويعزى انخفاض المدخلات خلال الفترة 2003–2015، جزئياً، إلى حدوث فترات جفاف مع انخفاض تدفقات الأنهار (في الأعوام 2003 و 2014 و 2015).

وخلال الفترة نفسها تقريباً (1993–2016)، زاد الامتداد المكاني لنقص الأكسجين – انعدام الأكسجين الموسمي من حوالي 000 5 كيلومتر مربع (1,3 في المائة من مساحة بحر البلطيق) ليصل إلى ما يزيد عن 000 60 كيلومتر مربع (أكثر من 16 في المائة من مساحة بحر البلطيق) (Limburg and Casini, 2018)، ويرجع ذلك من جهة إلى الزيادات في قوة الهبوط الحراري الموسمي وتمارج الملوحة الموسمي في عمود المياه العلوي (أقل من 100 م) (Liblik and Lips, 2019) ومن جهة ثانية إلى أن نوبات التهوية في المياه العميقة في الأحواض كانت أقل تكراراً وأقصر مدةً خلال العقدين الماضيين (Carstensen and others, 2014؛ و Schmale and others, 2016). ونقص الأكسجين الموسمي لا يؤثر فقط على الحياة القاعية المعتمدة على التنفس الهوائي، وإنما قد يعزز أيضا حدوث المزيد من حالات تكاثر البكتيريا الزرقاء. وما فتئت التراكمات السطحية الهائلة للبكتيريا الزرقاء المثبتة للنيتروجين (وهي في الغالب أنواع من جنس طحالب نودولاريا Nodularia) تتكثف خلال فصل الصيف منذ عام 1982، وهو اتجاه يرتبط مع زيادات في الامتداد المكاني لنقص الأكسجين وحمولة الفوسفور البشرية المنشأ (Pliński and others, 2007؛ و Funkey and others, 2014). ويؤدي التدفق التنازلي المعزز للمواد العضوية القابلة للتحلل الناجمة عن حالات التكاثر هذه إلى رفع الطلب على الأكسجين وزيادة تجدد الفوسفور في المياه السفلية، فتنجم عن ذلك حلقات إيجابية من التغذية المرتدة بين الإثراء بالمغذيات البشرية المنشأ وتكاثر البكتيريا الزرقاء واستنفاد الأكسجين. وبالإضافة إلى ذلك، تنتج بعض أنواع البكتيريا الزرقاء مواد سمية تؤثر في قطاع الترفيه ومصائد الأسماك. وبالتالي، وعلى الرغم من أن احترار المحيطات والتحولات في أنماط الدوران من العوامل الهامة التي تساهم في تعديل درجة نقص الأكسجين، سيكون من الضروري تحقيق مزيد من التخفيضات في نسبة المغذيات في بحر البلطيق للحد من تأثيرات تناقص الأكسجين على النظم الإيكولوجية.

وكانت مسألة الحد من فرط المغذيات في بحر البلطيق قد حظيت بقدر أكبر من الجهود المتضافرة والبحوث المستمرة مقارنة بأي منطقة ساحلية أخرى في العالم (Boesch, 2019). ومنذ منتصف تسعينيات القرن

[10] هناك عتبة عند عمق أقل من 20 مترا تفصل بحر البلطيق وأحواضه عن بحر الشمال. ويتكون دوران مصبات الأنهار (المدفوع بالكثافة) جراء تدفق المياه السطحية من بحر البلطيق عبر مضيق الدانمرك إلى بحر الشمال والمياه القاعية المتدفقة إلى أحواض البلطيق عبر مضيق الدانمركي من بحر الشمال (Szymczycha and others, 2019).

الماضي، تحققت تخفيضات ذات دلالة إحصائية في الحمولات البشرية المنشأ من النيتروجين والفوسفور (Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM), 2018؛ و Sonesten and others 2018). وبالمقارنة مع الفترة المرجعية (1997–2003)، انخفضت المدخلات النهرية من النيتروجين والفوسفور التي جرى احتساب قيمتها الطبيعية حسب التدفقات بنسبة 12 في المائة و 25 في المائة على التوالي، ومقارنة بعام 1995، انخفض الترسب الجوي للنيتروجين الذي جرى احتساب قيمته الطبيعية حسب معدل التهطال بنسبة 29 في المائة. وبعد استحداث تدابير لخفض نسبة المغذيات، بدأ التعافي في بعض الأحواض خلال أواخر التسعينيات، بينما بدأ في أحواض أخرى في أوائل القرن الحادي والعشرين (Murray and others, 2019). ومع ذلك، ونظرا للزيادة المستمرة في التطبق الرأسي وما يرتبط به من عزل للمياه العميقة عن المياه السطحية التي يتوافر بها الأكسجين (Liblik and Lips, 2019)، فإن قابلية بحر البلطيق للتعرض لفرط المغذيات ستزداد إذا استمر هذا الاتجاه، وهو ما يؤكد أهمية إعمال الحد الأقصى المسموح به من المدخلات، على النحو المحدد في خطة عمل بحر البلطيق[11]. وتحقيقاً لهذه الغاية، يلزم زيادة تخفيض مدخلات النيتروجين والفوسفور من المصادر البشرية ككل (أي الناجمة عن المصادر النهرية بالإضافة إلى المصادر الجوية) بنسبة 12 في المائة و 25 في المائة، على التوالي، لضمان سلامة بحر البلطيق.

3-4 - خليج المكسيك (النظام الإيكولوجي البحري الكبير 5؛ 1 530 400 كيلومتر مربع)

تبلغ تأثيرات حمولة المغذيات البشرية المنشأ أقصى حد لها في شمال خليج المكسيك. وترتبط التغيرات السنوية في حمولة المغذيات ارتباطاً مباشراً بالتغيرات المسجلة في تدفق نهري المسيسيبي وأتشافالايا (Rabalais and others 2007). وخلال الفترة 1980–2017، تذبذت مدخلات النيتروجين غير العضوي المذاب السنوية حول 1000×10^6 كلغ لكل عام، مع حد أدنى سنوي يناهز 600×10^6 كلغ في عام 2000، وبحد أقصى سنوي قدره 1800×10^6 كلغ في عام 1993[12]. ونتيجة لذلك، يكون شمال خليج المكسيك في فصل الصيف ثاني أكبر منطقة ساحلية في العالم تعاني من نقص الأكسجين، حيث تراوح الامتداد المكاني للمناطق المنقوصة الأكسجين بين ما يقل عن 5 000 كيلومتر مربع في عام 2000 إلى 22 720 كيلومترا مربع في عام 2017، مع متوسط قدره 13 700 كيلومتر مربع (Rabalais and others, 2007؛ وMatli and others, 2018).

وبالإضافة إلى نقص الأكسجين في مياه القاع، يبدو أن الزيادات في حمولة المغذيات تعزز من تكاثر العوالق النباتية السامة. وقد ازدادت وفرة الأنواع من جنس النيتشية الزائفة على الجرف منذ الخمسينيات، وهو اتجاه قد يكون مرتبطا بالزيادة الطويلة الأجل في حمولة المغذيات (Dortch and others, 1997). وتنشأ حالات التكاثر الموسمية عندما تبدأ درجة حرارة المياه السطحية في الارتفاع في فصل الربيع ويتزايد تصريف الأنهار، ولكن قبل بلوغ الذروة الموسمية في التدفق وفي الكتلة الأحيائية للعوالق النباتية (Bargu and others, 2016). وقد لوحظ أن حالات بلوغ الذروة في وفرة الكائنات دوّامية السِّياط (أنواع من جنس Dinophysis وأنواع من جنس Prorocentrum) التي يحتمل إنتاجها لمواد سامة (تتزامن مع بلوغ تدفق الأنهار ذروتها الموسمية (Bargu and others, 2016).

4-4 - شمال جرف البرازيل (النظام الإيكولوجي البحري الكبير 17؛ 1 034 600 كيلومتر مربع)

إن نهر الأمازون، الذي يبلغ متوسط تصريف المياه العذبة فيه 120 000 متر مكعب في الثانية (حيث يبلغ الحد الأقصى الموسمي حوالي 240 000 متر مكعب في الثانية في

[11] متاح في https://helcom.fi/baltic-sea-action-plan.
[12] متاح في: https://nrtwq.usgs.gov/mississippi_loads/#/GULF.

أيار/مايو، والحد الأدنى 80 000 متر مكعب في الثانية في تشرين الثاني/نوفمبر)، يشكل انبعاثا عموديا سطحيا واسعا وديناميا من المياه المنخفضة الملوحة، والغنية نسبيا بالمغذيات يمتد إلى داخل عرض البحر فوق شمالي جرف البرازيل. والنهر هو المصدر الرئيسي للسيليكات (83–91 في المائة)، والنترات (62–76 في المائة)، والفوسفات (48–65 في المائة) للنظام الإيكولوجي البحري الكبير في شمال جرف البرازيل (Demaster and Pope, 1996). والإمدادات السنوية من النيتروجين المنقولة بالنهر (ومتوسطها حوالي $1\,050 \times 10^6$ كلغ من النيتروجين لكل عام) تدعم وجود نظام إيكولوجي يتسم بفرط المغذيات (730 غراماً من الكربون لكل متر مربع في العام) في مياه الملوحة المتوسطة (ميزوهالين) (نسبة الملوحة 30–35) من الانبعاث العموديالساحلي (Dagg and others, 2004؛ وSantos and others, 2008 و Coles and others, 2013).

وصافي الإنتاج الأولي هو محدود في النترات، وقد لوحظت حالات تكاثر واسعة من تجمعات الدياتوم – ديازوتروب[13] في الاثنبعاث العمودي المتوسط الملوحة خلال كل من فصلي الربيع والخريف (Gomes and others, 2018). وبالنظر إلى انتشار مياه الانبعاث العمودي في منطقة البحر الكاريبي والمحيط الأطلسي الاستوائي (Coles and others, 2013)، فقد تكون حالات التكاثر هذه مصدراً هاماً لكميات جديدة من النيتروجين لدعم الإنتاج الأولي وحزام السرغس الأطلسي العظيم (Wang and others, 2019) في المياه المدارية التي تتسم بنقص المغذيات (Subramaniam and others, 2008؛ و Yeung and others, 2012).

5-4 – تيار غينيا (النظام الإيكولوجي البحري الكبير 28؛ 800 958 1 كيلومتر مربع)

يقع خليج غينيا داخل النظام الإيكولوجي البحري الكبير لتيار غينيا (Heileman, 2008)، ويتلقى تصريفات المياه العذبة من 15 نهرا، من بينها نهر الكونغو (ثاني أكبر نهر على وجه الأرض) مع متوسط تصريف سنوي يبناهز 40 000 متر مكعب في الثانية (Hopkins and others, 2013). وهو أيضا ثاني أكبر مُصدِّر للكربون العضوي الأرضي إلى المحيطات على مستوى العالم (Spencer and others, 2012). ويؤدي تدفق هذا الكم الكبير من المياه إلى جنوب شرق المحيط الأطلسي إلى تكون انبعاث عمودي شاسع يتسم بانخفاض الملوحة ويتميز بارتفاع الكلوروفيل الذي يمكن ملاحظة وجوده على بعد مسافة تصل إلى 700–800 كم إلى الغرب والشمال من مصب النهر (Hopkins and others, 2013).

وتفتقر معظم المدن الساحلية المتاخمة للخليج إلى البنية التحتية الأساسية لمعالجة مياه الصرف الصحي، ويتم نقل كميات كبيرة من النيتروجين والفوسفور من المصادر البلدية والزراعية إلى الخليج عن طريق الجريان السطحي النهري[14]. ويقدر أن حمولة النيتروجين البشرية المنشأ المنقولة بواسطة الأنهار حالياً تتراوح بين 600 و $1\,000 \times 10^6$ كلغ من النيتروجين لكل عام، مما يضع المنطقة في فئة عالية المخاطر فيما يتعلق بفرط المغذيات (Seitzinger and Mayorga, 2016).

وبالتالي، يتسم الخليج بارتفاع صافي الإنتاج الأولي من العوالق النباتية (356–438 غرام من الكربون للمتر المربع لكل عام، خلال الفترة 2003–2013) تدعمه مدخلات المغذيات الآتية من كل من الجريان السطحي النهري وارتفاع مياه القاع إلى المياه السطحية الساحلية[15]. وقد أدى التلوث بالمغذيات في نُظم البحيرات

[13] دياتومات *Hemiaulus hauckii* و *Rizosolenia clevei* التي تحتوي على البكتيريا الزرقاء التكافلية من نوع ريشيليا تشكل حوالي 28 في المائة من الكتلة الأحيائية في المياه المتوسطة الملوحة من الانبعاث العمودي.

[14] انظر: https://some.grida.no/media/23569/state-of-the-coastal-and-marine-ecosystems-in-gclme.pdf.

[15] انظر http://onesharedocean.org/public_store/lmes_factsheets/factsheet_28_Guinea_Current.pdf.

الساحلية، ولا سيما بالقرب من المراكز الحضرية، إلى حدوث زيادات في الكتلة الأحيائية للعوالق النباتية واستنفاد الأكسجين، مما أدى إلى انخفاض في مستويات تكاثر الأسماك وزيادة في الأمراض المنقولة بواسطة المياه (Scheren and others, 2002). وبالإضافة إلى ذلك، فقد تبين أن مجتمع العوالق النباتية في المياه الساحلية خارج البحيرات تهيمن عليها الدياتومات والبكتيريا الزرقاء، في حين تم الكشف عن أنواع من الكائنات الدوّامية السياط ذات السمية المحتملة (أنواع من جنس Dinophysis caudata و Lingulodinium polyedrum و Prorocentrum) (Zendong and others, 2016).

6-4 - خليج البنغال (النظام الإيكولوجي البحري الكبير 34؛ 500 657 3 كيلومتر مربع)

إن مدخلات المياه العذبة إلى خليج البنغال مرتفعة نتيجة لتساقط الأمطار الموسمية وجريان مياه الأنهار (Yaremchuk and others, 2005). وتتدفق إلى الخليج في المجموع خمسة أنهار هي من بين أكبر 50 نهراً في العالم (Sengupta and others, 2006). وتبلغ الملوحة أدنى مستوياتها في الخليج الشمالي، قبالة دلتا نهر الغانج، وقبالة دلتا نهر أييارودي في خليج مارتابان، لا سيما خلال فصل الأمطار الموسمية من حزيران/يونيه إلى تشرين الأول/أكتوبر (Akhil and others, 2016). ونقلت الأنهار إلى خليج البنغال في عام 2000 كميات من النيتروجين والفوسفور أكبر بنسبة 35-45 في المائة مما نقلته في عام 1970، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى زيادة استخدام الأسمدة (Sattar and others, 2014). وفي عام 2000، نقلت الأنهار إلى الخليج 100 7 × 10^6 كلغ من النيتروجين لكل عام و 500 1 × 10^6 كلغ من الفوسفور لكل عام. وتعزى إلى ثلاثة أنهار (هي الغانج وغودافاري وأييارودي) نسبة 75-80 في المائة من إجمالي المدخلات النهرية من النيتروجين والفوسفور (Pedde and others, 2017). وقد قُدِّر أن الترسب الجوي يتراوح بين 100 و 100 3 × 10^6 كلغ من النيتروجين لكل عام، علماً أن معظم التقديرات تقترب من الرقم الأعلى من النطاق (Srinivas and Sarin, 2013). وعلى هذا النحو، يمكن أن يكون الترسب الجوي مصدرا رئيسيا للنيتروجين بالإضافة إلى المدخلات النهرية. كما أن نسب النيتروجين والفوسفور إلى السيليكون آخذة في الازدياد، مما يشير إلى تزايد خطر تكاثر الأنواع غير الدياتومية التي قد تنتج السموم وتتسبب بطرق أخرى في تعطيل النظم الإيكولوجية الساحلية (Pedde and others, 2017).

ويؤدي تمارج الملوحة القوي إلى الحد من الإثراء بالمغذيات الآتية من المياه العميقة، ومن ثم قلة المغذيات في وسط الخليج (Kay and others, 2018). والمياه الساحلية أكثر إنتاجية بكثير[16] (أكثر من 300 غرام من الكربون للمتر المربع لكل عام) نتيجة للمدخلات النهرية من النيتروجين والفوسفور. وتقع الأجزاء التي يرتفع فيها فرط المغذيات في المناطق الساحلية قبالة دلتا نهر الغانج (بنغلاديش) في الخليج الشمالي وفي خليج مارتابان قبالة دلتا نهر أييارودي (ميانمار) في الخليج الشرقي (Kay and others, 2018؛ و Monolisha and others, 2018). أما الكتلة الأحيائية للعوالق النباتية الآتية من هذه المناطق الخصبة والتي لا تُستهلك في المنطقة المضاءة فإنها تنزل إلى العمق (150-600 متر) حيث تتحلل، مما يؤدي إلى واحدة من أكبر المناطق المنقوصة الأكسجين (60 000 كيلومتر مربع) في محيطات العالم (Bristow and others, 2017؛ و Kay and others, 2018). وبالإضافة إلى ذلك، لوحظت أنواع يحتمل أن تكون سامة على طول الساحل الشرقي للهند (Mohanty and others, 2007؛ و Sahu and others, 2014).

[16] انظر http://lme.edc.uri.edu/LME/images/Content/LME_Briefs/lme_34.pdf.

4-7 - بحر الصين الجنوبي (النظام الإيكولوجي البحري الكبير 36؛ 5 661 000 كيلومتر مربع)

يعتبر بحر الصين الجنوبي ككل بحرا معتدل الإنتاجية[17] (150-300 غرام من الكربون للمتر المربع لكل عام) ولكنه "الأكثر" عرضة لخطرفرط المغذيات (Seitzinger and Mayorga, 2016). وتهيمن الأنهار التي تتدفق في مصب نهر اللؤلؤ كمصر للمدخلات النهرية من المياه العذبة والمغذيات في المياه الساحلية للبحر (Harrison and others 2008؛ و Chen and others, 2009). وخلال موسم الأمطار (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر) الذي تسجَّل خلاله نسبة 80 في المائة من تصريف الأنهار (Yin and others, 2001)، يمتد دوران مصبات الأنهار الثنائي الطبقات إلى الجرف الداخلي بينما ينتقل الانبعاث المائي السطحي الغني بالمغذيات على طول الساحل وينتشر على بعد 250 كم على الأقل في المناطق الداخلية من البحر (Jilan, 2004؛ و Chen and others, 2017).

وفي أواخر السبعينيات من القرن الماضي، كانت دلتا النهر الخصبة شمالي هونغ كونغ، الصين، تستخدم أساسا لأغراض الزراعة. ومنذ ذلك الحين، تحولت دلتا نهر اللؤلؤ من أراض زراعية إلى مدينة كبرى. ونتيجة لذلك، زادت مدخلات النيتروجين والفوسفور المذابة عبر دلتا نهر اللؤلؤ بمعدل يتراوح بين مرتين إلى خمس مرات خلال الثمانينيات والتسعينيات، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى زيادة في تصريف النفايات الحضرية والمغذيات الناتجة عن عمليات تربية الأحياء المائية (Yin and Harrison, 2008). واستقرت نسبة المدخلات خلال الفترة 2006-2012 حيث ظلت درجات التركيز في حدود 500-1000 × 10^6 كلغ من النيتروجين لكل عام و 20-40 × 10^6 كلغ من الفوسفور لكل عام دون تسجيل أي اتجاه سنوي محدد (Tong and others, 2015). وعلى الرغم من أن التقديرات تشير إلى أن الترسب الجوي للنيتروجين فوق بحر الصين الجنوبي ككل أعلى من ذلك بحوالي قيمة أسّية واحدة (نحو 9 200 × 10^6 كلغ من النيتروجين لكل عام) مقارنة بالمدخلات النهرية (Luo and others, 2014)، فإن الترسب يتوزع على البحر بأكمله، وبالتالي فإنه بالكاد يؤثر في فرط المغذيات في المياه الساحلية مقارنة بالمدخلات التي تنقلها الأنهار.

وعلى وجه العموم، يبدو أن تأثير حمولة المغذيات البشرية المنشأ يقتصر على الحواف الساحلية للبحر (Sun, 2017) التي توجد بها أجزاء تتسم بحالات نقص الأكسجين الموسمية وحالات ظهور الطحالب السامة على مقربة من دلتات الأنهار الرئيسية التي تشهد درجة عالية من التنمية الحضرية (United Nations Environment Programme (UNEP) and others, 2005؛ و Qian and others, 2018). والمناطق التي تشهد أشد حالات فرط المغذيات هي مناطق مرتبطة بمصبات الأنهار الرئيسية. ومن بين أكثر المناطق تضرراً مصب نهر اللؤلؤ السفلي الذي شهد حالات صيفية سنوية لنقص الأكسجين في المياه القاعية. وقد سُجلت حالات استنفاد الأكسجين في المياه القاعية لمصب نهر اللؤلؤ السفلي كل صيف على مدى السنوات الـ 25 الماضية على الأقل (Qian and others, 2018). وخلال تلك الفترة، انخفض الحد الأدنى السنوي لتركيز الأكسجين المذاب في المياه القاعية بمعدل يناهز 2 ± 0,9 مليمول لكل لتر لكل عام نتيجة لكمية تركيز النيتروجين غير العضوي المذاب التي زادت بمعدل يناهز 1,4 ± 0,3 مليمول من النيتروجين لكل لتر لكل عام (Qian and others, 2018).

وقد ازدادت وتيرة حالات ظهور الطحالب السامة في المياه الساحلية الصينية من لا شي خلال خمسينيات وستينيات القرن الماضي، إلى 10 حالات في السبعينيات، و 25 حالة في الثمانينيات، وأكثر من 100 حالة في التسعينيات (Yan and others, 2002). وخلال الفترة 1980 إلى 2003، اتسعت المنطقة المتضررة لتشمل مصبات نهر اللؤلؤ ونهر ماسينلوك وخليج مانيلا

[17] انظر: http://lme.edc.uri.edu/images/Content/LME_Briefs/lme_36.pdf.

(Wang and others, 2008). وتشمل الأنواع السامة نوكتيلوكا سينتيانس (Noctiluca scintillans) التي يحتمل أن تكون سامة (مصب نهر اللؤلؤ) وبايرودينيوم باهامينسي (Pyrodinium bahamense) (مصبات الأنهار الفلبينية). كما ارتبط نوع نوكتيلوكا سينتيانس بنقص الأكسجين وانسداد خياشيم الأسماك، وقد يكون بمثابة ناقل لسموم الطحالب إلى المستويات الأعلى من السلسلة الغذائية (Escalera and others, 2007؛ و Turkoglu, 2013).

4-8 - الحاجز المرجاني العظيم (النظام الإيكولوجي البحري الكبير 40؛ 1 300 000 كيلومتر مربع)

منذ الاستيطان الأوروبي، زادت المدخلات النهرية السنوية من النيتروجين والفوسفور إلى بحيرة الحاجز المرجاني العظيم من حوالي $0,014 \times 10^9$ كلغ من النيتروجين لكل عام إلى $0,080 \times 10^9$ كلغ من النيتروجين لكل عام ومن $1,8 \times 10^6$ كلغ من الفوسفور لكل عام إلى 16×10^6 كلغ من الفوسفور لكل عام (Brodie and others, 2011؛ و Kroon and others, 2012). ويمكن أن تؤدي المدخلات التي تنقلها الأنهار من الفوسفور المذاب غير العضوي (P-PO4) إلى تعزيز نمو أنواع من جنس طحالب نشارة البحر (Trichodesmium). وبينما يجري القيام بأعمال رصد محدودة على نطاق واسع لهذه الأنواع من الطحالب، عبر الحاجز المرجاني العظيم، تشير البيانات الطويلة الأجل المجمعة في موقع واحد بالقرب من حطام يونغالا منذ عام 2010 إلى زيادة تدريجية في وفرة هذه الطحالب (Robson et al, 2018؛ و Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA), 2019). وتشير قدرة الأنواع من طحالب نشارة البحر على تثبيت النيتروجين إلى أن زيادة مستويات P-PO4 وحدها قد تؤدي إلى زيادات في الكتلة الأحيائية للعوالق النباتية، وهناك بعض الأدلة على أن هذه الاتجاهات تشكل عاملاً هاماً في حالة تناقص الشعب الهدابية الموجودة في البحيرة الداخلية للحاجز المرجاني العظيم. وتبين عملية الرصد الطويلة الأجل حاليا أن الغطاء المرجاني الصلب على الحاجز المرجاني العظيم قد تقلص بأكثر من 70 في المائة خلال القرن الماضي (Bell and others, 2014). ويعزى هذا التقلص أساسا إلى الأضرار الناجمة عن العواصف، وحالات حدوث ابيضاض المرجان، والنمو الواسع النطاق لنجم البحر ذي التاج الشوكي (Acanthaster planci) وأمراض الهياكل المرجانية. ويبدو أن المستويات القياسية لنمو العوالق النباتية المجهرية في المناطق المتأثرة بالأنهار في البحيرة تعزز نمو يرقات نجم البحر ذي التاج الشوكي وتفشي نجوم البحر البالغة (Bell, 1992). وهناك أدلة متزايدة على أن فرط المغذيات يعزز أحداث الافتراس من جانب هذا النوع وحالات ابيضاض المرجان وأن هذا سبب من الأسباب الكامنة وراء عدم تعافي الشعاب المرجانية (Bell and others, 2014؛ و GBRMPA, 2019).

4-9 - بحر الصين الشرقي (النظام الإيكولوجي البحري الكبير 47[18]؛ 1 008 100 كيلومتر مربع)

يعتبر بحر الصين الشرقي نظاماً عالي الإنتاجية (أكثر من 300 غرام من الكربون لكل متر لكل عام) وهو يندرج ضمن الفئة "الأكثر" تعرضا لخطر فرط المغذيات (Seitzinger and Mayorga, 2016). ويمثل تدفق نهر يانغتسي (المتوسط السنوي = 200 30 متر مكعب في الثانية) أكثر من 90 في المائة من مدخلات المغذيات إلى البحر (Yuan and others, 2007؛ و Tong and others, 2015). وخلال الفترة من 1968 إلى 1997، تشير التقديرات إلى أن حمولة المغذيات البشرية المنشأ (مثل النترات) المنقولة من نهر يانغتسي إلى البحر قد زادت بأكثر من عشر مرات (Yan and others, 2003). وأجريت مقارنة بين درجات تركيز المغذيات في مصب نهر يانغتسي ومياه البحر المتلقية لها قبل عام 2002 وبعد

[18] انظر: http://lme.edc.uri.edu/LME/images/Content/LME_Briefs/lme_47.pdf.

حجز المياه في سد الخوانق الثلاثة عام 2006 (Chai and others, 2009)، أظهرت زيادات في درجات تركيز إجمالي النيتروجين (41,8 إلى 82,2 ميكرومتر)، والنيتروجين غير العضوي المذاب (24,4 إلى 37,5 ميكرومتر) والفوسفور المتفاعل المذاب (0,9 إلى 1,3 ميكرومتر)، وخلال الفترة من 2006–2012، زاد إجمالي حمولة النيتروجين من 1 350 × 10^6 كلغ لكل عام إلى 2,040 × 10^6 كلغ لكل عام، في حين زاد إجمالي حمولة الفوسفور من 122 × 10^6 كلغ لكل عام إلى 240 × 10^6 كلغ لكل عام (Tong and others, 2015). وقدرت نسبة الترسب الجوي من النيتروجين بحوالي 1,750 × 10^6 كلغ لكل عام، وهي في حدود كمية المدخلات النهرية خلال تلك الفترة (Tong and others, 2015).

وفي حين أن المدخلات الجوية تتوزع عموما على بحر الصين الشرقي بأكمله، فإن تأثير المغذيات التي تنقلها الأنهار، خلال فصل الأمطار الموسمية الصيفية، يتركز أساسا في المياه الساحلية. وبالتالي، فإن تركيز الكلوروفيل-أ في سطح البحر هو أعلى ما يكون بالقرب من الشاطئ داخل الانبعاث العمودي (أكثر من 10 ملغم لكل متر مكعب) وينخفض بسرعة مع بُعد المسافة ليصل إلى درجات تركيز منخفضة (أقل من 0,5 ملغم لكل متر مكعب) في المياه المفتوحة في ما وراء الجرف القاري (Yuan and others, 2007). وأدت الزيادة السنوية في حمولة المغذيات أيضا إلى زيادات في الكتلة الأحيائية للعوالق النباتية على مر السنين (Zhou and others, 2019).

ويؤدي هبوط المواد العضوية التي تنتجها العوالق النباتية في أدنى المصب والانبعاث العمودي الساحلي إلى زيادة استهلاك الأكسجين وحدوث حالات نقص الأكسجين في مياه القاع خلال فصل الصيف. وقد تزايد حدوث حالات نقص الأكسجين وتواترها وامتدادها المكاني منذ أواخر تسعينات القرن الماضي (Li and others, 2011؛ و Wei and others, 2015). واليوم، تعتبر منطقة البحر المتأثرة بالانبعاث العمودي الساحلي لنهر يانغتسي واحدة من أكبر المناطق الساحلية المنقوصة الأكسجين في العالم (أكثر من 12 000 كيلومتر مربع) (Chen and others, 2007; Wang and others, 2016; Zhu and others, 2017؛ و Wang and others, 2016, 2017؛ و Zhu and others).

ومع زيادة مدخلات المغذيات الآتية من نهر يانغتسي، ازدادت حالات تكاثر الطحالب السامة المبلغ عنها على طول ساحل البحر من الصفر في خمسينيات وستينيات القرن الماضي إلى 10 حالات في السبعينيات، و 25 حالة في الثمانينيات، وأكثر من 100 حالة في التسعينيات (Yan and others, 2002). وعلى وجه الخصوص، سُجلت حالات تكاثر واسعة النطاق (تغطي مساحة تزيد على 1 000 كيلومتر مربع) كل عام منذ عام 1998، وأصبح بروروسنتروم دونغاينسي (Prorocentrum donghaiense) هو النوع المتكاثر بشكل متكرر لأكثر من عشر سنوات (Li and others, 2009؛ و Lu and others, 2014). وقد لوحظت حالات تكاثر لأنواع يحتمل أن تكون سامة وهي كارلوديينوم فينيفيسوم (Karodinium veneficum) وكارينيا ميكيموتوي (Karenia mikimotoi) وألكسندريوم تامارينسي (Alexandrium tamarense) و ألكسندريوم كاتينيلا (Alexandrium catenella) و هيتيروسيغما أكاشيوو (Heterosigma akashiwo) و (Lu and others, 2014؛ و Zhou and others, 2015؛ و Wang and others, 2018).

5 - آفاق المستقبل

من المتوقع أن يزيد إنتاج النيتروجين البشري المنشأ بمقدار الضعف تقريباً خلال النصف الأول من القرن الحادي والعشرين، واستناداً إلى الزيادات المتوقعة بنسبة 40–45 في المائة في حمولة النيتروجين غير العضوي المذاب بحلول عام 2050، سيزداد خطر فرط المغذيات في المناطق الساحلية في 21 في المائة من النظم الإيكولوجية البحرية الكبيرة، ومعظمها في أفريقيا وأمريكا الجنوبية وجنوب آسيا وأوقيانوسيا. ومن المرجح أن تتفاقم تأثيرات الزيادات المستمرة في حمولة النيتروجين بسبب الزيادات الناجمة عن المناخ في درجات حرارة المحيطات، والتطبق الرأسي، وهطول الأمطار، وتدفق ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي إلى المحيط (Guinder and Molinero, 2013). وبالتالي، من المرجح أن يستمر أيضاً تزايد حالات نقص الأكسجين في المناطق الساحلية، والتحمض، وظهور الطحالب السامة، من حيث الحدة والامتداد المكاني، في حال عدم اتخاذ إجراءات صارمة تهدف إلى الحد من المدخلات البشرية المنشأ من النيتروجين والفوسفور (Townhill and others, 2018).

وتنقسم الثغرات الهامة في الفهم الحالي لتأثيرات مدخلات المغذيات البشرية المنشأ على المناطق البحرية الساحلية إلى فئتين عريضتين: (أ) نقص البيانات عن النظم الإيكولوجية الساحلية في نصف الكرة الجنوبي (Altieri and others, 2019؛ و Diaz and others, 2019)؛ (ب) الحاجة إلى فهم أوجه التآزر بين تأثيرات حمولة المغذيات والتغيرات التي تحدث بسبب المناخ في النظم الإيكولوجية الساحلية (Paerl and others, 2014).

المراجع

Akhil, V.P., and others (2016). Assessment of seasonal and year-to-year surface salinity signals retrieved from SMOS and Aquarius missions in the Bay of Bengal. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 37, No.5, pp. 1089–1114.

Altieri, Andrew H., and Robert J. Diaz (2019). Dead zones: oxygen depletion in coastal ecosystems. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, Elsevier, pp. 453–473.

Bachmann, R.W., and others (2006). Eutrophication in freshwater and marine systems. *Limnology and Oceanography,* vol. 51, pp. 351–800.

Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM) (2018). *State of the Baltic Sea: Second HELCOM Holistic Assessment 2011–2016*. Baltic Sea Environment Proceedings 155. Baltic Marine Environment Protection Commission.

Barbier, Edward B., and others (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, vol. 81, No. 2, pp. 169–193.

Bargu, Sibel, and others (2016). Influence of the Mississippi River on *Pseudo-nitzschia* spp.: abundance and toxicity in Louisiana coastal waters. *Estuaries and Coasts*, vol. 39, No. 5, pp. 1345–1356.

Bell, Peter R.F., and others (2014). Evidence of large-scale chronic eutrophication in the Great Barrier Reef: quantification of chlorophyll *a* thresholds for sustaining coral reef communities. *Ambio*, vol. 43, No. 3, pp. 361–376.

Bell, Peter R.F. (1992). Eutrophication and coral reefs: some examples in the Great Barrier Reef lagoon. *Water Research*, vol. 26, No. 5, pp. 553–568.

Beusen, Arthur H.W., and others (2016). Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences*, vol. 13, No. 8, pp. 2441–2451.

Boesch, Donald F. (2019). Barriers and bridges in abating coastal eutrophication. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 123.

Bouwman, Lex, and others (2013). Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 52, pp. 20882–20887.

Boyer, Elizabeth W., and Robert W. Howarth (2008). Nitrogen fluxes from rivers to the coastal oceans. In *Nitrogen in the Marine Environment*, Elsevier Inc., pp.1565–1587.

Breitburg, Denise, and others (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, vol. 359, No. 6371.

Bristow, Laura A., and others (2017). N_2 production rates limited by nitrite availability in the Bay of Bengal oxygen minimum zone. *Nature Geoscience*, vol. 10, No. 1, pp. 24–29.

Brodie, J.E., and others (2011). Assessment of the eutrophication status of the Great Barrier Reef lagoon (Australia). *Biogeochemistry*, vol. 106, No. 2, pp. 281–302.

Carstensen, Jacob, and others (2014). Deoxygenation of the Baltic Sea during the last century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 15, pp. 5628–5633.

Chai, Chao, and others (2009). Nutrient characteristics in the Yangtze River Estuary and the adjacent East China Sea before and after impoundment of the Three Gorges Dam. *Science of the Total Environment,* vol. 407, no. 16, pp. 4687–4695.

Chen, Bingzhang, and others (2009). Estuarine nutrient loading affects phytoplankton growth and microzooplankton grazing at two contrasting sites in Hong Kong, China, coastal waters. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 379, pp. 77–90.

Chen, Chung-Chi, and others (2007). Hypoxia in the East China Sea: one of the largest coastal low-oxygen areas in the world. *Marine Environmental Research*, vol. 64, No. 4, pp. 399–408.

Chen, Zhaoyun, and others (2017). Far-reaching transport of Pearl River plume water by upwelling jet in the northeastern South China Sea. *Journal of Marine Systems*, vol. 173, pp. 60–69.

Coles, Victoria J., and others (2013). The pathways and properties of the Amazon River Plume in the tropical North Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 118, No. 12, pp. 6894–6913.

Costanza, Robert, and others (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, vol. 28, pp. 1–16.

Dagg, Michael, and others (2004). Transformation of dissolved and particulate materials on continental shelves influenced by large rivers: plume processes. *Continental Shelf Research*, vol. 24, Nos. 7 and 8, pp. 833–858.

Demaster, David J., and Robert H. Pope (1996). Nutrient dynamics in Amazon shelf waters: results from AMASSEDS. *Continental Shelf Research*, vol. 16, No. 3., pp. 263–289.

Dentener, Frank, and others (2006). Nitrogen and sulfur deposition on regional and global scales: a multimodel evaluation. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 20, No. 4,

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

Diaz, Robert J., and others (2019). Hypoxia in estuaries and semi-enclosed seas. In *Ocean Deoxygenation–Everyone's Problem: Causes, Impacts, Consequences and Solutions*, D. Laffoley and J. M. Baxter, eds. Gland, Switzerland: IUCN.

Dortch, Quay, and others (1997). Abundance and vertical flux of *Pseudo-nitzschia* in the northern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 146, pp. 249–264.

Duce, R.A., and others (2008). Impacts of atmospheric anthropogenic nitrogen on the open ocean. *Science*, vol. 320, No. 5878, pp. 893–897.

Elser, James J., and others (2007). Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, vol. 10, No. 12, pp. 1135–1142.

Escalera, Laura, and others (2007). *Noctiluca scintillans* may act as a vector of toxigenic microalgae. *Harmful Algae*, vol. 6, No. 3, pp. 317–320.

Fabricius, Katharina E. (2011). Factors determining the resilience of coral reefs to eutrophication: a review and conceptual model. In *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*, Zvy Dubinsky and Noga Stambler, eds. New York: Springer, pp. 493–505.

Fourqurean, James W., and others (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, vol. 5, No. 7, pp. 505–509.

Funkey, Carolina P., and others (2014). Hypoxia sustains cyanobacteria blooms in the Baltic Sea. *Environmental Science & Technology*, vol. 48, No. 5, pp. 2598–2602.

Galloway, James N., and others (2004). Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry*, vol. 70, No. 2, pp. 153–226.

Glibert, Patricia, and Lex Bouwman (2012). Land-based nutrient pollution and the relationship to harmful algal blooms in coastal marine systems. *Loicz Newsletter Inprint*, vol. 2, pp. 5–7.

Glibert, Patricia M., and others (2005). The global, complex phenomena of harmful algal blooms. *Oceanography*, vol. 18, No. 2.

Glibert, Patricia M., and others (2014). Vulnerability of coastal ecosystems to changes in harmful algal bloom distribution in response to climate change: projections based on model analysis. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 12, pp. 3845–3858.

Glibert, Patricia M., and others (2018). Key questions and recent research advances on harmful algal blooms in relation to nutrients and eutrophication. In *Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms*. Springer, pp. 229–259.

Gomes, Helga Rosario, and others (2018). The influence of riverine nutrients in niche partitioning of phytoplankton communities – a contrast between the Amazon River Plume and the Chang Jiang (Yangtze) River diluted water of the East China Sea. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 343.

Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA) 2019. Great Barrier Reef Outlook Report 2019, GBRMPA, Townsville, Australia.

Green, Pamela A., and others (2004). Pre-industrial and contemporary fluxes of nitrogen through rivers: a global assessment based on typology. *Biogeochemistry*, vol. 68, No. 1, pp. 71–105.

Greenwood, N., and others (2010). Detection of low bottom water oxygen concentrations in the North Sea; implications for monitoring and assessment of ecosystem health. *Biogeosciences*, vol. 7, No. 4, pp. 1357–1373.

Guinder, Valeria, and Juan Carlos Molinero (2013). Climate change effects on marine phytoplankton. *Marine Ecology in a Changing World*, Andrés H. Arias and María C. Menendez, eds. Boca Raton, Florida, CRC Press, pp. 68–90.

Hargrave, Barry T., ed. (2005). *Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture*. Berlin: Springer.

Harrison, John A., and others (2005). Dissolved inorganic phosphorus export to the coastal zone: results from a spatially explicit, global model. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 19, No. 4.

Harrison, Paul J., and others (2008). Physical–biological coupling in the Pearl River Estuary. *Continental Shelf Research*, vol. 28, No. 12, pp. 1405–1415.

Heileman, S. (2008). Guinea Current LME. In *The UNEP Large Marine Ecosystem Report: A Perspective on Changing Conditions in LMEs of the World's Regional Seas*, K. Sherman and G. Hempel, eds. Nairobi: UNEP, 1.

Heisler, John, and others (2008). Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. *Harmful Algae*, vol. 8, No.,1, pp. 3–13.

Heron, Scott Fraser, and others (2017). *Impacts of Climate Change on World Heritage Coral Reefs: A First Global Scientific Assessment*. Paris: UNESCO World Heritage Centre.

Hopkins, Jo, and others (2013). Detection and variability of the Congo River plume from satellite derived sea surface temperature, salinity, ocean colour and sea level. *Remote Sensing of Environment*, vol. 139, pp. 365–385.

Howarth, R.W., and others (1996). Riverine inputs of nitrogen to the North Atlantic Ocean: fluxes and human influences. *Biogeochemistry*, vol. 35, pp. 75–139.

Howarth, R.W., and others (2011). Coupled biogeochemical cycles: eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 9, No. 1, pp. 18–26.

Howarth, R.W., and others (2012). Nitrogen fluxes from the landscape are controlled by net anthropogenic nitrogen inputs and by climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 10, No. 1, pp. 37–43.

Howarth, Robert W. (2008). Coastal nitrogen pollution: a review of sources and trends globally and regionally. *Harmful Algae*, vol. 8, No. 1, pp. 14–20.

Howarth, Robert W., and others (2000). Nutrient pollution of coastal rivers, bays, and seas. *Issues in Ecology*, No. 7.

Howarth, Robert W., and Roxanne Marino (2006). Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over three decades. *Limnology and Oceanography*, vol. 51, No. 1, part 2, pp. 364–376.

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 Panel on Climate Change (IPCC) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. C. B. Field and others, eds. Cambridge: Cambridge University Press.

Jickells, T.D., and others (2017). A reevaluation of the magnitude and impacts of anthropogenic atmospheric nitrogen inputs on the ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 31, No. 2, pp. 289–305.

Jilan, Su (2004). Overview of the South China Sea circulation and its influence on the coastal physical oceanography outside the Pearl River Estuary. *Continental Shelf Research*, vol. 24, No. 16, pp. 1745–1760.

Kay, Susan, and others (2018). Marine dynamics and productivity in the Bay of Bengal. In *Ecosystem Services for Well-Being in Deltas: Integrated Assessment for Policy Analysis*. Robert J. Nicholls and others, eds. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, pp. 263–275. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71093-8_14.

Kemp, W.M., and others (2009). Temporal responses of coastal hypoxia to nutrient loading and physical controls. *Biogeosciences*, vol. 6, No. 12, pp. 2985–3008.

Kroon, F.J., and others (2012). River loads of suspended solids, nitrogen, phosphorus and herbicides delivered to the Great Barrier Reef lagoon. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 65, Nos. 4–9, pp. 167–181.

Lamsal, L.N., and others (2011). Application of satellite observations for timely updates to global anthropogenic NO_x emission inventories. *Geophysical Research Letters*, vol. 38, No. 5.

Lancelot, Christiane, and others (1987). *Phaeocystis* blooms and nutrient enrichment in the continental coastal zones of the North Sea. *Ambio*, No. 1.

Lancelot, Christiane, and others (1995). The mucilage phenomenon in the continental coastal waters of the North Sea. *Science of the Total Environment*, vol. 165, Nos.1–3, pp. 83–102.

Lee, Rosalynn Y., and others (2016). Land-based nutrient loading to LMEs: a global watershed perspective on magnitudes and sources. *Environmental Development*, vol. 17, pp. 220–229.

Li, Ji, and others (2009). Relationships between nitrogen and phosphorus forms and ratios and the development of dinoflagellate blooms in the East China Sea. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 383, pp. 11–26.

Li, Xinxin, and others (2011). Historical trends of hypoxia in Changjiang River estuary: applications of chemical biomarkers and microfossils. *Journal of Marine Systems*, vol. 86, Nos. 3 and 4, pp. 57–68.

Liblik, T., and Lips, U. (2019). Stratification has strengthened in the Baltic Sea: an analysis of 35 years of observational data. *Frontiers In Earth Science*, vol. 7, art. 174. http://doi.org/10.3389/feart.2019.00174.

Limburg, Karin E., and Michele Casini (2018). Effect of marine hypoxia on Baltic Sea Cod *Gadus morhua*: evidence from otolith chemical proxies. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 482.

Lu, Chaoqun, and Hanqin Tian (2017). Global nitrogen and phosphorus fertilizer use for agriculture production in the past half century: shifted hot spots and nutrient imbalance. *Earth System Science Data*, vol. 9, pp. 181–192.

Lu, Douding, and others (2014). Causative species of harmful algal blooms in Chinese coastal waters. *Algological Studies*, vol. 145, No. 1, pp. 145–168.

Luo, X.S., and others (2014). Chinese coastal seas are facing heavy atmospheric nitrogen deposition. *Environmental Research Letters*, vol. 9, No. 9, 095007.

Martínez, Maria Luiza, and others (2007). The coasts of our world: ecological, economic and social importance. *Ecological Economics*, vol. 63, Nos. 2 and 3, pp. 254–272.

Matli, V.R.R., and others (2018). Space–time geostatistical assessment of hypoxia in the Northern Gulf of Mexico. *Environmental Science and Technology*, vol. 52, No. 21, pp. 12484–12493. http://doi.org/10.1021/acs.est.8b03474.

Mohanty Ajit K., and others (2007). Red tide of *Noctiluca scintillans* and its impact on the coastal water quality of the near-shore waters, off the Rushikulya River, Bay of Bengal. *Current Science,* vol. 93, No. 5, pp. 616.–618.

Monolisha, S., and others (2018). Optical classification of the coastal waters of the Northern Indian Ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 87.

Mosier, Arvin R., and others (2004). Nitrogen fertilizer: an essential component of increased food, feed, and fiber production. *Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizer Use on Food Production and the Environment*, vol. 65, pp. 3–15.

Murray, C.J., and others (2019). Past, present and future eutrophication status of the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 2.

Mvungi, Esther F., and Deena Pillay (2019). Eutrophication overrides warming as a stressor for a temperate African seagrass (*Zostera capensis*). *PloS One*, vol. 14, No. 4. e0215129.

Ngatia, Lucy, and others (2019). Nitrogen and phosphorus eutrophication in marine ecosystems. In *Monitoring of Marine Pollution*. London: IntechOpen.

Nixon, Scott W. (1995). Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, vol. 41, No. 1, pp. 199–219.

Paerl, H.W., and others (2002). Atmospheric deposition of nitrogen: implications for nutrient over-enrichment of coastal waters. *Estuaries*, vol. 25, No. 4, pp. 677–693.

Paerl, H.W., and others (2014). Evolving paradigms and challenges in estuarine and coastal eutrophication dynamics in a culturally and climatically stressed world. *Estuaries and Coasts*, vol. 37, No. 2, pp. 243–258.

Paramor, O.A.L., and others (2009). *MEFEPO North Sea Atlas*. University of Liverpool.

Pedde, Simona, and others (2017). Modeling sources of nutrients in rivers draining into the Bay of Bengal: a scenario analysis. *Regional Environmental Change*, vol. 17, No. 8, pp. 2495–2506.

Peñuelas, Josep, and others (2013). Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe. *Nature Communications*, vol. 4, art. 2934.

Pliński, Marcin, and others (2007). The potential causes of cyanobacterial blooms in Baltic Sea estuaries. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, vol. 36, No. 1, pp. 134–137.

Qian, Wei, and others (2018). Current status of emerging hypoxia in a eutrophic estuary: the lower reach of the Pearl River Estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 205, pp. 58–67.

Rabalais, Nancy N., and others (2007). Hypoxia in the northern Gulf of Mexico: does the science support the plan to reduce, mitigate, and control hypoxia? *Estuaries and Coasts*, vol. 30, No. 5, pp. 753–772.

Rabalais, Nancy N., and others (2009a). Dynamics and distribution of natural and human-caused coastal hypoxia. *Biogeosciences Discussions*, vol. 6, No. 5.

Rabalais, Nancy N., and others (2009b). Global change and eutrophication of coastal waters. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 66, No. 7, pp. 1528–1537.

Radach, Günther, and Johannes Pätsch (2007). Variability of continental riverine freshwater and nutrient inputs into the North Sea for the years 1977–2000 and its consequences for the assessment of eutrophication. *Estuaries and Coasts*, vol. 30, No. 1, pp. 66–81.

Riebesell, Ulf, and others (2018). Toxic algal bloom induced by ocean acidification disrupts the pelagic food web. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 12, pp. 1082–1086.

Robson, B.J., and others (2018). *Trichodesmium* timeseries from the Yongala: IMOS National Reference Station, Integrated Marine Observing System, Tasmania.

Sahu, Gouri, and others (2014). Seasonality in the distribution of dinoflagellates with special reference to harmful algal species in tropical coastal environment, Bay of Bengal. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 186, No. 10, pp. 6627–6644.

Santos, Maria L.S., and others (2008). Nutrient and phytoplankton biomass in the Amazon River shelf waters. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 80, No. 4, pp. 703–717.

Sattar, Md. Abdus, and others (2014). The increasing impact of food production on nutrient export by rivers to the Bay of Bengal 1970–2050. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 80, Nos. 1 and 2, pp. 168–178.

Scheren, P.A., and others (2002). Environmental pollution in the Gulf of Guinea: a regional approach. *Marine Pollution Bulletin,* vol. 44, No. 7, pp. 633–641.

Schmale, Oliver, and others (2016). Dense bottom gravity currents and their impact on pelagic methanotrophy at oxic/anoxic transition zones. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, No. 10, pp. 5225–5232.

Seitzinger, S.P., and others (2005). Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: an overview of Global Nutrient Export from Watersheds (NEWS) models and their application. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 19, No. 4.

Seitzinger, S.P., and others (2010). Global river nutrient export: a scenario analysis of past and future trends. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 24, No. 4.

Seitzinger, S.P., and others (2010). Global river nutrient export: a scenario analysis of past and future trends. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 24, No. 4. https://doi.org/10.1029/2009GB003587.

Seitzinger, S.P., and E. Mayorga (2016). Chapter 7.3: Nutrients inputs from river systems to coastal waters. In *Large Marine Ecosystems: Status and Trends*, Nairobi: UNEP, pp.179–195.

Selman, Mindy, and others (2010). Eutrophication: sources and drivers of nutrient pollution. *Renewable Resources Journal*, vol. 26, No. 4, pp. 19–26.

Sengupta, Debasis, and others (2006). Surface freshwater from Bay of Bengal runoff and Indonesian throughflow in the tropical Indian Ocean. *Geophysical Research Letters*, vol. 33, No. 22.

Sinha, E., and others (2017). Eutrophication will increase during the 21st century as a result of precipitation changes. *Science*, vol. 357, No. 6349, pp. 405–408.

Smith, Val H., and others (2006). Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, vol. 51, No. 1, part 2, pp. 351–355.

Sonesten, Lars, and others (2018). *Sources and Pathways of Nutrients to the Baltic Sea: HELCOM PLC-6*. Baltic Sea Environment Proceedings 153.

Spencer, Robert G.M., and others (2012). An initial investigation into the organic matter biogeochemistry of the Congo River. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 84, pp. 614–627.

Spokes, L.J., and Jickells (2005). Is the atmosphere really an important source of reactive nitrogen to coastal waters? *Continental Shelf Research*, vol. 25, No. 16, pp. 2022–2035.

Srinivas, Bikkina, and M.M. Sarin (2013). Atmospheric deposition of N, P and Fe to the Northern Indian Ocean: implications to C– and N–fixation. *Science of the Total Environment*, vol. 456, pp. 104–114.

Subramaniam, Ajit, and others (2008). Amazon River enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, No. 30, pp. 10460–10465.

Sun, Che (2017). Riverine influence on ocean color in the equatorial South China Sea. *Continental Shelf Research*, vol. 143, pp. 151–158.

Szymczycha, B., and others (2019). Chapter 4: The Baltic Sea. *In World Seas: An Environmental Evaluation*, 2nd ed., vol. I: *Europe, the Americas and West Africa*. C. Sheppard, ed. London: Academic Press, pp. 85–111.

Tong, Yindong, and others (2015). Nutrient loads flowing into coastal waters from the main rivers of China (2006–2012). *Scientific Reports*, vol. 5, art. 16678.

Townhill, Bryony L., and others (2018). Harmful algal blooms and climate change: exploring future distribution changes. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 6, pp. 1882–1893.

Turkoglu, Muhammet (2013). Red tides of the dinoflagellate *Noctiluca scintillans* associated with eutrophication in the Sea of Marmara (the Dardanelles, Turkey). *Oceanologia*, vol. 55, No. 3, pp. 709–732.

United Nations (2017). Chapter 20: Coastal, riverine and atmospheric inputs from land. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

United Nations Environment Programme (UNEP) and others (2005). *South China Sea; GIWA Regional Assessment 54.* Kalmar, Sweden: University of Kalmar.

Valigura, Richard A., and others, eds. (2001). *Nitrogen Loading in Coastal Water Bodies: An Atmospheric Perspective*. vol. 57. Washington D.C.: American Geophysical Union.

Van Drecht, G., and others (2009). Global nitrogen and phosphate in urban wastewater for the period 1970 to 2050. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 23, No. 4.

Vermaat, Jan E., and others (2008). Past, present and future nutrient loads of the North Sea: causes and consequences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 80, No. 1, pp. 53–59.

Vitousek, Peter M., and others (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*, vol. 7, No. 3, pp. 737–750.

Wallace, Ryan B., and others (2014). Coastal ocean acidification: the other eutrophication problem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 148, pp. 1–13.

Wang, Hongjie, and others (2016). Eutrophication-driven hypoxia in the East China Sea off the Changjiang Estuary. *Environmental Science & Technology*, vol. 50, No. 5, pp. 2255–2263.

Wang, Mengqiu, and others (2019). The great Atlantic Sargassum belt. *Science*, vol. 365, No. 6448, pp. 83–87.

Wang, Sufen and others (2008). Occurrences of harmful algal blooms (HABs) associated with ocean environments in the South China Sea. *Hydrobiologia*, vol. 596, No. 1, pp. 79–93.

Wang, Yun-Feng and others (2018). Recurrent toxic blooms of *Alexandrium* spp. in the East China Sea: potential role of Taiwan warm current in bloom initiation. *Journal of Ecology and Toxicology*, vol. 2, No. 2.

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.

Wear, Stephanie L., and R. Vega Thurber (2015). Sewage pollution: mitigation is key for coral reef stewardship. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1355, No. 1, pp. 15–30.

Wei, Qinsheng, and others (2015). Recognition on the forming-vanishing process and underlying mechanisms of the hypoxia off the Yangtze River estuary. *Science China Earth Sciences*, vol. 58, No. 4, pp. 628–648.

World Water Assessment Programme (WWAP) (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater – The Untapped Resource.* Paris: UNESCO.

Yan, Tian, and others (2002). A national report on harmful algal blooms in China. *Harmful Algal Blooms in the PICES Region of the North Pacific*, vol. 21. F.J.R. "Max" Taylor and Vera L. Trainer, eds. PICES Scientific Report, No. 23. Sidney, British Columbia, Canada: North Pacific Marine Science Organization (PICES).

Yan, Weijin, and others (2003). How do nitrogen inputs to the Changjiang basin impact the Changjiang River nitrate: a temporal analysis for 1968–1997. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 17, No. 4.

Yaremchuk, M., and others (2005). River discharge into the Bay of Bengal in an inverse ocean model. *Geophysical Research Letters*, vol. 32, No. 16.

Yeung, Laurence Y., and others (2012). Impact of diatom–diazotroph associations on carbon export in the Amazon River plume. *Geophysical Research Letters*, vol. 39, No. 18.

Yin, Kedong, and others (2001). Shift from P to N limitation of phytoplankton growth across the Pearl River estuarine plume during summer. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 221, pp. 17–28.

Yin, Kedong, and Paul J. Harrison (2008). Nitrogen over enrichment in subtropical Pearl River estuarine coastal waters: possible causes and consequences. *Continental Shelf Research*, vol. 28, No. 12, pp. 1435–1442.

Zendong, Zita, and others (2016). Algal toxin profiles in Nigerian coastal waters (Gulf of Guinea) using passive sampling and liquid chromatography coupled to mass spectrometry. *Toxicon*, vol. 114, pp. 16–27.

Zhang, Bowen, and others (2017). Global manure nitrogen production and application in cropland during 1860–2014: a 5 arcmin gridded global dataset for Earth system modeling. *Earth System Science Data*, vol. 9, No. 2, p. 667.

Zhou, Chengxu, and others (2015). Interactions between *Karlodinium veneficum* and *Prorocentrum donghaiense* from the East China Sea. *Harmful Algae*, vol. 49, pp. 50–57.

Zhou, Mingjiang, and others (2019). Responses of a coastal phytoplankton community to increased nutrient input from the Changjiang River. In *Studies of the Biogeochemistry of Typical Estuaries and Bays in China*, Zhilian Shen, ed.

Zhu, Zhuo-Yi, and others (2017). Hypoxia off the Changjiang (Yangtze River) estuary and in the adjacent East China Sea: quantitative approaches to estimating the tidal impact and nutrient regeneration. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 125, Nos. 1 and 2, pp. 103–114.

الفصل 11
التغيرات في مدخلات السوائل والغلاف الجوي إلى البيئة البحرية من الأرض (بما في ذلك من خلال المياه الجوفية)، والسفن والمنشآت البحرية

المساهمون: رالف إبينغهاوس (منظم الاجتماعات: المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية)، وبيورن إينار غروسفيك (منظم الاجتماعات: المواد الهيدروكربونية)، وإيدا - مايا هاسلوف (منظمة الاجتماعات: السفن)، و كولين ف. موفات (منظم الاجتماعات، الملوثات العضوية الثابتة)، و ألان سيمكوك (منظم الاجتماعات، النشاط الإشعاعي)، ولارس سونستن (منظم الاجتماعات: مدخلات الغلاف الجوي)، وبيني فلاهوس (منظم الاجتماعات: الفلزات)؛ و إريك ب. أشتربرغ، وباباخيدي ألو، وكارلوس فرانسيسكو أندرادي، وماريا جواو بيبيانو (عضوة رئيسية)، وميغيل كايتانو، وكيساو غناندي، وجي هون هونغ، وسوك هيون كيم، ورواينر لومان، ومونيكا ستانكيفيتش، وجوينغ وانغ (عضو رئيسي مشارك)

النقاط الرئيسية

الملوثات العضوية الثابتة

- ما زالت الملوثات العضوية الثابتة تشكل قضية عالمية، حيث لا يزال وجودها مستمرا بدرجات تركيز من المرجح أن تتسبب في آثار بيولوجية.
- تُكتشف الملوثات العضوية الثابتة في مواقع نائية بعيدة عن مصدر إنتاجها – ويشمل ذلك أعمق أجزاء المحيط والمناطق القطبية.
- يستمر تزايد عدد الملوثات العضوية الثابتة، وبالتالي تصبح الخلائط التي تتعرض لها الكائنات الحية أكثر تعقيداً، مما يجعل تحديد احتمال حدوث آثار على فرادى الكائنات أو أعدادها أكثر صعوبة من أي وقت مضى.

الفلزات

- هناك حاجة ماسة إلى تطوير وتوسيع السلاسل الزمنية للفلزات في المناطق الساحلية على الصعيد العالمي.
- تختلف الاتجاهات السائدة في درجات تركيز الفلزات على الصعيد الإقليمي، وإن كان معظمها يظهر استقرارا في مستويات الفلزات المذابة وزيادة طفيفة في الكائنات العضوية التغذوية الأعلى.

النشاط الاشعاعي

- لم تقع أي حوادث نووية كبيرة تؤثر على المحيطات منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017c).
- يستمر تزايد توليد الكهرباء من محطات الطاقة النووية – بزيادة تناهز 5 في المائة على الصعيد العالمي بين عامي 2013 و 2018. وقد يؤدي تطور التكنولوجيا إلى خفض كميات العديد من النويدات المشعة التي يجري تصريفها، ولكن من المحتمل أن تكون كميات التريتيوم التي يجري تصريفها آخذة في التزايد تبعا لتزايد توليد الكهرباء. ولكن التريتيوم عنصر ضعيف إشعاعيا.
- لا تتوافر معلومات منشورة عن كميات المواد المشعة التي جرى تصريفها مؤخرا إلى المحيطات من محطات الطاقة النووية ومحطات إعادة المعالجة النووية باستثناء شمال شرق المحيط الأطلسي والبحار المجاورة له. وفي تلك المنطقة، استمر تناقص كميات المواد المشعة التي يجري تصريفها من محطات الطاقة النووية ومحطات إعادة المعالجة النووية إلى المحيطات.
- استناداً إلى المعلومات المتاحة، لا يوجد سبب يدعو إلى الاعتقاد بأن الآثار الضارة للنشاط الإشعاعي على المحيطات قد أصبحت أسوأ بكثير منذ الإبلاغ عن الحالة في التقييم العالمي الأول للمحيطات.

المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية

- تبين وجود مئات المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في المحيط، بما في ذلك في القطب الشمالي والقطب الجنوبي.
- جرى تطوير تقنيات تحليلية جديدة لأغراض التحليل الذي يشمل مواد كيميائية معروفة وغير معروفة فيما يتعلق بالمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية ومنتجاتها التحويلية في البيئة البحرية.
- ينبغي وضع "قائمة مراقبة" بالمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية، وإدراجها ضمن برامج رصد طويلة الأجل على كل من الصعيد الدولي والوطني والإقليمي، لتكون بمثابة أساس من البيانات العلمية لتقييم حالة المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في المحيطات.

النقل البحري

- هناك اتجاه عالمي نحو الانخفاض فيما يتعلق بحوادث الشحن التي تؤدي إلى انسكابات النفط (أكثر من 7 أطنان) ويدل تحسين القدرات على الصعيد الإقليمي في مجال المراقبة والإجراءات المتخذة على زيادة الوعي مما أفضى إلى انسكابات أقل.
- هناك ثغرة معرفية عامة بشأن طبيعة وتأثير المدخلات السائلة الناجمة عن السفن، ويشكل تصريف المياه من أنظمة تنظيف غاز العادم (أجهزة تنظيف غازات العادم) هي مصدر ناشئ للفلزات والهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات.

الهيدروكربونات

- من المعروف أن المياه المستخلصة من أنشطة استكشاف النفط والغاز والتي تحتوي على الهيدروكربونات والفلزات على حد سواء تؤثر على البيئة البحرية، ولكن هناك ثغرات معرفية بشأن الأثر الطويل الأجل لما يجري تصريفه من كميات تلك المياه المستخلصة.
- هناك حاجة إلى إجراء مزيد من الدراسات على مستوى المجتمعات والمجموعات للنهوض بالمعرفة الحالية المتعلقة ببيانات السمية عن فرادى الأنواع.
- يشكل ارتفاع معدل وقف تشغيل المنصات البحرية تحديا للبيئة البحرية.

1 - مقدمة

ما فتئ إنتاج المواد الكيميائية يتزايد ويتغير منذ عام 2003. وظل الأثر الجغرافي المحتمل للصناعة الكيميائية يتغير من المحيط الأطلسي إلى المحيط الهادئ، حيث يتوقع تشغيل ما يقرب من 70 في المائة من هذه الصناعة بحلول عام 2030، بينما يجري تطوير منتجات جديدة باستمرار، مما يضيف إلى خليط المواد الكيميائية التي تتعرض لها الكائنات الحية في المحيط.

وقد حددت المنظمات الدولية قوائم مختلفة للمواد الخطرة، وإن لم يتم التوصل حتى الآن إلى وضع قائمة عالمية واحدة متفق عليها للمواد التي تثير القلق. ويتضمن هذا الفصل تقييما للتغيرات التي حدثت، منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات، في المياه والمدخلات المنقولة جواً إلى البيئة البحرية من البر (بما في ذلك المياه الجوفية) والسفن والمنشآت البحرية. وبالإضافة إلى ذلك، تستند المعلومات الواردة في هذا الفصل إلى تقييم قائمة المواد الخطرة المستخدمة في التقييم العالمي الأول للمحيطات، وهي الملوثات العضوية الثابتة، والفلزات، والهيدروكربونات والمواد المشعة. ويتضمن معلومات جديدة عن العناصر الأرضية النادرة، والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية والمدخلات المحمولة جوا من أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت التي لم تكن مدرجة في التقييم العالمي الأول للمحيطات.

2 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

تناول الفصل 20 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017b) مختلف المواد الخطرة المدرجة فيما يسمى بالقوائم السوداء أو الرمادية بالمواد المثيرة للقلق التي جرى تحديدها على الصعيد الوطني ومن جانب المنظمات الدولية، وبيّن مصادرها واستخداماتها الرئيسية وإنتاجها وما يتصل بذلك من تطوير وتحركاتها وتأثيرها. وقد تطورت هذه القوائم لتصبح قائمة "بالمواد ذات الأولوية" استناداً إلى سميتها، وميلها إلى التراكم الأحيائي، وثباتها في المحيطات. ولذلك، فإن المواد الخطرة المدرجة في التقييم العالمي الأول

للمحيطات قد اختيرت استناداً إلى المواد التي اتُّخذت بشأنها إجراءات في جميع أو بعض أجزاء المحيطات العالمية وشملت: الفلزات (الزئبق والرصاص والكادميوم) والمركبات العضوية الفلزية (ثلاثي البيوتيلتين) والملوثات العضوية الثابتة (على سبيل المثال الهيدروكربونات المهلجنة) والهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات والمواد المشعة. ويتضمن هذا التقييم مواد أخرى، بما في ذلك المركبات الصيدلانية (البشرية والبيطرية على حد سواء) ومكونات مواد التجميل (مثل زيلين المسك)، التي جرى تحديدها باعتبارها ملوثات ناشئة تثير القلق. وقد جرى تحديد المصادر الثابتة البرية (محطات معالجة مياه الصرف الصحي أو المنشآت الصناعية التي تقوم بالتصريف في المحيط مباشرة أو عن طريق الأنهار)، والمصادر المتفرقة (مياه الصرف من البر، وتسرب المياه الجوفية مباشرة إلى المحيط، والانبعاثات العرضية البرية أو البحرية من التصريفات) وعمليات الترسب الجوي (الترسب الرطب والجاف والانبعاثات من مياه المجارير ومن عدة عمليات صناعية) التي يمكنها أن تصل إلى المحيطات وتؤثر عليها وجرى تحديد تأثيرها في عدة مناطق.

وسُلط الضوء أيضا على الالتزام الدولي في الأمم المتحدة والالتزام على الصعيد الإقليمي باتخاذ تدابير للحد من تأثير المواد الناشئة المعترف بها. واستنادا إلى البيانات المتاحة في ذلك الوقت، كان من الصعب إجراء مقارنات ذات مغزى بين المناطق وتحديد الأولويات، وذلك لأسباب في مقدمتها أن البيانات المتعلقة بالمواد الخطرة في المياه أو الكائنات الحية أو الترسبات كانت ترد بوحدات مختلفة. وقد زادت الاختلافات المنهجية من تعقيد الصورة، وأُبرزت الحاجة إلى ضبط إجراءات أخذ العينات وأساليب التحليل. ولهذا السبب، لم تُدرج في التقييم العالمي الأول للمحيطات أرقام مفصلة عن درجات تركيز الملوثات. وقد عُثر على المواد الخطرة المختارة في جميع أجزاء المحيط، وتتركز المواد ذات المصادر المنقولة بالمياه في المناطق الساحلية، بينما تنقل الملوثات إلى أبعد من ذلك بكثير في المحيط. وقد تعذر في التقييم العالمي الأول للمحيطات وضع تقييم عام للتأثيرات النسبية لتلك المواد الخطرة، ولكن تسنى الوقوف على التقدم البطيء المحرز في الحد من درجات تركيزها في بعض أجزاء المحيطات العالمية. وأشيرَ أيضا إلى أن هناك أدلة متزايدة على أهمية المدخلات المحمولة جوا من الفلزات وغيرها من المواد الخطرة إلى المحيطات.

3 - الملوثات العضوية الثابتة (بما في ذلك الملوثات المحمولة مع مياه الجريان السطحي الناجمة عن استخدام مبيدات الآفات الزراعية)

3-1 - مقدمة

تمثل الملوثات العضوية الثابتة مجموعة معقدة من المواد (غالباً ما تكون مهلجنة) التي تستتبّ في البيئة على نحو ما يفيده اسمها. وعلى الرغم من أن إنتاج مركّبات من قبيل المركّبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور لم يعد مسموحاً به بموجب اتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة[1]، تسمح الاتفاقية باستمرار استخدام المعدات المحتوية على المركّبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور حتى عام 2025، وهو ما يشكل مصدراً صغيرا محتملاً، وإن كان جديداً، لهذه المركّبات. ولا يعني التنقل عبر سلسلة التغذية بمستوياتها المختلفة وإعادة تدوير المركّبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور في البيئة سوى أن هذه المركّبات لا تزال موجودة في النظم البحرية بدرجات تركيز يرجح أن تؤثر على الكائنات الحية البحرية. ومع استحداث أنواع أخرى من الهيدروكربونات المهلجنة، انضافت إلى خليط الملوثات العضوية الثابتة

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

التي تتعرض لها الكائنات الحية البحرية. وتتسم هذه الخلائط، ومكوناتها بخصائص فيزيائية -كيميائية جد مختلفة. ونتيجة لذلك، فإنها تختلف من حيث التوزيع في الأوساط البيئية، وتوازنات التوزيع، والمتطلبات التحليلية.

وبمجرد وصول الملوثات العضوية الثابتة إلى البيئة، يعاد تدويرها، وتنقل من خلال الغلاف الجوي والتيارات البحرية، إلى مواقع بعيدة عن مصدرها. ولهذا السبب، تظل الملوثات العضوية الثابتة مصدر قلق في كل من القطبين الشمالي والجنوبي، وكذلك في جميع أنحاء المحيطات.

3-2 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

يجري باستمرار استحداث مواد جديدة، وقد أعدت المنظمات الدولية قوائم بالمواد الكيميائية التي تتسم بخصائص خطرة، بما في ذلك المركبات العضوية الهالوجينية ومبيدات الآفات و/أو مبيدات الآفات الأحيائية. وكثير من هذه المواد مشمول باتفاقية استكهولم، ولكن بعضها الآخر غير مشمول بها. ولم تتكون معرفة شاملة عن مدى وجود هذه المواد الخطرة في البيئة البحرية. وكانت الملاحظات الرئيسية الواردة في التقييم العالمي الأول للمحيطات على النحو التالي:

(أ) تشكل الملوثات العضوية الثابتة مشكلة عالمية، غير أن درجات تركيزها في المحيط المفتوح منخفضة بوجه عام، ولكن يمكن كشف وجودها، حيث تم تحديد وجود الإيثرات الثنائية الفينيل المتعددة البروم في الأنسجة.

(ب) كثيرا ما ترتبط درجات تركيز الملوثات العضوية الثابتة بالتحضر والمناطق المكتظة بالسكان، مثل المناطق الساحلية ذات الكثافة السكانية العالية حول البحر الأبيض المتوسط، وفي أفريقيا وأمريكا الجنوبية وجنوب المحيط الهادئ، التي تشهد أيضاً نشاطاً صناعياً كبيراً.

(ج) يتأثر بعض المناطق الساحلية بمبيدات الآفات.

(د) وُجدت ملوثات عضوية ثابتة في القطب الشمالي، ومن المرجح أن تتربت على درجات التركيز هذه، رغم تناقصها، آثار بيولوجية في بعض الطيور البحرية والدببة القطبية.

(ه) من المرجح أن يتم الكشف عن آثار بيولوجية للملوثات العضوية الثابتة في المناطق الساحلية شمال شرق المحيط الأطلسي.

(و) درجات تركيز الملوثات العضوية الثابتة في شمال غرب المحيط الأطلسي وشمال شرق المحيط الهادئ منخفضة جداً، وتشهد اتجاها نحو التناقص.

(ز) لوحظت حالات انخفاض في درجات تركيز الملوثات العضوية الثابتة، بيد أن هذه الحالات يغلب عليها طابع محلي.

(ح) الملوثات العضوية الثابتة موجودة بكميات كبيرة في معظم المناطق الساحلية من بحار شرق آسيا.

(ط) شكل تعرض الحاجز المرجاني العظيم لمبيدات الآفات المرتبطة بالنشاط الزراعي الكثيف على امتداد الساحل الشمالي الشرقي لأستراليا أحد المجالات المثيرة للقلق.

(ي) كانت هناك هيمنة للدراسات الشاملة أو السلاسل الزمنية في مناطق شمال المحيط الأطلسي، والقطب الشمالي، والبلطيق، وشمال البحر الأبيض المتوسط.

3-3 - وصف التغيرات البيئية (في الفترة الممتدة بين عامي 2010 و 2020)

لا تزال الملوثات العضوية الثابتة مثار قلق في البيئة البحرية، لا سيما في المفترسات العليا من قبيل، الحوتيات، التي تبين أن متوسط درجات تركيز ثنائي الفينيل المتعدد الكلور في دهونها يحتمل أن يتسبب تراجع أعدادها وعرقلة إمكانية استعادة هذه الأعداد (Jepson and others, 2016). فبالإضافة إلى "الملوثات العضوية الثابتة القديمة"، أضيفت بانتظام إلى اتفاقية استكهولم

(اتفاقية استكهولم، 2018) ملوثات عضوية ثابتة جديدة تشكل خطرا على البيئة البحرية، بما في ذلك مبيدات الآفات والمواد الكيميائية الصناعية والمنتجات الثانوية[2].

وما زال العديد من الدراسات يركز على المواد الكيميائية القديمة، بما في ذلك المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور وثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان (مادة الـ دي.دي.تي) (ومستقلَباها ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثنائي كلورو الإيثان وثنائي كلورو ثنائي فينيل ثنائي كلورو الإيثيلين). غير أن مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم لم تكن من بين الملوثات العضوية الثابتة الـ 12 الأولية التي تشملها اتفاقية استكهولم، ولا تزال مدرجة في فئة الملوثات المستجدة، على الرغم من رصدها في النظم البحرية لسنوات عديدة. وتقع مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم ضمن الملوثات العضوية الثابتة "الجديدة" الـ 16 التي أُدرجت في الاتفاقية منذ عام 2009. وهي تشمل خماسي كلور البنزين، و مركبات النفتالين المتعدد الكلور، والبارافينات المكلورة القصيرة السلسلة، و حمض السلفونيك البير فلوروكتاني وأملاحه، وفلوريد السلفونيل البيرفلوروكتاني[3] وتشمل المواد الكيميائية الموصى بإدراجها في القائمة مادة الدايكوفول وحامض البنتا ديكافلوروكتانويك (وحامض البيرفلوروكتانويك)، وأملاحه، والمركبات ذات الصلة بحامض البيرفلوروكتانويك. والمواد الكيميائية قيد الاستعراض من قبل لجنة استعراض[4] الملوثات العضوية الثابتة هي حمض السلفونيك البيرفلورو هيكساني وأملاحه والمركبات ذات الصلة به. ويعني إدراج جزيئات إضافية مكلورة، فضلاً عن المركبات المعالجة بالبروم والفلور على السواء، أن نطاق الملوثات التي يغطيها مصطلح "الملوثات العضوية الثابتة" قد اتسع بشكل كبير، مما أدى إلى ظهور تحديات جديدة تواجه مختبرات التحليل البيئي. وقد تم اكتشاف البارافينات المكلورة القصيرة السلسلة في خور كلايد ولكن درجات التركيز كانت تستند إلى أسلوب محدد (Hussy and others, 2012)، وهو ما يعزى على الأرجح إلى وجود درجات تركيز كبيرة من البارافينات المكلورة المتوسطة والطويلة السلسلة.

وفي مشروع التقرير الأخير عن التقدم المحرز نحو القضاء على المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور (اتفاقية استكهولم، 2018)، تم تسليط الضوء على أن الكثير من البلدان لا يتوافر لديها سوى القليل من المعلومات الكمية ذات الصلة، إن وُجدت. ولا يزال العمل التحليلي المستفيض مستمرا في بعض مناطق العالم، ويسفر عن أدلة تشير إلى وجود درجات تركيز عالية لهذه المركبات في بعض المفترسات العليا مع ما يمكن أن يترتب على ذلك من عواقب تتعلق بأعدادها (Desforges, and others, 2018) أو تغير وظيفي في الأنسجة الدهنية في صغار الفقمة (Robinson, and others, 2018). ويُستمد هذان المثالان من شمال شرق المحيط الأطلسي. وتظهر البيانات الحديثة بشأن القطب الشمالي، استناداً إلى سلسلة زمنية طويلة الأجل تتعلق بالمركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور في الثدييات البحرية والأسماك، أن درجات التركيز تتناقص عموماً (Carlsson and others, 2018) على الرغم من تباطؤ معدل التناقص في السنوات الأخيرة (Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 2016)؛ و (Boitsov and others, 2019). وتناقص سداسي كلور البنزين في أكباد الأسماك بنسبة أقل مع مرور الوقت مقارنة بالمركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور، ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان ومستقلَبيه، ووتُساعي الكلور الانتقالي ومركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم (Boitsov and others, 2019). ومع ذلك، توجد استثناءات ترتبط بتغيرات في النظام الغذائي أو تغيير في العمليات البيئية التي تؤثر على الجريان السطحي والانبعاثات المتكررة

[2] يُعترف بأن 12 من الملوثات العضوية الثابتة، وهي الألدرين، والكلوردان، وثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان (مادة الـ دي.دي.تي)، و ديلدرين، وأندرين، وهبتاكلور، وسداسي كلورو البنزين، والمايركس، وتوكسافين، والمركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور وسداسي كلورو البنزين؛ والديوكسينات الثنائية البنزين المتعددة الكلور والفيورانات الثنائية البنزين المتعددة الكلور تسبب آثاراً ضارة.

[3] انظر http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx.

[4] لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة هي هيئة فرعية أنشئت بموجب اتفاقية استكهولم لاستعراض المواد الكيميائية المقترح إدراجها في مرفقات الاتفاقية.

(AMAP, 2016). فعلى سبيل المثال، لوحظت اتجاهات متزايدة هامة في تركيز مجموعة مكونة من 10 من المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور في بلح البحر الأزرق في أيسلندا وفي صغار الدببة القطبية في شرق غرينلاند وفي سلسلتين زمنيتين تتعلقان ببلح البحر الأزرق في أيسلندا (AMAP 2016).

وتشير بعض الأدلة إلى أن وجود الملوثات العضوية الثابتة، مثل المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور، بلغ ذروته في مياه المحيطات في سبعينات القرن الماضي، وما فتئ يتراجع منذ ذلك الحين (Wagner and others, 2019). وتزامناً مع تناقص درجات التركيز الجوية، بدأ المحيط المتجمد الشمالي في تصدير هذه الملوثات العضوية الثابتة القديمة مرة ثانية إلى الغلاف الجوي وإلى المحيط الأطلسي عبر التيارات (Ma and others, 2018).

وقد انخفض تركيز المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور في الأسماك والصدفيات في شمال شرق المحيط الأطلسي، وإن كانت المشاكل المحلية لا تزال قائمة. ومن بين المركبات السبع الثنائية الفينيل المتعددة الكلور التي حددها المجلس الدولي لاستكشاف البحار[5]، فإن المركب الثنائي الفينيل المتعدد الكلور 118 هو المركب الوحيد الذي عُثر عليه في الأسماك والصدفيات بتركيز يحتمل أن يحدث آثاراً بيولوجية (Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR), 2017b). وتتجاوز درجات تركيز المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور الستة الأخرى عموماً درجات التركيز في التقييم الأساسي، على الرغم من أن تركيز ثنائي الفينيل المتعدد الكلور 28 يعادل درجة تركيز التقييم الأساسي في 4 من المناطق الـ 11 الخاضعة لتقييم الملوثات والتي حددتها لجنة حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي (لجنة أوسبار). وعلاوة على ذلك، هناك اتجاه نحو الانخفاض في 9 من المناطق العشرة الخاضعة لتقييم الملوثات والتي يمكن تحديد اتجاه زمني فيها. ووصفت حالة مماثلة تتعلق بالمركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور في الأسماك وبلح البحر والمحار في معظم مناطق التقييم المشمولة باتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي (اتفاقية أوسبار)[6]، مع ملاحظة انخفاض درجات التركيز في جميع المناطق باستثناء سكاغيراك وكاتيغات، حيث لم يلاحظ أي تغير في التركيز (OSPAR، 2017b).

وقد تم الكشف عن وجود المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور في الأسماك عند أعماق تتراوح بين 600 و 800 1 متر على المنحدر القاري الأوروبي إلى الغرب من اسكتلندا، المملكة المتحدة (Webster and others, 2014). وكانت درجات تركيز المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور السبع التي حددها المجلس الدولي لاستكشاف البحار في أكباد ثلاثة أنواع من الأسماك متباينة بدرجة كبيرة، حيث تراوحت بين 58,7 نانوغرام لكل غرام بوزن المحتوى الدهني في السمك الغمدي الأسود و 587 3 نانوغرام لكل غرام بوزن المحتوى الدهني في الغرناد المدور الأنف. وكانت قيمة درجات التركيز في الغالب أقل من 500 نانوغرام لكل غرام بوزن المحتوى الدهني (أو أقل من 250 1 نانوغرام لكل غرام بوزن المحتوى الدهني لمجموع المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور الـ28)، وهي قيمة يستخدمها بعض الباحثين كمؤشر مثير للقلق. وظهرت درجات تركيز المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور السبعة التي حددها المجلس الدولي لاستكشاف البحار بقيمة تزيد على 500 نانوغرام لكل غرام بوزن المحتوى الدهني في مجموع ثلاثة وعشرين كبداً من أكباد الأسماك الـ 95 التي جمعت في الفترة بين عام 2009 ونهاية عام 2012. وبلغ تركيز المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور118 في أنواع الأسماك الثلاثة جميعها مستوى يحتمل أن تُلاحظ فيه آثار بيولوجية. وعلى الرغم من وجود فروق بين الأنواع فيما يتعلق بالتركيز، لم تكن هناك اتجاهات زمنية في الفترة الممتدة بين عامي 2006 و 2012، ولم

[5] ثنائي الفينيل المتعدد الكلور 28 وثنائي الفينيل المتعدد الكلور 52 وثنائي الفينيل المتعدد الكلور 101 وثنائي الفينيل المتعدد الكلور118 وثنائي الفينيل المتعدد الكلور 138 وثنائي الفينيل المتعدد الكلور 153 وثنائي الفينيل المتعدد الكلور 180.

[6] United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No. 42279.

تكتشف أي فروق باختلاف العمق. كما تم فحص درجات تركيز المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور في الأنواع الفريسة (بما في ذلك سمك الفنار والفالز الكبيرة) وكانت أقل بكثير مقارنة بدرجات التركيز التي لوحظت في المفترسات. كما تم كذلك اكتشاف مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم في المفترسات، ولكن بتركيزات أقل بكثير من درجات تركيز المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور.

ويزيد متوسط درجات تركيز المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور في الرواسب في بحر الشمال الكبير والبحر السلتي بشكل كبير عن تركيز التقييم الأساسي للمُجانس، ولكنه أقل من معايير التقييم البيئي (OSPAR, 2017b). وقد تبين أن الرواسب في كل من المياه الشمالية لبحر الشمال والبحر الأيرلندي تحتوي على مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم، وإن كانت معظم درجات التركيز المقيسة لمركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم في الرواسب منخفضة ودون مستويات الكشف في كثير من الأحيان. ومع ذلك، فإن غياب معايير تقييم مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم في الرواسب يعني أنه من غير الممكن تحديد الأهمية البيئية لدرجات التركيز التي لوحظت لهذه المركبات (OSPAR, 2017b).

ويتم تعريف مدخلات المواد الخطرة إلى بحر البلطيق، استنادا إلى مؤشر التأثير المتعلق ببحر البلطيق ((Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM), 2018a)))، على أنها ثاني أكثر الضغوط توزيعاً على نطاق واسع (HELCOM, 2018a, 2018b). وفيما يتعلق بالملوثات العضوية الثابتة، لا يبدو أن المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور والديوكسين، والفوران هي المحرك الرئيسي للحالة التي كشف عنها التقييم المتكامل للفترة 2011–2016. ويظهر الترسب الجوي للمركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور وثنائي بنزو باراديوكسين متعدد الكلور وفوران ثنائي البنزين متعدد الكلور انخفاضاً مطرداً بسبب زيادة كفاءة مختلف عمليات الاحتراق والكلورة (HELCOM, 2018b). ولم يعد أي من سداسي الكلور حلقي الهيكسان (سداسي كلور حلقي الهكسان – غاما، الليندان) وثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان ومستقلَباه (ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثنائي كلورو الإيثان وثنائي كلورو ثنائي فينيل ثنائي كلورو الإيثيلين) يشكل مصدر قلق كبير في منطقة البلطيق. ويعزى نجاح عملية تحسين التكاثر بين نسور البحر البيضاء الذيل إلى انخفاض تركيز هذه المواد (HELCOM, 2018c). غير أن درجات التركيز المرتفعة من مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم في الأسماك هي أحد العوامل الرئيسية التي تسهم في الوضع العام الحالي المليء بالمعوقات في بحر البلطيق. وبالمثل، تم الإبلاغ عن كميات غير ملائمة من المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور التي تلوث الشبكة الغذائية في بحيرة لاغوس في نيجيريا بسبب الأنشطة البرية (Alo and others, 2014).

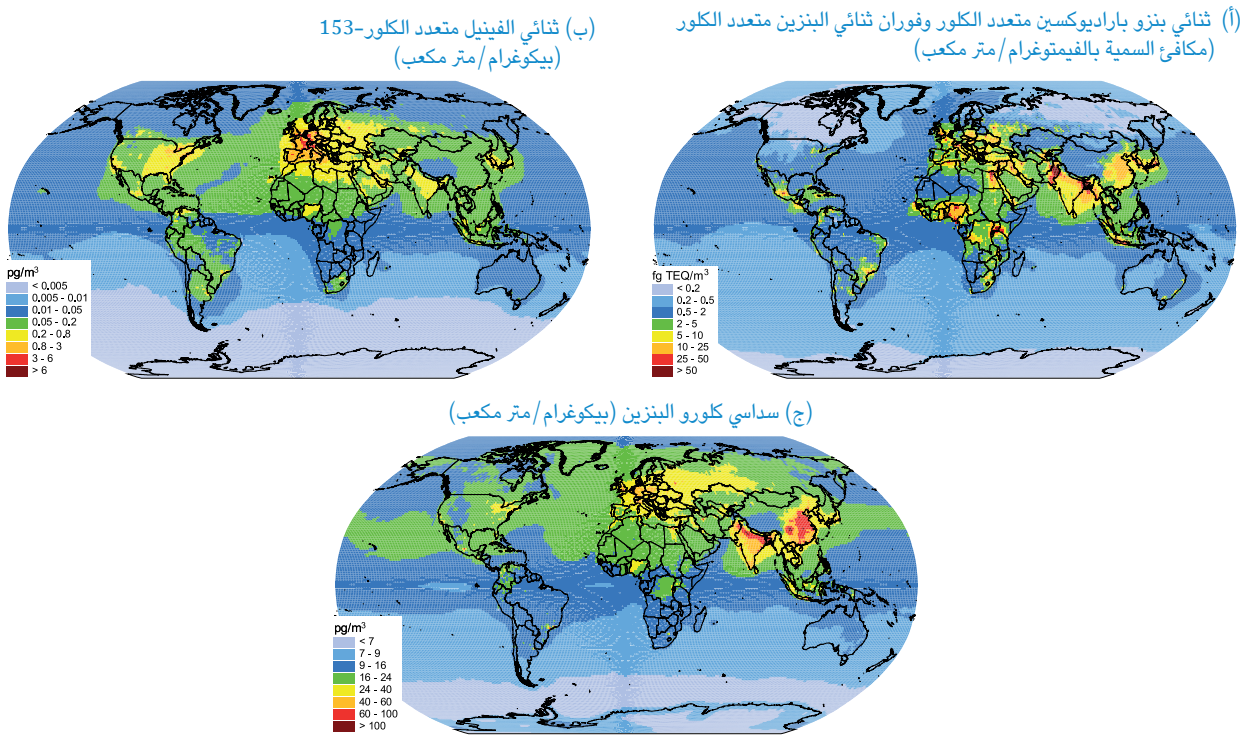
وحتى إذا كان ترسب ثنائي بنزو باراديوكسين متعدد الكلور وفوران ثنائي البنزين متعدد الكلور في بحر البلطيق آخذا في الانخفاض، فقد تبين أن الترسب الجوي هو المصدر الخارجي الرئيسي، وما زال معدل الترسب مرتفعا بشكل ملحوظ في المناطق الساحلية من شمال شرق المحيط الأطلسي، وفي بحر البلطيق والبحر الأبيض المتوسط وبحر قزوين (Wiberg and others, 2013). ويرتفع بشدة الترسب الجوي لمركبات ثنائي بنزو باراديوكسين المتعدد الكلور وفوران ثنائي البنزين المتعدد الكلور ومركبات سداسي كلورو البنزين في المناطق الساحلية الواقعة إلى شمال شرق المحيط الأطلسي وفي بحر البلطيق والبحر الأبيض المتوسط وبحر قزوين، على الرغم من عدم وجود إنتاج عالمي متعمد لسداسي كلورو البنزين على مدى عقود (انظر مثلا Wang and others, 2010) ومن المفترض أن تتوقف انبعاثات ثنائي بنزو باراديوكسين متعدد الكلور وفوران ثنائي البنزين المتعدد الكلور في عام 2018 (Josefsson and Apler, 2019).

ومن الواضح أن عددا من الملوثات العضوية الثابتة مازال موجودا في الغلاف الجوي (الشكل الأول)، وأن هناك منطقة شديدة التلوث بمركب ثنائي الفينيل المتعدد الكلور-153 فوق أوروبا الغربية (الشكل الأول - ب).

وتم كذلك الكشف عن درجات تركيز جوية عالية لمركبات ثنائي بنزو باراديوكسين متعدد الكلور وفوران ثنائي البنزين متعدد الكلور فوق أوروبا (الشكل الأول - أ).

الشكل الأول

محاكاة التوزيع المكاني لعام 2016 لمتوسط درجات التركيز الجوية السنوية على النطاق العالمي



المصدر: Gusev, A., and others, 2018.

وقد استخدمت مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم كمثبطات للهب لسنوات عديدة وأصبحت منتشرة على نطاق واسع في النظم البحرية. وكما هو الحال في خلائط الملوثات العضوية الثابتة الأخرى (مثل المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور)، تستند درجات التركيز إلى عدد قليل من المُجانسات المحتملة. وما تتسم به مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم من طابع قابل للانحلال في الدهون يعني أنها يمكن أن تنحبس في الرواسب، على غرار المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور. وقد خلص استعراض درجات تركيز الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم على أساس عالمي من خلال عينات تم جمعها قبل عام 2010 إلى أن درجات التركيز في معظم رواسب المحيط المفتوح لا تتفاوت كثيراً وتبلغ 1 نانوغرام/غرام تقريباً (Zhang and others, 2016). وهذا يتناقض مع درجات التركيز في الرواسب القريبة من مصدر التلوث، التي تجاوزت 7 000 نانوغرام/غرام. ومع ذلك، تم اكتشاف مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم في القشريات المزدوجة الأرجل في كل من خندقي ماريانا وكيرمادك، حيث كانت أعمق نقطة تم فيها جمع عينة هي 10,250 مترا. وتراوح تركيز مجموع المجانسات السبعة بين 9,33 نانوغرامات/غرام بوزن المحتوى الدهني و 318,71 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني. وتم كذلك اكتشاف مركبات ثنائية الفينيل المتعددة الكلور في هذه العينات بدرجات تركيز

لمجموع المجانسات السبعة أيضاً تتراوح بين 62,02 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني و 1866,25 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني (Jamieson and others, 2017). وعلى الرغم من ندرة البيانات المتعلقة بالملوثات العضوية الثابتة في المحيط المفتوح، فإن البيانات المتاحة تشير بقوة إلى أن هذه المواد الكيميائية لا تزال موجودة عالمياً في المكونات البحرية بعيدا عن مصدرها. وتبين أن درجات تركيز الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم 47 و الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم 99 في المياه الواقعة إلى الغرب من لوس أنجلس، الولايات المتحدة الأمريكية، تتجاوز 12 500 بيكوغرام لكل لتر في عام 2012. وفي عينات المياه التي جمعت في وقت لاحق من مواقع تتجه تدريجيا نحو الغرب (نحو هونولولو، الولايات المتحدة الأمركيية)، كانت درجات التركيز أقل بكثير (< 20 بيكوغرامات/لتر) ولكن مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم كانت جليّة في جميع المواقع (Sun, 2015). وتظهر دراسات أخرى وجود مثبطات اللهب الفوسفاتية العضوية ومركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم في الغلاف الجوي والرواسب والمياه السطحية والعميقة في المحيط المتجمد الشمالي وشمال المحيط الأطلسي (Li and others, 2017؛ و Ma and others, 2017؛ و McDonough and others, 2018). و يُفترض في الوقت الراهن أن يكون النقل الجوي مهيمناً على وسائل أخرى للنقل بعيد المدى لـمثبطات اللهب الفوسفاتية العضوية و مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم (Sühring and others, 2016؛ و Vorkamp and others, 2019). ولذلك، يجب أن يستمر رصد هذه المركبات.

وقد وُجد أن الأسماك في المنطقة الواقعة حول بحر الصين الجنوبي تحتوي على مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم و المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور ومركبات ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان (دي دي تي) ومستقلَبيه، ولكن درجات التركيز العضلية (التي تقل قيمتها عن 200 نانوغرام/غرام بمحتوى الوزن الدهني من مركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم، لما مجموعه 8 مجانسات، ومن المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور لما مجموعه 19 مجانسا) كانت في الطرف الأدنى من النطاق العالمي وارتبطت بعادات التغذية بين مختلف أنواع الأسماك (Sun and others, 2014). ودائما في بحر الصين الجنوبي، نجد أن البيانات الأحدث عهداً المستقاة من جزيرة شواندي المرجانية عن طائفة من الأنواع (سلطعون زانثيد، والأخطبوط السوطي، والمخروط المخطط، وسمك الببغاء، والإسقمري الجاحظ، والشيقيات)، توضح أن مركبات ثنائي الفينيل المتعدد الكلور ومركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم ومركبات ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان ومستقلبَيه توجد في المكونات المختلفة لذلك النظام الإيكولوجي البحري؛ وتراوحت درجات تركيز مركبات ثنائي الفينيل المتعدد الكلور (17 مجانساً) بين 8,8 نانوغرامات/غرام بوزن المحتوى الدهني في الأخطبوط السوطي و 117,9 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني في أسماك عائلة الشيقيات (Sun and others, 2017).

وتحتوي الرواسب المتدفقة من بحر بيرنغ عبر مضيق بيرنغ ومن بحر تشوكشي وحوض كندا وحوض فرام إلى محطات أيسلندا (وسط المحيط المتجمد الشمالي) على مبيدات آفات عضوية كلورية ومركبات ثنائية الفينيل المتعددة الكلور ومركبات الإيثر الثنائي الفينيل المتعدد البروم. وفي الأعماق التي تقل عن 500 متر، كان أعلى 5 سم من الرواسب يحتوي على 286 ± 265 بيكوغراما/غرام بالوزن الجاف من المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور (47 مجانساً)، وهي نسبة أكبر من درجات التركيز الموجودة في رواسب أعمق (149 ± 102 بيكوغراما/غرام بالوزن الجاف). وهناك أيضاً بعض الأدلة على زيادة درجات تركيز رواسب سداسي كلورو البنزين، على الأقل في بحر البلطيق (Josefsson, 2018)، بينما يوجد في بعض الأوساط البيئية في الصين تغير ضئيل في درجات تركيز سداسي كلورو البنزين المكتشفة في شحوم الخنازير البحرية غير الزعنفية في بحر الصين الجنوبي. وكانت هناك فروق طفيفة بين عام 1990، عندما كان نطاق درجات تركيز سداسي

كلورو البنزين تتراوح بين 140 و 230 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني، والفترة 2000/2001، عندما كان النطاق يتراوح بين 87 و 250 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني (Wang and others, 2010). وقد يكون عدم خفض مستويات سداسي كلورو البنزين أو حتى زيادتها راجعاً إلى إنتاجه دون قصد كناتج ثانوي في مختلف عمليات الاحتراق والكلورة (Josefsson and Aler, 2019).

ولا شك في أنه بالإضافة إلى التلوث الواسع النطاق للبيئة البحرية نتيجة الملوثات العضوية الثابتة، هناك مناطق محلية شديدة التأثر بالملوثات يرتبط وجودها بالتوسع الحضري والمنشآت الصناعية. وقد تم تصريف مزيج معقد من الملوثات العضوية الثابتة في بحيرة لاغوس يومياً. وبالإضافة إلى الكميات التي يجري تصريفها مباشرة، تشكل نشارة الخشب والنفايات المنزلية البرية الأخرى مصادر مباشرة للملوثات. وكانت الملوثات العضوية الثابتة ذات الأهمية هي مبيدات الآفات العضوية الكلورية نظرا لأن هذه المبيدات، بما في ذلك مادة الدي دي تي والليندان، ما زالت تستخدم في نيجيريا وبلدان نامية أخرى لمكافحة الآفات وكمبيدات للحشرات.

وقد وُصف البحر الأبيض المتوسط كذلك بأنه بؤرة للملوثات العضوية الثابتة (Marsili and others, 2018؛ والمراجع الواردة في الجدول 7-1). وكان متوسط درجات تركيز مركبات ثنائي الفينيل المتعدد الكلور في شحوم الدلافين القارورية الأنف في خليج أمبراكيا منخفضا في عام 2013 (770 26 نانوغرام/غرام بوزن المحتوى الدهني؛ Gonzalvo and others, 2016) قياساً إلى متوسط درجات تركيز هذه المركبات في نفس الأنواع من البحر الأدرياتي الشمالي في عام 2011 (460 110 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني؛ Jepson and others, 2016). بيد أن متوسط درجات التركيز في شمال البحر الأدرياتي كان أعلى من المتوسط الذي تم رصده في عينات الدلافين القارورية الأنف التي جُمعت من اسكتلندا، المملكة المتحدة، على مدى الفترة 2004-2012 بمقدار يناهز 40 000 نانوغرام/غرام بوزن المحتوى الدهني. وبلغت قيم درجات تركيز مركبات ثنائي الفينيل المتعدد الكلور في عينات الحيوانات البحرية المأخوذة من خليج المكسيك (تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية) وهاواي، الولايات المتحدة الأمريكية، وجزيرة ريونيون، فرنسا، 700 47 نانوغرام/غرام (Balmer and others, 2015) و 800 11 نانوغرام/غرام (Bachman and others, 2014) و 200 5 نانوغرام/غرام (Dirtu and others, 2016) بوزن المحتوى الدهني، على التوالي، وأخذت جميع العينات خلال الفترة 2009-2012 تقريبا. وبلغ متوسط درجات تركيز ثنائي الفينيل المتعدد الكلور في شحوم عينات حوت العنبر المأخوذة من حوض كورسو - ليغوريان في البحر الأبيض المتوسط في الفترة الممتدة بين عامي 2006 و 2013 ما قدره 240 24 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني و 880 16 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني للذكور والإناث، على التوالي (Marsili and others, 2018، والجدول 7-2 والمراجع الواردة فيه؛ و Pinzone and others, 2015). ولم تكن درجات التركيز هذه بالارتفاع المسجل في معدل تركيز هذه المركبات في العينات المأخوذة من بحر ليغوريان وخليج ليون (810 107 نانوغرام/غرام بوزن المحتوى الدهني؛ Praca and others, 2011) في الفترة الممتدة بين 2006 و 2009، ولكنها كانت أكبر بكثير من المتوسط المرصود من خلال عينات أخذت من المياه المحيطة بجزر غالاباغوس (1,320 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني) وبابوا غينيا الجديدة (140 1 نانوغراما/غرام بوزن المحتوى الدهني) في عامي 2000 و 2001 على التوالي (Godard-Codding and others, 2011).

وعلى الرغم من تناقص تركيز الديلدرين في الكائنات الحية في منطقة القطب الشمالي فإن هذا التغير يحدث بمعدل بطيء، وهو ما يتسق مع عمليات الرصد الجوي، حيث كان التغير محدودا للغاية خلال الفترة الممتدة بين عامي 1993 و 2016. كما تبين أن تركيز مركبات الكلوردان في الكائنات الحية في القطب الشمالي آخذ في الانخفاض (AMAP, 2016). أما مسار تطور الملوثات

العضوية الثابتة "القديمة" الأخرى (مثل سداسي كلور حلقي الهكسان ألفا، وسداسي كلور حلقي الهكسان بيتا، وسداسي كلور حلقي الهكسان غاما ومركبات ثنائي الفينيل المتعدد الكلور)، فيبدو أنه مماثل بالنسبة للكائنات الحية التي تعيش في منطقة القطب الشمالي.

وعلى النحو المبين في مطلع هذا الفصل، هناك مجموعة من المركبات المعالجة بالفلور ما فتئت تحظى باهتمام متزايد. ولوحظ أن درجات تركيز حمض البيرفلوروكتانويك في المواقع الساحلية في شرق بحر الشمال بلغت 3,8 نانوغرامات/لتر وأن درجات تركيز حمض السلفونيك البيرفلوروكتاني بلغت 1,8 نانوغرام/لتر. وزاد انخفاض درجات التركيز هذه، لتصل إلى 0,13 نانوغرام/لتر بالنسبة لحمض البيرفلوروكتانويك و 0.09 نانوغرام/لتر بالنسبة لحمض السلفونيك البيرفلوروكتاني، في المنطقة القريبة من البحر المفتوح (Theobald, and others, 2011). وتم العثور على مركبات مشبعة بالفلور في الطيور البحرية في بحر البلطيق (Rubarth and others, 2011)، وفي الأسماك المصيدة في المنطقة الواقعة حول تشارلستون، ساوث كارولينا، الولايات المتحدة الأمريكية (Fair and others, 2019)، وفي مجموعة من الأسماك الغذائية في جمهورية كوريا (Jeong, and others, 2019)، والشبكة الغذائية البحرية للقطب الشمالي (Butt, and others, 2010)، وكذلك في الكائنات الحية التي تعيش في القطب الجنوبي، وهو ما يوضح أن هذه الملوثات العضوية الثابتة موجودة في كل مكان في البيئة العالمية شأنها شأن الملوثات العضوية الثابتة الـ 12 الأصلية المذكورة بالتفصيل في اتفاقية استكهولم.

وقد تم توثيق وجود مواد الألكيل الكيميائية البيرفلورية والمتعددة الفلور في القطب الشمالي والمحيط العالمي على مدى العقد الماضي (Ahrens and others, 2010؛ و Benskin and others, 2012؛ و Yeung and others, 2017). وسيؤدي التخلص التدريجي من حمض البيرفلوروكتانويك وحمض السلفونيك البيرفلوروكتاني في عمليات الإنتاج في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا إلى انخفاض درجات التركيز في سطح المحيط (Zhang, and others, 2017) بينما يرجح أن يزداد استخدام مواد الألكيل الكيميائية البيرفلورية والمتعددة الفلور البديلة. ويمكن أن تكون درجات التركيز العالية من حمض السلفونيك البيرفلوروكتاني التي لوحظت في جنوب المحيط الأطلسي ناجمة عن استخدام مادة كيميائية سليفة كمبيد للآفات في البرازيل (González-Gaya and others, 2014).

ويظل التحدي الأكبر قائماً مادام الذكاء البشري يتفتق عن إنتاج مجموعة واسعة من الهيدروكربونات المهلجنة التي تعود بفوائد كبيرة على البشرية ولكن تبين وجودها في البيئتين غير الأحيائية والأحيائية على نطاق عالمي. ولم يتضح بعد التأثير الكامل لهذه المركبات على الكائنات الحية البحرية، خاصة عندما يكون هناك تضخم بيولوجي، لا سيما بالنظر إلى أن برامج الرصد تميل إلى التركيز على مجموعة فرعية من المركبات بدلا من المجموعة الكاملة من المركبات المعالجة بالفلور والكلور والبروم المعروفة بوجودها في البيئة البحرية والتي تسهم في مجموع حمولة الشوائب لكل حيوان على حدة. ومن الضروري إجراء دراسة مفصلة لكل مجموعة فرعية بالنظر إلى سمية كل مركب ومدى توافره البيولوجي.

3-4 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية و/أو التغيرات الاقتصادية أو الاجتماعية الأخرى

تشكل المركبات الشديدة السمية، مثل سداسي كلور حلقي الهكسان - غاما و وثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان ب.ب' (p,p'-DDT)، مخاطر محتملة غير مقبولة على الكائنات المائية. وثمة مخاطر على نطاق أوسع تواجه الكائنات في ذروة الشبكة الغذائية، بما في ذلك البشر. وتبين أن مخلفات مبيدات الآفات المصنوعة من سداسي كلور حلقي الهكسان -غاما وثنائي كلورو ثنائي فينيل ثنائي كلورو الإيثيلين ب. وب.' (p,p'-DDE) هي الأكثر انتشارا من بين جميع الملوثات العضوية الثابتة في خليج غينيا التي تم تقييمها

واستقراؤها. وبالإضافة إلى ذلك، تبين أن لدى سداسي كلور حلقي الهكسان -غاما قدرة عالية على الانتقال لمسافات بعيدة. ويمكن أن يكون لهذه المركبات تأثير سمّي شبيه بتأثير الديوكسين على الكائنات الحية التي تعيش في البحيرات الشاطئية، وهو ما يشكل مؤشرا على المخاطر الصحية المحتملة التي تواجه الكائنات الحية والبشر (Rose and others, 2017).

ومع تغير المناخ على صعيد الكوكب، ستخضع النباتات والحيوانات البحرية لضغوط إضافية ناجمة عن ارتفاع درجات الحرارة وتناقص الأكسجين في المحيطات. وقد يسبب انخفاض درجة الحموضة المزيد من الضغوط. وقد تكون النباتات والحيوانات البحرية التي تعاني بالفعل من شكل من أشكال الإجهاد بسبب حمولة الشوائب أكثر عرضة للخطر. ويلزم إجراء بحوث من أجل فهم الآثار المترتبة على عوامل الإجهاد المتعددة، ليس فقط من منظور التنوع البيولوجي، ولكن أيضا في سياق الصناعات المتعلقة بالصدفيات والأسماك ذات الزعانف، في حال وجود تأثيرات على مستوى أعداد الأسماك.

ويمكن أن تتسبب درجات تركيز الملوثات العضوية الثابتة وحدها في آثار بيولوجية ضارة قد يكون لها تأثير يتجاوز مستوى النبات أو الحيوان البحري. ويمكن أن تتأثر الصناعات المحلية بالآثار المحلية على الأعداد، أو بالحالات التي تتجاوز فيها درجات تركيز الشوائب معدلات الامتثال. وفي عام 2018، خفض فريق الهيئة الأوروبية لسلامة الأغذية المعني بالملوثات في سلسلة الأغذية الجرعة الأسبوعية المقبولة من الديوكسينات والمركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور الشبيهة بالديوكسين في الأغذية إلى 2 بيكوغرام/كيلوغرام من وزن الجسم، وهو رقم يقل بمقدار سبع مرات عن الجرعات السابقة المقبولة في الاتحاد الأوروبي[7]. وهو يقترب من الجرعة اليومية المقبولة من المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور الشبيهة بالديوكسين التي حددتها منظمة الصحة العالمية منذ أمد طويل في عامل مكافئ السمية 1-4 بيكوغرام/كيلوغرام من وزن الجسم. وقد نشر برنامج الأمم المتحدة للبيئة، الذي يوفر خدمات الأمانة لشبكة القضاء على استخدام ثنائي الفينيل المتعدد الكلور، تقريراً في الآونة الأخيرة (UNEP and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), 2018) يشرح بالتفصيل التقدم المحرز فيما يتعلق بالوفاء بالموعد النهائي للقضاء على استخدام ثنائي الفينيل المتعدد الكلور المحدد في عام 2028، على النحو المبين في اتفاقية استكهولم. ولا تسير الأطراف في الاتفاقية حالياً على الطريق الصحيح المفضي إلى تحقيق هدف عام 2028. والنتيجة هي أن هناك حاجة إلى مواصلة متابعة درجات تركيز الملوثات العضوية الثابتة لغرضين أولهما فهم تأثير خليط متزايد التعقيد من المواد الكيميائية البشرية المنشأ على أنظمتنا البحرية والثاني هو تقييم درجات التركيز في الأسماك الغذائية. فالأسماك والصدفيات توفر مصدرًا قيمًا ومغذيا للبروتين يجب أن يكون طعاما مأمونا. وهذا يتطلب خفض انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة وعمليات تصريفها وفواقدها، وانخفاض درجات التركيز في الأحياء البحرية.

[7] انظر www.efsa.europa.eu/en/press/news/dioxins-and-related-pcbs-tolerable-intake-level-updated.

4 - الفلزات

4-1 - مقدمة

مازالت الفلزات تنقل بدرجات تركيز مرتفعة في جميع أنحاء العالم، ويمكنها التأثير على حياة الإنسان والبيئة حتى في الأماكن النائية. وعلى الرغم من أن الفلزات توجد في الطبيعة وتُطلق في البيئة من مصادر طبيعية، تسهم الانبعاثات البشرية المنشأ إسهاماً هاماً في التدفقات الفلزية بل وتهيمن على تدفقات عدد من الفلزات. ويتناول هذا الفصل فلزات شديدة السمية، مثل الزئبق والكادميوم والرصاص، إلى جانب ثلاثي البيوتيلين، والتي ورد تقييمها في التقييم العالمي الأول للمحيطات، ويتناول كذلك العناصر الأرضية النادرة.

4-2 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

نوقشت في التقييم العالمي الأول للمحيطات مصادر الفلزات (الزئبق والكادميوم والرصاص) واستخداماتها الرئيسية وإنتاجها وتأثيرها و كذلك ثلاثي البيوتيلتين، وهو مركز كيميائي مسبب لاضطرابات الغدد الصماء، بيد أن المقارنة كانت مضنية للغاية نظراً لاختلاف أساليب التحليل المستخدمة والوحدات المستعملة لتمثيل البيانات.

وقد تبين أن القطاعات الرئيسية التي تسهم في انبعاثات الزئبق في الهواء هي منشآت الحرق التي تقوم أساسا بحرق الفحم، وقطاع تعدين الذهب بالوسائل الحِرفيّة على نطاق محدود. وأشارت تقديرات برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن هذه المصادر تُسهم في مجموع انبعاثات الزئبق البشرية المنشأ بحوالي 50 في المائة، استناداً إلى بيانات عام 2010 (UNEP, 2019).

4-3 - وصف التغيرات البيئية (في الفترة الممتدة بين عامي 2010 و 2020)

تحسنت عمليات رصد درجات تركيز الفلزات في المحيطات على الصعيد العالمي على مدى السنوات العشر الماضية، ويرجع ذلك أساسا إلى جهود متكاملة من قبيل البرنامج الدولي لدراسات الدورات الجيولوجية والبيولوجية والكيميائية للعناصر النزرة (GEOTRACES). ولا توجد عمليات رصد وتقييم ساحلية للاتجاهات في معظم المناطق، باستثناء منطقة لجنة حماية البيئة البحرية في منطقة بحر البلطيق، ومنطقة اتفاقية أوسبار، ومنطقة برنامج رصد وتقييم القطب الشمالي، وبالتالي يقتصر تركيز هذه العمليات على السواحل الأوروبية ومنطقتي شمال المحيط الأطلسي والقطب الشمالي. وتختلف الاتجاهات المحددة حالياً باختلاف المناطق والفلزات. وعموما، يبدو أن هناك ثباتا في مستوى درجات التركيز المسجلة في العمود المائي في حالتي الرصاص والكادميوم. لكن يبدو أن درجات تركيز الزئبق في الأسماك وغيرها من الكائنات الحية آخذة في التزايد في مناطق القطب الشمالي. وينبغي إيلاء الأولوية للجهود الرامية إلى معالجة نقص بيانات السلاسل الزمنية في المناطق الرئيسية، بما في ذلك جنوب المحيط الأطلسي وجنوب المحيط الهادئ، ولا سيما في خضم تغير درجات الحرارة العالمية وزيادة المعدل المتوقع لتنقل الفلزات. ولهذه الجهود أهمية خاصة في المناطق التي سيؤدي فيها تناقص التربة الصقيعية إلى تحريك الفلزات وزيادة درجة التعرض عبر السلاسل الغذائية. ويتضح من خلال كميات الأسماك المصيدة على الصعيد العالمي[8] أن جميع المناطق تحتوي على الأقل على بعض الأنواع التي تحتل مرتبة أعلى في سلسلة التغذية وتتجاوز المستويات الموصى بها، مما يدل على أن جميع مناطق المحيطات متضررة. وباختصار، لا يزال من الممكن العثور على الكادميوم والزئبق

[8] انظر http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture.

والرصاص في الكائنات الحية بدرجات تركيز تتجاوز مستويات التقييم الأساسي، مع وجود بعض الفروق الزمانية والمكانية. ولا تزال المفترسات العليا معرضة للضغط، حيث تشكل درجات تركيز الفلزات عاملا مساهما في ذلك.

ووفقًا لمحفوظات الإحصاءات العالمية للمعادن (Brown and others, 2019)، كان الإنتاج العالمي السنوي من الكادميوم ثابتًا إلى حد كبير حيث تراوح بين 21 000 و 26 000 طن تقريبا على مدى العقد الماضي، على الرغم من بلوغ الإنتاج الحد الأعلى ابتداء من عام 2014 إلى 2017. وقد انخفض إنتاج المناجم من الرصاص بنسبة 10 في المائة تقريباً منذ ذروة الإنتاج البالغة 5 300 000 طن سنوياً في الفترة 2013-2014. وقد ظل إنتاج الرصاص المكرر ثابتاً إلى حد ما عند حوالي 11 000 000 طن خلال الفترة نفسها. والصين وحدها مسؤولة عن نحو نصف الإنتاج السنوي للرصاص. وتضاعف إنتاج الزئبق السنوي من عام 2010 إلى عام 2012، ليبلغ 4 000 000 طن في عام 2017 (Brown and others, 2019). وخلال هذه الفترة أيضا، زادت حصة المنتج الرئيسي، الصين، من حوالي 75 في المائة إلى 90 في المائة تقريبا.

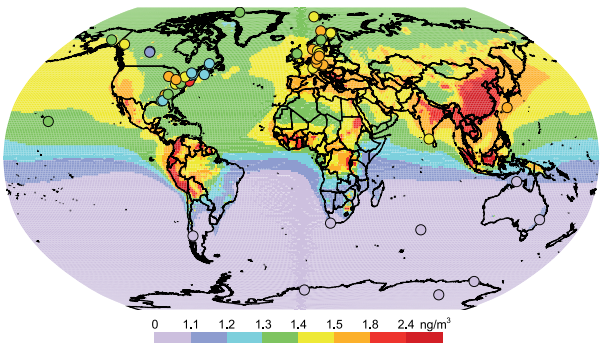
وفي الوقت الحاضر، واستناداً إلى بيانات عام 2015، تشير تقديرات برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن الحرق الثابت للفحم وتعدين الذهب بالوسائل الحِرفيّة مسؤولان عن 60 في المائة من مجموع انبعاثات الزئبق الجوية البشرية المنشأ (UNEP, 2019). غير أنه ليس من الواضح ما إذا كان الفرق مقارنة بعام 2010 يستند إلى معلومات محسنة أو إلى تغييرات فعلية في الانبعاثات الصادرة عن هذين القطاعين. وعموماً، يشكل مجموع الانبعاثات البشرية المنشأ حوالي 30 في المائة من مجموع انبعاثات الزئبق في الهواء، بينما تشير التقديرات إلى أن العمليات الطبيعية مثل تبخر الزئبق الذي سبق ترسبه في التربة والمياه تشكل 60 في المائة، وتأتي نسبة الـ 10 في المائة المتبقية من الانبعاثات الطبيعية من البراكين (UNEP, 2019).

ويكشف التوزيع المكاني العالمي لانبعاثات الزئبق في الهواء والترسب الجوي عن وجود مناطق شديدة التأثر في شرق وجنوب آسيا، وأفريقيا الوسطى، وأمريكا الجنوبية، وكذلك أمريكا الوسطى وجنوب شرق أمريكا الشمالية (الشكل الثاني). وتتشابه المساهمات دون القارية في السجل العالمي لعام 2015 إلى حد كبير مع مساهمات عام 2010.

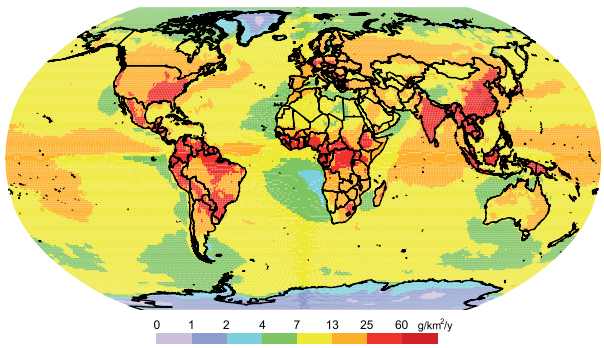
الشكل الثاني

التوزيع العالمي للقيمة الوسطى النموذجية المجمّعة لدرجات تركيز الزئبق الأولي (Hg^0) في عام 2015

(أ) في الهواء عند سطح الأرض



(ب) مجموع تدفق الترسبات (الرطبة والجافة)



المصدر: Ilyin, I., and others, 2018.

4-4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

4-4-1 - المحيط المتجمد الشمالي

تشهد منطقة القطب الشمالي تغيرات سريعة وتشكل موضوعا لقدر متزايد من جهود البحث والرصد. ومن المتوقع أن يؤدي ذوبان التربة الصقيعية إلى نقل المزيد من الزئبق الأرضي والفلزات الأخرى إلى البيئات الساحلية في القطب الشمالي (Fisher and others, 2012)، فالفلزات لا تختفي مع مرور الوقت ولكن يمكن أن تنحبس في الرواسب. غير أن البيانات المتعلقة بتركيز الفلزات في الرواسب في القطب الشمالي محدودة. وقد بلغ متوسط تركيز الكادميوم في عينات الكائنات الحية المأخوذة من بحر بارنتس (الساحل الشمالي الغربي للنرويج) مستوى أعلى من درجات تركيز التقييم الأساسي التي تنص عليها اتفاقية أوسبار، ولكنه أدنى بكثير من المستوى الأقصى الذي حددته المفوضية الأوروبية فيما يتعلق بالغذاء (OSPAR, 2017d) وكان متوسط درجات تركيز الزئبق والرصاص مساويا للتركيز المحدد في التقييم الأساسي. ولم تظهر أي اتجاهات تصاعدية لدرجات تركيز الفلزات في العمود المائي.

وقد أظهر استعراض للزئبق في البيئة البحرية للمنطقة القطبية الكندية أن فهم الدوران البيوجيوكيميائي لهذا المعدن قد تحسن ولكنه يحتاج إلى مزيد من التوصيف. ويقل مجموع درجات تركيز الزئبق في الرواسب في خليج هدسون (8 إلى 58 نانوغرام/غرام بالوزن الجاف) عن تركيزه في المناطق البحرية الأخرى الواقعة في منطقة المحيط المتجمد الشمالي المحيطة بالقطب (والذي بلغ مثلا 290 نانوغرام/غرام بالوزن الجاف، ساحل غرينلاند، 2000) (Fisher and others, 2012).

إن مخزون الزئبق في التربة الصقيعية غير محدد كمياً بصورة دقيقة، ومن المرجح أن تحتوي التربة السطحية في القطب الشمالي على جزء من الزئبق القديم. والتقديرات الحالية لعمليات النقل النهري للزئبق إلى القطب الشمالي الساحلي مستقاة من بيانات ونماذج محدودة وتتفاوت تفاوتا شديدا، حيث تتراوح الكمية المنقولة بين 13 و 80 ميغاغرام لكل عام (Dastoor and Dunford, 2014)، في حين أن كمية الزئبق المنقول من خلال تحات السواحل تقدر بـ 15-30 ميغاغرام لكل عام (Soerensen and others, 2016). ويمكن أن تزيد درجات تركيز الزئبق النهري إلى ستة أضعاف في المناطق الساحلية وفقا لسيناريوهات تتوقع زيادة في الجريان السطحي الأرضي بنسبة تصل إلى 30 في المائة (Jonsson and others, 2017). ويؤدي النقل النهري أيضا إلى إطلاق كمية كبيرة من الزئبق السام، أي ميثيل الزئبق. ولا تكفي تقديرات التدفق الحالية لتغطية رصيد الزئبق في القطب الشمالي، ومن ثم يُفترض حدوث عمليات ضخمة لتصنيع الزئبق في المناطق الساحلية يترتب عليها انبعاث أنواع الزئبق الغازية إلى الغلاف الجوي (Heimbürger and others, 2015).

وما زال هناك تباين مكاني كبير في مجموع درجات تركيز الزئبق في الكائنات الحية في القطب الشمالي، بما في ذلك فيما يتعلق بالثدييات والطيور البحرية. وفي هذه الفئة الأخيرة (طائر المور السميك المنقار)، زاد مجموع تركيز الزئبق في الطيور التي تتكاثر عند ارتفاعات أعلى. وقد حدثت زيادة في مجموع درجات تركيز الزئبق في بيض الطيور البحرية (بأنواع مختلفة) على مدى الفترة 1975-2012. ولا تزال أسباب هذه الزيادة غير واضحة، ولكن من المرجح أنها تُعزى إلى عوامل متعددة. وقد وُجد أن أسماك القرش في غرينلاند تحتوي على درجات تركيز عالية من الزئبق في عضلاتها (1.62 ± 0.52 ميكروغرام/غرام بالوزن الرطب)، وهو ما يتسق مع موقعها في أعلى سلسلة التغذية ضمن الشبكة الغذائية البحرية في القطب الشمالي.

ويبرز الإصدار الرابع للتقييم العالمي للزئبق (2018) (UNEP, 2019)، وهو مشروع مشترك بين برنامج الأمم المتحدة للبيئة و برنامج رصد وتقييم القطب الشمالي، النقاط التالية:

(أ) يؤدي فقدان الجليد البحري في القطب الشمالي بسبب تغير المناخ إلى زيادة تبادل الزئبق بين المحيط والغلاف الجوي.

(ب) تحتوي المواقع الساحلية من القطب الشمالي في النرويج على مستويات مرتفعة قليلا من الزئبق في الغلاف الجوي مقارنة بتلك الموجودة في غرينلاند، وهو ما يرتبط بالنقل المباشر للزئبق من أوروبا القارية، وخاصة خلال فصلي الشتاء والربيع.

(ج) يتأثر القطب الشمالي في المقام الأول بالنقل البعيد المدى للزئبق الموجود في الغلاف الجوي.

(د) قد يكون الترسب الجاف للزئبق مهماً في الأرباض الداخلية لمنطقة التندرا في القطب الشمالي.

(هـ) لن ينخفض ترسب الزئبق إلى القطب الشمالي بحلول عام 2035 في ظل السياسات الحالية.

(و) تحدث تأثيرات تغير المناخ على النظم الإيكولوجية البحرية في القطب الشمالي بسرعة، ومن ثم يكتسي تغير المناخ أهمية مضاعفة من أجل التوصل إلى فهم عالمي لاتجاهات الزئبق.

(ز) يحتمل تعرض الطيور القطبية إلى مخاطر متوسطة أو منخفضة الشدة فيما يتعلق بالزئبق.

(ح) تنتمي بعض الثدييات البحرية في القطب الشمالي إلى فئة شديدة التعرض للمخاطر نتيجة امتصاص ميثيل الزئبق في غذائها، مع وجود درجات تركيز الزئبق في عضلات الحيتان المُرشدة في الطرف الأعلى من طيف درجات تركيز الزئبق في الحيتان المسننة.

(ط) زاد الزئبق في عينات الفقمات الحلقية المأخوذة من المنطقة القطبية من أمريكا الشمالية.

(ي) التغيرات في درجة تركيز الزئبق في الثدييات البحرية والطيور البحرية هي نتيجة للتغيرات في أنماط التغذية، وفي الظروف البيئية وتغير المناخ، وهو ما يعني أن أسباب التغيرات التي تُلاحظ في درجة تركيز الزئبق في الثدييات البحرية والطيور البحرية هي أسباب لا يتسنى بالضرورة تحديدها.

(ك) لا يزال استهلاك سكان القطب الشمالي للأسماك والثدييات البحرية يهدد سلامتهم بشكل كبير نتيجةالتعرض للزئبق؛ ومع ذلك، انخفضت حالات التعرض هذه على مدى العقدين الماضيين.

وباختصار، لا يزال من الممكن العثور على الكادميوم والزئبق والرصاص في الكائنات الحية بدرجات تركيز تتجاوز مستويات التقييم الأساسي، مع وجود اختلافات زمانية ومكانية على حد سواء. ولا تزال المفترسات العليا معرضة للخطر، حيث تشكل درجات تركيز الفلزات عاملا مساهما في ذلك.

2-4-4 - شمال المحيط الأطلسي وبحر البلطيق والبحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال

شمال المحيط الأطلسي (بما في ذلك المنطقة البحرية المشمولة باتفاقية أوسبار)

يمثل بحر الشمال الكبير المنطقة البحرية الوحيدة المشمولة باتفاقية (أوسبار) التي تتوافر بشأنها معلومات كافية عن مدخلات الفلزات المنقولة بالمياه يمكن استخدامها لأغراض التقييم. وقد انخفضت مدخلات الزئبق المنقولة عن طريق الجريان السطحي للمياه على الصعيد القاري إلى النصف تقريباً في الفترة الفاصلة بين الفترتين 1990-1995 و 2010-2014 (وانخفضت المدخلات المنقولة عبر الغلاف الجوي بمقدار الثلث تقريبا). وقد تم تخفيض مدخلات الكادميوم المنقولة عن طريق كل من الغلاف الجوي والجريان السطحي للمياه بنسبة الثلثين. والتقدم المحرز في الأساليب التحليلية الذي يؤدي إلى تحسين (خفض) حدود الكشف وزيادة الدقة يعني احتمال المبالغة في تقدير حجم التغيير رغم وجود اتجاه تنازلي في المدخلات النهرية. ومع ذلك، سيتطلب الأمر مراقبة طويلة الأجل لتحديد حجم هذا التغيير (OSPAR, 2017a). وقد انخفضت مدخلات الرصاص المنقولة من خلال الجريان السطحي القاري بأكثر من النصف، بينما يقل ترسب الرصاص من الغلاف الجوي عن ثلث المستوى الذي كان عليه في عام 1990. ويشكل التلوث الجوي الثانوي الناجم عن المواد التي تعاود الانتشار والتلوث الجوي الناشئ عن مصادر من خارج المنطقة البحرية المشمولة باتفاقية أوسبار المصدرين الرئيسيين لتلوث الهواء في الوقت الحالي.

وثمة حاجة إلى التعاون فيما وراء المنطقة المشمولة باتفاقية أوسبار للتحكم في هذين المصدرين بالإضافة إلى المدخلات المنقولة بالمياه. وتبين تحليلات نظائر الرصاص في منطقة شمال المحيط الأطلسي المدارية أن ما يتراوح بين 30 و 50 في المائة من الرصاص الطبيعي المكتشف كان مصدره الغبار المعدني في شمال أفريقيا، وهو ما يدل على نجاح الجهود العالمية الرامية إلى خفض انبعاثات الرصاص البشرية المنشأ (Bridgestock and others, 2016). وانخفضت درجات تركيز الرصاص المذاب في المياه السطحية للبحر السلتي في شمال شرق المحيط الأطلسي بمقدار أربع مرات على مدى العقود الأربعة الماضية لتصل إلى 8 نانوغرامات/لتر (Rusiecka and others, 2018)، وهي درجة ما زالت تزيد عن درجات تركيز التقييم الأساسي بمقدار قيمتين أسّيتين. وقد انخفضت مدخلات الرصاص من الغلاف الجوي، وأصبحت تدفقات الرصاص المذابة القاعية (5,6 – 8,5 ميكروغرامات من الرصاص/(متر مربع في اليوم) تتجاوز تدفقات الرصاص من الغلاف الجوي (0,006 – 2,5 ميكروغرام من الرصاص/(متر مربع في اليوم) في البحر السلتي، مما يدل على أهمية الرواسب كمصدر معاصر للرصاص (Rusiecka and others, 2018).

أما متوسط درجات تركيز الزئبق والكادميوم والرصاص في الرواسب البحرية فهو إما آخذ في التناقص أو لم يطرأ عليه تغير كبير في غالبية المناطق التي خضعت للتقييم. ومع ذلك، تزيد درجات التركيز في جميع المناطق عن المستويات الطبيعية الأساسية، وتتجاوز درجات التركيز في أربع من المناطق الست التي تم تقييمها مستويات يتعذر معها استبعاد الآثار الإيكولوجية الضارة (OSPAR, 2017c). وفي أعقاب تدابير الحظر التي فُرضت على استخدام ثلاثي البيوتيلتين في الطلاءات المانعة للقاذورات، حدث تحسن ملحوظ في حالة تكاثر حلزون البحر في شمال شرق المحيط الأطلسي خلال فترة التقييم 2010-2015. ومقارنة بالتقييم الذي تم في عام 2010، انخفضت بشكل ملحوظ معدلات ظهور أعراض الخنوثة لدى إناث حلزون البحر. وفي معظم المناطق المشمولة بالتقييم، يبلغ معدل ظهور أعراض الخنوثة (اضطراب الإمبوسكس) بسبب ثلاثي البيوتيلتين مستوى يقل عن المعدل الذي يتوقع أن يؤدي إلى آثار ضارة أويناهزه، وهناك أيضاً أدلة تشير إلى وجود اتجاهات زمنية نزولية في حدة هذه الأعراض في جميع المناطق التي تم تقييمها. ومع ذلك، مازال بعض المناطق معرضاً لمستويات مرتفعة من هذا الاضطراب.

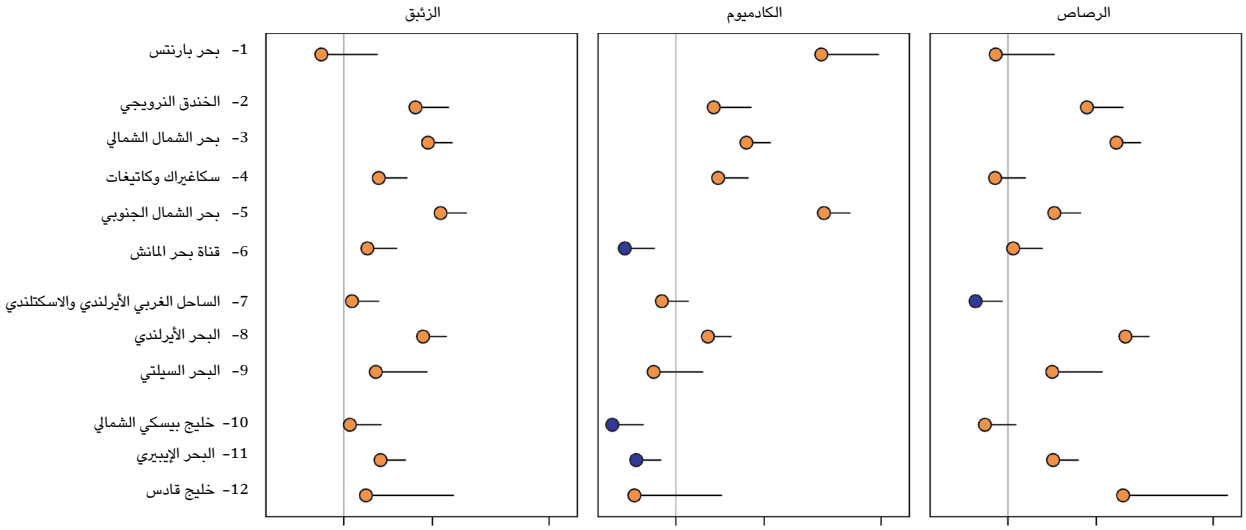
وعلى الرغم من أن مستوياته آخذة في الانخفاض، فإن معدلاته ما زالت تزيد عن المستويات الأساسية في جميع المناطق التي تم تقييمها (OSPAR, 2017d).

وفي أعقاب تدابير الحظر التي فُرضت على مركبات ثلاثي البيوتيلتين، انخفض متوسط درجات تركيزه في الرواسب انخفاضاً كبيراً في الجزء الجنوبي من بحر الشمال الكبير، وهي جد منخفضة أو منعدمة في أماكن أخرى من شمال شرق المحيط الأطلسي. وقد توقف معظم بلدان المنطقة عن رصد معدلات تركيز المركبات العضوية القصديرية في الرواسب، ولا سيما في المواقع البحرية، لأن درجات التركيز أصبحت الآن منخفضة جدا ودون عتبة الكشف. وهذا يعني عدم التمكّن من إجراء تقييم موثوق به لدرجات تركيز المركبات العضوية القصديرية في الرواسب إلا في جنوب بحر الشمال (OSPAR, 2017e).

وفي معظم المناطق التي شملها التقييم العالمي الأول للمحيطات، ترتفع درجات تركيز الزئبق والكادميوم والرصاص في بلح البحر والأسماك عن المستويات المقدرة لدرجات التركيز المحددة في التقييم الأساسي (الشكل الثالث). بيد أن جميع درجات التركيز تقل عن الحدود التي وضعتها المفوضية الأوروبية للمواد الغذائية. وتتناقص درجات التركيز أو لا يطرأ عليها أي تغير كبير في جميع المناطق المشمولة بالتقييم باستثناء درجات تركيز الكادميوم في بضعة مواقع في بحر الشمال الكبير والبحر الأيرلندي (OSPAR, 2017b). وتزيد المستويات القصوى التي حددتها المفوضية الأوروبية لدرجات تركيز الفلزات في الأسماك والصدفيات عن درجات التركيز الأساسية بمقدار خمس مرات على الأقل. ويقل متوسط درجات تركيز الفلزات عن الحدود القصوى التي حددتها المفوضية الأوروبية في جميع المناطق المشمولة باتفاقية أوسبار والخاضعة للتقييم منذ عام 2009.

الشكل الثالث

متوسط درجات تركيز كل من الفلزات الثقيلة في الأسماك والصدفيات في كل منطقة من المناطق المشمولة بتقييم أوسبار (OSPAR) مقارنةً بدرجة التركيز المحددة في التقييم الأساسي



متوسط درجات التركيز مقارنةً بدرجة التركيز المحددة في التقييم الأساسي

المصدر: OSPAR, 2017d.

ملاحظات: تعني القيمة 1 أن متوسط درجة التركيز يساوي تركيز التقييم الأساسي. اللون الأزرق: متوسط درجة تركيز يقل على نحو له دلالة إحصائية عن تركيز التقييم الأساسي و الحدود القصوى التي حددتها المفوضية الأوروبية بالنسبة للأغذية ($p<0.05$)؛ اللون البرتقالي: متوسط درجة التركيز يساوي تركيز التقييم الأساسي أو يتجاوزه (إذا كان حد الثقة يتجاوز 1)، ولكنه يقل بشكل ملحوظ عن المستويات القصوى التي حددتها المفوضية الأوروبية بالنسبة للأغذية. وتزيد المستويات القصوى التي حددتها المفوضية الأوروبية عن تركيز التقييم الأساسي بمقدار خمس مرات وهي غير مبيّنة. والتسميات الجغرافية الواردة في الشكل هي تلك التي تستخدمها لجنة الأوسبار.

بحر البلطيق

ثمة فروق كبيرة جداً في الكميات الإجمالية المقدرة من الفلزات التي تدخل بحر البلطيق كل عام، وتتفاوت مسارات دخولها الرئيسية تفاوتا شديدا (Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM), 2018a)) وتشير التقديرات إلى أن نطاقات مدخلات الكادميوم والزئبق والرصاص إلى بحر البلطيق في الفترة بين عامي 2012 و 2014 كانت 23-45 و 4,8-5,6 و 443-565 طنا سنوياً على التوالي (HELCOM, 2018a).

ويشكل الزئبق الذي يدخل بحر البلطيق عن طريق الترسب الجوي نحو 70 في المائة من المجموع، ولكن مستوياته انخفضت بنسبة 15 في المائة في الفترة التالية لعقد التسعينيات من القرن الماضي وحتى عام 2014.

وقد تجاوزت تركيزات الزئبق في عضلات الأسماك (الأنواع الأكثر شيوعاً التي تم قياس تركيز الزئبق فيها هي الرنجة والقد في مناطق البحر المفتوح وكلب البحر والفرخ في المناطق الساحلية) مستوى العتبة المقررة (20 ميكروغراما/كيلوغرام بالوزن الرطب) في جلّ الأحواض الفرعية التي تم رصدها في البحار المفتوحة، مما يدل على الحالة البيئية "غير الجيدة" خلال الفترة 2011-2016 (HELCOM, 2018a). وتم كذلك تجاوز العتبة في بعض المناطق الساحلية ولم تتحقق الحالة "الجيدة" إلا في حوض أركونا وفي المناطق الدانمركية والسويدية. ولا يوجد اتجاه عام لتركيز الزئبق في عضلات السمك في إطار السلسلة الزمنية موضوع البحث.

وتنتشر مدخلات الكادميوم المنقولة عبر الأنهار أكثر من غيرها و تشكل 79 في المائة من مدخلات الكادميوم في بحر البلطيق. وتظهر المدخلات المنقولة عبر الأنهار في إطار السلسلة الزمنية الحالية تفاوتات كبيرة جدا على مدار السنة تجعل الكشف عن أي اتجاه أمرا صعبا. وانخفض ترسب الكادميوم من الغلاف الجوي بنسبة 60 في المائة منذ تسعينيات القرن الماضي وحتى عام 2014.

وفيما يتعلق بدرجات تركيز الكادميوم في مياه البحر، والكائنات الحية (بلح البحر) والرواسب التي تم تقييمها من خلال تطبيق طريقة "فساد الكل بفساد الجزء"، لم يتحقق مركز "جيد"» إلا في نسبة 35 في المائة من الأحواض الفرعية في البحر المفتوح (HELCOM, 2018a) بيد أنه لم يلاحظ وجود اتجاهات ذات دلالة في 89 في المائة من الاتجاهات الـ 38 التي تم تقييمها، بينما كان هناك منحنى هبوطي في أربعة اتجاهات من أصل 33 اتجاها، واتخذ اتجاه واحد فقط منحنى تصاعديا. وكانت القيمة الحدّية لعتبة التركيز 0.2 ميكروغرام/لتر في الماء، و 960 ميكروغراما/كيلوغرام بالوزن الجاف (137,3 ميكروغراما/كيلوغرام بالوزن الرطب)) في أنسجة بلح البحر و 2,3 ملغم/كيلوغرام بالوزن الجاف في الرواسب.

وتشكل مدخلات الرصاص المنقولة عبر الأنهار 64 في المائة من إجمالي مدخلات الرصاص إلى بحر البلطيق. وتظهر مدخلات الرصاص في إطار السلسلة الزمنية القائمة تفاوتات كبيرة جدا على مدار السنة يجعل الكشف عن أي اتجاهات أمرا صعبا. وانخفض ترسب الكادميوم من الغلاف الجوي بنسبة 80 في المائة منذ تسعينات القرن الماضي وحتى عام 2014.

وتشير درجات تركيز الرصاص في الكائنات الحية (الأسماك وبلح البحر) والرواسب باستخدام نهج "حالة الجزء تحدد حالة الكل" إلى أن المركز "جيد" لم يتحقق إلا في أربعة أحواض فرعية في البحر المفترح وفي بعض المناطق الساحلية (HELCOM, 2018a). وعلاوة على ذلك، يكون الرصاص عموماً دون القيمة الحدية لعتبة التركيز المقررة في الكائنات الحية (26 ميكروغراما/كيلوغرام بالوزن الرطب. بالنسبة لكبد السمك، و 300 1 ميكروغرام/كيلوغرام بالوزن الرطب. و 185,9 ميكروغراما/كيلوغراما. في بلح البحر). ولم يلاحظ وجود اتجاه ثابت.

وما زالت مركبات ثلاثي البيوتيلتين تمثل مشكلة في المياه والرواسب والكائنات الحية في معظم المناطق (HELCOM, 2018b). أما فيما يتعلق بالرواسب،

كانت معظم المواقع دون القيمة الحدّية للعتبة (1,6 ميكروغرام/كيلوغرام)، ولم يتم التمكن من تقييم الاتجاهات الزمنية حتى بعد فترة من الرصد تراوحت بين سنتين وثلاث سنوات.

وتبين أن مستويات اضطراب الإمبوسيكس التي تم قياسها لمدة ست سنوات أو أكثر تقلّ عن القيمة الحدية للعتبة في جنوب كاتيغات وسكاغيراك. ولوحظ تناقص الآثار في ثمانية مواقع أخرى، وهو ما يتسق ذلك مع النتائج التي تم التوصل إليها في منطقة بحر الشمال، حيث سُجل اتجاهات تنازلية في 48 في المائة من مواقع انتشار اضطراب الإمبوسيكس[9].

وفي حين أن الحالة المتعلقة بمركبات ثلاثي البيوتيلتين آخذة في التحسن، تشير مستويات هذه المركبات في الرواسب والآثار السببية في بطيئات الأقدام البحرية إلى أن معدلات التلوث التاريخية مازالت تؤثر على بحر البلطيق. وينبغي دراسة أوجه استخدام المركبات العضوية القصديرية في تصنيع مواد غير الطلاءات المانعة للقاذورات، وانبعاثاتها من الرواسب التي كانت ملوثة سابقاً، لضمان استمرار الاتجاهات نحو الانخفاض.

البحر الأبيض المتوسط

إن التلوث بالفلزات في البحر الأبيض المتوسط هو نتيجة للأنشطة البشرية (العوامل المحركة وعوامل الضغط) التي تحدث في جميع أنحاء المناطق الساحلية والبحرية في البحر الأبيض المتوسط وتسبب اختلال التوازن في حالة الاستقرار الطبيعية للنظم الإيكولوجية. وتدخل الشوائب الضارة إلى النظام الإيكولوجي البحري من خلال طرق مختلفة، مثل الترسب الجوي أو المدخلات من المصادر البرية والبحرية. وعلى امتداد ساحل البحر الأبيض المتوسط، أوجدت المراسي الترفيهية الصغيرة بل والموانئ التجارية الكبرى عددا من الضغوط المختلفة فيما يتعلق بالتلوث الكيميائي. وفي الوقت الحاضر، لا تزال هناك أخطار قديمة وضغوط جديدة، على الرغم من أن اتجاهات الفلزات ومستويات تركيزها قد انخفضت بشكل ملحوظ في معظم المناطق المتأثرة بعد تنفيذ التدابير البيئية (مثل حظر الوقود الرصاصي، والطلاءات المانعة للقاذورات واللوائح المتعلقة بالزئبق)، على نحو ما لوحظ في غرب البحر الأبيض المتوسط UNEP/Mediterranean Action Plan (MAP)/) Coordinated Mediterranean Pollution Monitoring and Research Programme (MED POL), 2011a). ولكن مازالت بحيرة "مار مينور" الساحلية تتأثر بالفلزات تأثرا شديدا.

وما زال أحدث مجموعات البيانات المتاحة بشأن الشوائب التي أضيفت إلى قاعدة بيانات البرنامج المنسق لمراقبة ودراسة التلوث في منطقة البحر الأبيض المتوسط تشير إلى انخفاض مستويات الملوثات والشوائب القديمة في الكائنات الحية (ولا سيما الثنائية الصمام)، على الرغم من وجود مناطق معروفة بشدة تأثرها،على نحو ما ورد في تقارير التقييم السابقة (UNEP/MAP, 2009)؛ و UNEP/MAP/MED POL, 2011a؛ و UNEP/MAP, 2012a, 2012b) وتقارير الاتجاهات الزمنية (UNEP/MAP/MED POL, 2011b, 2016b) بينما تشير أيضا إلى تراكم المواد الكيميائية وثباتها في الرواسب الساحلية. ويُستنتج الشي نفسه من رصد الشوائب الكيميائية في الكائنات الثنائية الصمام (مثل بلح البحر والبطلينوس) والأسماك والرواسب وتقييمها مقارنة بدرجاتالبتركيز في التقييم الأساسي ودرجات التركيز في البيئة. ومعايير الآثارالمنخفضة النطاق). وتتراوح النسبة المئوية للمواقع ذات الأحوال البيئية المقبولة (المصنفة دون معايير العتبة التي وضعتها المفوضية الأوروبية) والتي تتراوح فيها درجات تركيز الكادميوم والرصاص والزئبق الكلي في الكائنات الحية (الثنائية الصمام والأسماك) بين 92 في المائة و 100 في المائة. ولم تزد درجات تركيز الرصاص عن درجات التركيز في البيئة إلا في 8 في المائة من المواقع التي تم فيها

[9] انظر https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-humanactivities/contaminants/imposex-gastropods/.

تقييم نسبة تركيز الرصاص في بلح البحر. ولذلك، فإن جميع المواقع التي خضعت فيها الكائنات الحية للتقييم في قاعدة البيانات تتمتع بظروف بيئية بحرية مقبولة، باستثناء 8 في المائة منها فيما يتعلق بدرجة تركيز الرصاص فيها وفقا لتلك المعايير. وعلى العكس من ذلك، سُجلت مستويات التركيز التي تتجاوز معايير التقييم في الرواسب الساحلية (أعلى من معايير آثار السمّية المنخفضة النطاق)، أي التي تشكل ظروفا بيئية غير مقبولة، في 4 في المائة و 53 في المائة و 15 في المائة من المواقع لكل من الكادميوم، والزئبق الكلي والرصاص، على التوالي. وتشير نسبة 53 في المائة بالنسبة للزئبق إلى الحاجة إلى تنقيح معايير التقييم دون الإقليمية؛ ذلك أن مزيجا من المصادر الطبيعية والمصادر البشرية المنشأ قد يؤثر على التقييم، ولا سيما في البحر الأدرياتي، وبحر إيجة وحوض بلاد الشام. وفي هذا الصدد، يجري النظر في تنقيح معايير التقييم الحالية (UNEP/MAP/MED POL, 2016a) وهو مايتوقع أن يزيد من تحسين هذه النتائج في التقييمات المستقبلية.

واستناداً إلى القيم الموصى بها لمعايير التقييم البيئي لأغراض إرشادية في القرار IG. 22/7 الصادر عن الأطراف المتعاقدة في اتفاقية حماية البيئة البحرية والمنطقة الساحلية للبحر الأبيض المتوسط في اجتماعها العادي التاسع عشر، المعقود في أثينا، في الفترة من 9 إلى 12 شباط/فبراير 2016. وتعكس التقييمات، إجمالاً، الظروف البيئية غير المقبولة، ولا سيما فيما يتعلق بدرجات تركيز الرصاص في بلح البحر في بعض المواقع ودرجات تركيز الرصاص والزئبق الكلي في الرواسب الساحلية (تزيد درجات التركيز في 53 في المائة من المواقع عن معايير آثار السمّية المنخفضة النطاق)، وإن كان من المعروف أن بعضها يشكل مناطق شديدة التأثر في البحر الأبيض المتوسط ومناطق المدخلات الطبيعية المنشأ. وثمة حاجة إلى الرصد والتقييم المستمرين لضمان مراقبة وتحقيق الأهداف المحددة من أجل الحفاظ على ظروف مقبولة من حيث نسبة تركيز الكادميوم والزئبق الكلي في الكائنات الحية.

4-4-3 - جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الأوسع نطاقاً

توفر الرحلات البحرية التي يتم القيام بها في إطار برنامج دراسات الدورات الجيولوجية والبيولوجية والكيميائية للعناصر النزرة في جنوب المحيط الأطلسي تقييمات جديدة لمدخلات الرصاص المذابة. ويشكل المحيط الهندي أحد مصادر تدفق رئيسي (يتراوح من 0,9 إلى 1,5 × 106 كغم/العام) إلى جنوب المحيط الأطلسي عن طريق تسرب تيار أغولهاس، الذي يزود المياه بتركيزات عالية من الرصاص (بدرجة تركيز متوسطها السنوي 5,8 ميكروغرام/كغم) تعادل درجات التركيز التي يسببها ترسب الغبار المعدني من الغلاف الجوي العالمي (1,6 × 109 غرام/العام على افتراض انبعاث 8 في المائة من الرصاص من الغبار إلى مياه البحر) (Paul and others, 2015). وفي الوقت الحاضر، تظل درجات تركيز الرصاص المذابة في جنوب المحيط الأطلسي أعلى من مستويات ما قبل التصنيع، حيث تنشأ نسبة 58 في المائة من الرصاص المذاب في تلك المياه من مصادر بشرية (Schlosser and others, 2019). ومن المتوقع أن يستمر تطوير بيانات برنامج دراسات الدورات الجيولوجية والبيولوجية والكيميائية للعناصر النزرة وأن تُسهم في التقييم العالمي القادم للمحيطات.

وقد وجدت درجات تركيز عالية من الألومنيوم والزئبق والنحاس في الرواسب والأسماك في منطقة البحر الكاريبي، وذلك أساساً في مرافئ منطقتي سي لوتس وبوينت ليزاس في ترينيداد وتوباغو (Mohammed and others, 2012). وما زال قصدير التريبوتيل يشكل أيضا مصدر قلق في منطقة البحر الكاريبي.

تعدين الفوسفور

توجد رواسب الفوسفات في جميع أنحاء العالم، وذلك في المعادن الرسوبية والنارية على حد سواء. وتقوم الصين حاليا بتعدين أكبر حجم من الفوسفات، ولكن المغرب هو أكبر جهة مصدرة له؛ بيد أن معظم عمليات استخراج الفوسفات ومعالجته يتم في مواقع بعيدة عن البحر.

ويعد تعدين الفسفوريت ومعالجته مصدراً رئيسياً للمدخلات من الزئبق والكادميوم والرصاص، وكذلك الكروم والنيكل والنحاس والزرنيخ والثوريوم واليورانيوم في المياه الساحلية (Gnandi and others, 2011). ففي توغو، على سبيل المثال، تم توثيق أثر الفلزات الشديد على الرواسب والمياه والكائنات الحية، لكن الأرجح أن هناك مناطق تعدين أخرى تتعرض لآثار مماثلة. أما رواسب الفسفوريت في توغو، المستخرجة منذ عام 1960 في مناجم الفوسفات في هاهاتو وكبوغاميه في جنوب توغو، فقد أثرتها الطبيعة بالفلزات والعناصر الأرضية النادرة (Tanouayi and others, 2016). وتتيح معالجة الركاز فصل الجزء الغني بالفوسفور للأغراض الصناعية، ما يؤدي إلى درجات تركيز تزيد على 1 ملم في مياه البحر بمجرد إلقاء مخلفات الفوسفوريت في المحيط. والرواسب الساحلية على درجة عالية من الإثراء بالفلزات النزرة، كما ترتفع عوامل الإثراء المحسوبة نسبة إلى قشرة الأرض. ووجدت هذه الحمولات العالية من الفلزات النزرة أيضا في الكائنات الحية (الأسماك وبلح البحر). وكانت نسبة درجات تركيز الفلزات النزرة المقيسة في الكائنات الحية إلى حدود العتبة التي قررتها منظمة الصحة العالمية، والتي تعرّف في هذا التقييم بالعامل الصحي النسبي، مرتفعة في الأسماك، وهي كالآتي بدءا بأعلى درجات التركيز: السيلينيوم، والزرنيخ، والفضة، والنيكل، والمنغنيز، والحديد، والرصاص، والكادميوم، والكروم، والنحاس، والزنك. ولم يُسجل أي تراكم للكادميوم والألومنيوم. وفي بلح البحر، سُجلت أعلى قيمة للعامل الصحي النسبي بالنسبة للحديد، يليه الزرنيخ، والرصاص، والسيلينيوم، والمنغنيز، والنيكل، والفضة، والكادميوم، والنحاس (Gnandi and others, 2011).

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

لا تزال الأسماك تشكل منتجا غذائيا هاما، وما زال احتمال تلوّث الأسماك بمجموعة من الفلزات احتمالا قائما. ففي الخليج الفارسي، تجاوزت درجة تركيز معظم الفلزات بصورة منتظمة المستويات القصوى المسموح بها في عضلات الأسماك، ولكن درجات تركيز الكادميوم والزئبق لم تتجاوز هذه المستويات إلا بمقدار 10 في المائة (Cunningham and others, 2019).

وأظهرت دراسة حديثة أجريت على سمك النهاش الأخضر (Lethrinus nebulosus) الذي يعيش في المياه الواقعة قبالة قطر (Al-Ansari and others, 2017) في الخليج الفارسي أن مستويات الزئبق قد تحسّنت في هذه المنطقة. وخلصت الدراسة إلى أن درجة تركيز الزئبق الكلي بلغت أعلى مستوياتها في الكبد (602 ± 192 ميكروغرام/كيلوغرام بالوزن الرطب) وأدنى مستوياتها في الغدد التناسلية (71 ± 31 ميكروغرام/كيلوغرام بالوزن الرطب)، بينما توسطت هذين المستويين في العضلات. وثمة اتجاه نحو التزايد مقارنة بالمستويات التي تم الكشف عنها قبل 20 عاماً، بيد أن المستويات المسجلة كانت أكثر اتساقاً مع المستويات التي أُبلغ عنها في عام 2007. وكانت درجة تركيز الزئبق الكلي في الرواسب في حدود 8–34,3 ميكروغرام/كيلوغرام (Hassan and others, 2019).

وأظهرت دراسات النظائر المستقرة أن درجات تركيز الرصاص في المحيط الهندي وبحر العرب قد تأثرت إلى حد كبير بالمدخلات البشرية المنشأ (Lee and others, 2015). وهذه البيانات هي بمثابة خط أساس ولكنها ستتطلب أخذ المزيد من العينات في المستقبل لتحديد الاتجاهات. و كانت مستويات الرصاص والكادميوم في غرب المحيط الهندي دون المستويات المثيرة للقلق، على الرغم من أن درجة تركيز الزئبق في الأنواع التي تحتل مرتبة أعلى في سلسلة التغذية (سمك أبو سيف وسمك واهو وراموح الأطلسي الأزرق) غالبا ما تجاوزت 1 ملغم/كغم بالوزن الرطب. (Bodin and others,

2017). وتجاوزت مستويات الزئبق في أكثر من 13 في المائة من عينات سمك أبو سيف المأخوذة من المحيط الهندي 1 ملغم/كغم بالوزن الرطب، وفي عينة مأخوذة من المصيد على الصعيد العالمي لأغراض مقارنة مستويات الزئبق، سُجل أعلى متوسط لدرجة تركيز الزئبق وأكثرها تواترا في سمك أبو سيف في المحيط الهندي (Esposito and others, 2018).

4-4-5 - شمال المحيط الهادئ

تُظهر المدخلات من القارة الآسيوية إلى بحر الصين الشرقي وشمال المحيط الهادئ خفقانات عرضية وموسمية كبيرة تتعلق بحرق الكتلة الأحيائية واحتراق الوقود الأحفوري (Qin and others, 2016). وترتفع مستويات الزئبق الكلي في المياه العميقة في شمال المحيط الهادئ مقارنة بالمياه السطحية والوسيطة، ولكن المقارنات مع البيانات التاريخية تشير إلى أن درجات التركيز لم ترتفع خلال السنوات العشرين الماضية (Munson and others, 2015).

4-4-6 - جنوب المحيط الهادئ

أظهر التوزيع التفصيلي لدرجات تركيز الزئبق في جنوب المحيط الهادئ ارتفاعها في منطقة الانبعاث العمودي في بيرو وكمية كبيرة من زئبق الميثيل، بلغت نسبتها 20 في المائة من الزئبق الكلي (Bowman and others, 2016). ولا تكفي البيانات في المنطقة للتأكد من الاتجاهات السائدة منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات، بيد أن القيم تبدو مستقرة. وتشكل منطقة جنوب المحيط الهادئ المدارية مصدراً صافياً لانبعاثات الزئبق في الغلاف الجوي، ولكن الدفق التبادلي يقل عن مثيله في شمال المحيط الأطلسي (Mason and others, 2017).

4-4-7 - المحيط الجنوبي

تماثل درجات تركيز الزئبق الكلي في المحيط الجنوبي درجات تركيزه في جنوب المحيط الهادئ والمحيط الأطلسي. ومع ذلك، هناك سمات إقليمية متمايزة تشمل ترسب الزئبق الصافي على امتداد الحافة الجليدية للجليد البحري في القطب الجنوبي، وإثراء الزئبق بالمياه المالحة أثناء تكوّن الجليد البحري، وتكون ميثيل الزئبق في المنطقة الواقعة جنوب الجبهة القطبية الجنوبية (Cossa and others, 2011). وتماثل درجات تركيز الرصاص في الماء (6,2 ميكروغرام/لتر) تلك المقيسة في المناطق الأكثر تصنيعاً، مثل بحر البلطيق، على الرغم من موقعه النائي (, 2016). والبيانات المتعلقة بالفلزات في هذه المنطقة نادرة لدرجة يتعذر معها الكشف عن أي اتجاهات منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات.

العناصر الأرضية النادرة

لوحظ منذ بداية الألفية التلوث الناجم عن "العناصر الحاسمة المرتبطة بالتكنولوجيا" التي تستخدم على نطاق واسع في التكنولوجيات خفيضة الكربون ذات الكفاءة من حيث التكلفة، مثل الطاقة النووية، والطاقة الشمسية، والطاقة الريحية، والطاقة الحيوية، وكذلك في تكنولوجيات احتجاز وتخزين الكربون وشبكات الكهرباء، وفي المنتجات الطبية (Bau and Dulski, 1996). وقد اعتُبرت العناصر الأرضية النادرة عنصرا حاسما في تطوير منتجات التكنولوجيا المتقدمة واستحداثها. ونتيجة لاستخدام هذه العناصر، لوحظ مؤخرا إطلاقها في البيئة على نحو لا يمكن تجنبه، مما زاد من عدد العناصر النزرة التي تشكّل شوائب في المحيط. ويستخدم أحد هذه العناصر، وهو غادولينيوم، كعنصر كاشف للمدخلات البشرية المنشأ في دراسة الاختلالات الإيجابية (ارتفاع القيم قياسا إلى درجات التركيز الطبيعية). وقد تم تحديد مدخلات العناصر الأرضية النادرة في البيئة البحرية أساسا من خلال شبكات المجاري المحلية. وفي العقد الماضي، وُجدت حالات لاختلالات إيجابية لعنصر الغادولينيوم البشري المنشأ في المياه البحرية على الصعيد العالمي نتيجة للصرف الصحي من المناطق المكتظة بالسكان، مثل بحر الشمال (شمال شرق المحيط الأطلسي؛ Kulaksiz and Bau, 2007)، وخليج سان فرانسيسكو ومياه المحيط الهادئ المتاخمة (Hatje and others, 2014)، والمحيط الهندي (Zhu and others, 2004؛ و Ogata and Terakado, 200؛ و Akagi and Edanami, 2017)، وجنوب المحيط الأطلسي (Pedreira and others,

2018). وبالإضافة إلى الغادولينيوم، تم اكتشاف عناصر أرضية نادرة أخرى في الفوسفوريت الخام ومخلفات المناجم الناجمة عن تعدين الفوسفات في هاهاتو وكبوغاميه (جنوب توغو) (Gnandi and others, 2011). غير أنه ثمة ندرة في المعلومات المتوافرة عن السلوك البيئي لهذه العناصر وعن أثرها على الكائنات الحية في النظم البحرية. وعلى الرغم من أن درجات تركيز الغادولينيوم البشرية المنشأ منخفضة نوعاً ما في المياه البحرية، ما زالت ثمة شواغل محتملة تُثار بشأن آثارها على الكائنات المائية وصحة الإنسان نتيجة التعرض المستمر لمستويات منخفضة من الغادولينيوم (Hatje and others, 2018). وقد تبين أن مركبات الغادولينيوم البشرية المنشأ تتراكم في أجسام البشر والكائنات المائية، بعد أن كانت تعتبر في الأصل مأمونة بالنسبة للبشر.

4-5 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية و/أو التغيرات الاقتصادية أو الاجتماعية الأخرى

إن الفلزات مثار القلق هي عناصر نزرة غير أساسية تنتقل عبر سلسلة التغذية، وتتراكم أحيائيا في نهاية المطاف في المستويات العليا من سلسلة التغذية في المحيطات. ويتمثل الأثر الاجتماعي الرئيسي في ما لوحظ من زيادات في درجات تركيز الفلزات في أنواع الأسماك من الرتبة الأعلى في سلسلة التغذية على الرغم من حدوث بعض الانخفاضات في الانبعاثات، وهي زيادات لها أثر مباشر على النظم الإيكولوجية، مما يؤدي إلى تغيرات واضحة في السلاسل الغذائية، ثم إلى مخاطر تهدد صحة الإنسان (انظر الفصل 8 باء) عن طريق التغذية. وهذه المخاطر تثير القلق بصفة خاصة بالنسبة لمجتمعات الشعوب الأصلية التي تعتمد على مصادر غذائية محددة. وثمة تأثير آخر يتمثل في احتمال تناقص الأرصدة السمكية وما يترتب على ذلك من معاناة للصيادين الذين يضطرون للابتعاد عن الساحل لصيد الأسماك بمعدات صيد رديئة في كثير من الأحيان. وتؤدي مدخلات الملوثات وأنشطة التعدين في بعض المناطق إلى تدهور إقليمي يؤثر على السياحة والاقتصادات المحلية.

5 - المواد المشعة

1-5 - مقدمة

لا يخلو ما تحويه المحيطات من مياه وكائنات حية ورواسب من نشاط إشعاعي. وينشأ قدر كبير من هذا النشاط من مصادر طبيعية. بيد أن فترة ما بعد أربعينيات القرن الماضي شهدت نشوء قدر كبير من المدخلات الناجمة عن الأنشطة البشرية. ومن المهم التمييز بين حدوث الإشعاع المؤين، المنبعث من خلال تحلل النويدات المشعة، وتأثير هذا الإشعاع على الكائنات الحية، الذي يختلف تبعا لطبيعة الإشعاع (ولا سيما إذا كان الإشعاع عبارة عن جسيمات α (ألفا) أو β (بيتا)) وشريحة الكائنات الحية المعنية. وقد كان البشر محور تركيز دراسات الآثار الإشعاعية على الكائنات الحية، ولكن اعتبارا من عام 2000، وضعت اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات، وهي هيئة الخبراء الدولية المعنية بالاتفاق على معايير الحماية من الإشعاع، نُهجا للنظر في كيفية حماية الكائنات الحية غير البشرية.

2-5 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

تضمن التقييم العالمي الأول للمحيطات إشارة إلى مستويات النشاط الإشعاعي الذي يحدث بصورة طبيعية في المحيط، بدءاً من أدنى مستوياته في جنوب

غرب المحيط الأطلسي وانتهاء إلى أعلى المستويات المسجلة في شمال شرق المحيط الأطلسي، ومستويات النويدات المشعة النموذجية البشرية المنشأ، التي تتراوح بين أدنى مستويات لها في المحيط الجنوبي وأعلى مستوياتها مرة أخرى في شمال شرق المحيط الأطلسي. وتولد القدر الأكبر من المدخلات البشرية المنشأ عن تجارب الأسلحة النووية، ولكن ذلك أصبح الآن في ذمة التاريخ. وكانت منشآت إعادة المعالجة النووية ثاني أهم مصدر بشري لتلك المدخلات: فقد كانت هذه المنشآت موجودة في عام 2014 في الاتحاد الروسي والصين وفرنسا والهند واليابان، وكان يجري إنشاء منشآت أخرى في الاتحاد الروسي والصين والهند واليابان أو التخطيط لإنشائها. وأسفرت الحوادث النووية التي وقعت في تشيرنوبيل وفوكوشيما عن مدخلات كبيرة من المواد المشعة في المحيطات، ولكنها كانت مثار قلق محدود بحلول الوقت الذي أُعدّ فيه التقييم العالمي الأول للمحيطات؛ وشهدت الفترة التي تلت مباشرة حادث فوكوشيما زيادات محدودة في المدخلات. وفي نهاية عام 2013، كان هناك 434 مفاعلا للطاقة النووية في 30 بلدا، مما أدى إلى تصريف المواد المشعة في المحيط بكميات تقل بمقدار عشرات المرات عن تلك الناتجة عن تجريب الأسلحة ومحطات إعادة المعالجة والحوادث الكبرى، وتنحو إلى الانخفاض بمرور الوقت مع تحسن التكنولوجيا، باستثناء كميات التريتيوم التي يتم تصريفها، والتي تنخفض درجة سميتها الإشعاعية. ولوحظ أيضا وجود تركيز بشري المنشأ للنويدات المشعة الموجودة في الطبيعة، ولا سيما الرواسب القشرية المأخوذة من أنابيب النفط والغاز البحرية والجص الفسفوري.

5-3 - وصف التغيرات البيئية (في الفترة الممتدة بين عامي 2010 و 2020)

5-3-1 - نبذة عامة

استند التقييم العالمي الأول للمحيطات في تقييمه للمستويات العالمية للأنشطة الإشعاعية الطبيعية والبشرية المنشأ في المحيطات إلى دراستين أجرتهما الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام 1995 و 2005 (IAEA, 1995, 2005). ونظرا لعدم إجراء دراسات مماثلة منذ ذلك الحين، فإن الصورة التي قدمها التقييم العالمي الأول للمحيطات تظل أفضل ما هو متاح. بيد أن الوكالة الدولية للطاقة الذرية تخطط لإجراء دراسات جديدة من هذا النوع في أوائل عشرينيات القرن الحالي (رسالة شخصية من الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 5 تموز/يوليه 2019).

وبالنسبة للنظائر المشعة ذات العمر النصفي الطويل، يمكن أن يتم النقل عن طريق التيارات البحرية بكميات كبيرة، على عكس التلوث الإشعاعي الأرضي. وعلى غرار النقل الجوي للنويدات المشعة، يمكن للتيارات البحرية أن تنقل المواد المشعة التي يتم إدخالها في البيئة البحرية إلى مناطق تبعد آلاف الكيلومترات عن نقطة الإدخال. فعلى سبيل المثال، تدلّ نسبة بلوتونيوم - 240 إلى بلوتونيوم - 239 في منطقة تيار كوروشيو الواقعة في شمال غرب المحيط الهادئ على أن هذه النويدات المشعة يجري نقلها إلى تلك المنطقة من حقل اختبار القنابل الذرية والقنابل النووية السابق في منطقة المحيط الهادئ في ولايات ميكرونيزيا المتحدة (Hong and others, 2011؛ و Wu and others, 2019)

وعلى الرغم من عدم إجراء دراسات استقصائية عالمية لمستوى النشاط الإشعاعي في المحيطات، حدثت أوجه تقدم كبيرة على مدى العقد الماضي في القدرة على قياس المستويات المنخفضة للنظير المشع الطويل العمر لليود - 129 (يبلغ عمره النصفي 15,7 مليون سنة)، وهو نتاج تجارب الأسلحة النووية ومحطات إعادة معالجة الوقود النووي. وقد كشفت الدراسات الآن عن توزيعه العالمي في جميع أنحاء المحيطات واستخدامه كعنصر كاشف لمعدل الدوران (He and others, 2013).

وبالإضافة إلى ذلك، أنشأت اللجنة العلمية لبحوث المحيطات التابعة للمجلس الدولي للعلوم، البرنامج الدولي لدراسات الدورات الجيولوجية والبيولوجية والكيميائية للعناصر النزرة من أجل تحديد توزيع العناصر النزرة ونظائرها في جميع أنحاء المحيطات. ويشمل البرنامج أيضا النويدات المشعة البشرية المنشأ. وكجزء من

البرنامج، أظهرت جهود المعايرة البينية القدرة على تحديد بلوتونيوم - 239 و بلوتونيوم - 240 والسيزيوم - 137 من خلال عينات صغيرة نسبيا (Kenna and others 2012). وأسهمت أيضا بيانات النظائر المشعة التي جُمعت من خلال البرنامج إسهاما كبيرا في فهم تحركات المواد في المحيطات (Malakoff, 2014).

وفي عام 2015، أنشأت اللجنة العلمية لبحوث المحيطات أيضا الفريق العامل 146، المعني بمسألة "النشاط الإشعاعي في المحيطات، بعد مرور 5 عقود (ريو 5)"، لتعود بذلك إلى موضوع الفريق العامل الأول الذي أنشأته في عام 1959. وقد أُسندت إلى الفريق العامل 146، في جملة أمور، مهمة تحسين الموارد المتاحة على الإنترنت للبيانات المتعلقة بالنظائر المشعة الطبيعية والبشرية المنشأ في المحيطات في إطار قاعدة بيانات نظام معلومات النشاط الإشعاعي البحري التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية، التي تتضمن قياسات للبيانات المتعلقة بالنشاط الإشعاعي في البيئة البحرية، الذي وُجد في مياه البحر والكائنات الحية والرواسب والمواد الجزيئية المعلقة (Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR)-WG146, 2020).

5-3-2 - مصادر النشاط الإشعاعي في المحيطات

فيما يلي التطورات المتعلقة بالمصادر الرئيسية للمدخلات المشعة في المحيطات منذ عام 2014 (وهو التاريخ المرجعي في القسم ذي الصلة من التقييم العالمي الأول للمحيطات).

5-3-3 - تجريب الأسلحة النووية

لم يتم إجراء تجارب جوية على الأسلحة النووية منذ عام 1980، ومن ثم يظل هذا المصدر لمدخلات النشاط الإشعاعي في المحيطات مسألة في ذمة التاريخ.

5-3-4 - محطات إعادة المعالجة النووية

ما زالت محطات إعادة المعالجة النووية التي أشار إليها التقييم العالمي الأول للمحيطات باعتبارها محطات عاملة في عام 2014 (غانساو، الصين؛ وكاب دو لاهاي، فرنسا؛ وكالباكام، وتارابور وترومباي، الهند؛ وتوكاي، اليابان؛ ومایاك، الاتحاد الروسي؛ وسيلافيلد، المملكة المتحدة) في طور التشغيل، ولكن يجري حاليا وقف تشغيل محطة توكاي.

ولا تزال محطتا إعادة المعالجة النووية في كاب دو لاهاي وفي سيلافيلد تمثلان المصدر الرئيسي للمدخلات المشعة البشرية المنشأ في شمال شرق المحيط الأطلسي، وساهمتا بنحو 90 في المائة من مجموع ما تم تصريفه من مدخلات ألفا وحوالي 80 في المائة من مجموع ما تم تصريفه من مدخلات بيتا (باستثناء التريتيوم) خلال الفترة 2007-2013. ومع ذلك، فقد حدثت انخفاضات كبيرة بحلول عام 2016 في متوسط الكميات التي تم تصريفها من المحطتين في تلك الفترة مقارنة بمتوسط المستويات في الفترة 1995-2001، وهو ما يمثل انخفاضا بنسبة تناهز 40 في المائة في مجموع ما تم تصريفه من مدخلات ألفا وحوالي 85 في المائة في مجموع ما تم تصريفه من مدخلات بيتا (OSPAR, 2017b).

وفي الصين، يتواصل التخطيط لإنشاء محطة أخرى لإعادة المعالجة النووية في غانسو. وفي الهند، بدأ العمل في إنشاء محطة لإعادة المعالجة النووية في كالباكام في عام 2017. وفي اليابان، يُتوقع الانتهاء من إنشاء محطة إعادة المعالجة النووية في روكاشو بحلول تشرين الأول/أكتوبر 2022 (Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL), 2020). وفي الاتحاد الروسي، من المتوقع أن يبدأ تشغيل محطة جديدة لإعادة المعالجة النووية في زيليزنوغورسك اعتباراً من عام 2022 (World Nuclear Association (WNA), 2020).

5-3-5 - محطات الطاقة النووية

كان هناك 450 مفاعلاً تجارياً للطاقة النووية قيد التشغيل في 30 بلداً في نهاية عام 2018 (مقارنة بـما عدده 434 مفاعلاً في نفس البلدان الثلاثين في نهاية عام 2013). ويبلغ إجمالي قدرة المحطات التي تحتوي على هذه المفاعلات ما يزيد على 000 395 ميغاواط. ويتركز ما يزيد قليلا عن 000 300 ميغاواط من هذه القدرة في

بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي. ويجري حاليا بناء نحو 55 مفاعلا آخر. وتنتج هذه المحطات أكثر من 15 في المائة من الكهرباء في العالم: وتتراوح النسبة بين حوالي 70 في المائة من الإمدادات الوطنية في فرنسا و 2 في المائة في جمهورية إيران الإسلامية (انظر الجدول 1). ويمثل هذا زيادة في الإمدادات على الصعيد العالمي منذ عام 2013 يبلغ متوسطها حوالي 5 في المائة. وتستورد دول أخرى لا تملك محطات للطاقة النووية، مثل الدانمرك وإيطاليا، كميات كبيرة من الكهرباء التي تستهلكها من دول مجاورة تعتمد اعتمادا كبيرا على الطاقة النووية (IAEA, 2019a).

الجدول 1

نسبة الكهرباء المولدة من الطاقة النووية، 2018

الدولة	النسبة المئوية للكهرباء المولدة من الطاقة النووية	الدولة	النسبة المئوية للكهرباء المولدة من الطاقة النووية	الدولة	النسبة المئوية للكهرباء المولدة من الطاقة النووية
فرنسا	71,7 (73,3)	بلغاريا	34,7 (30,7)	باكستان	6,8 (4,4)
سلوفاكيا	55,0 (51,7)	أرمينيا	25,6 (29,2)	اليابان	6,2 (1,7)
أوكرانيا	53,0 (43,6)	كوريا، جمهورية	23,7 (27,6)	المكسيك	5,3 (4,6)
هنغاريا	50,6 (50,7)	إسبانيا	20,4 (19,7)	جنوب أفريقيا	4,7 (5,7)
السويد	40,3 (42,7)	الولايات المتحدة الأمريكية	19,3 (19,4)	الأرجنتين	4,7 (4,4)
بلجيكا	39,0 (52,1)	روسيا	17,9 (17,5)	الصين	4,2 (2,1)
سويسرا	37,8 (36,4)	المملكة المتحدة	17,8 (18,3)	هولندا	3,1 (2,8)
سلوفينيا	35,9 (33,6)	رومانيا	17,2 (19,8)	الهند	3,1 (3,5)
تشيكيا	34,5 (35,9)	كندا	14,5 (16,0)	البرازيل	2,7 (2,8)
فنلندا	32,5 (33,3)	ألمانيا	11,8 (15,4)	جمهورية إيران الإسلامية	2,1 (1,5)

المصدر: IAEA, 2019a

ملاحظة: ترد الأرقام المتعلقة بعام 2013 بين قوسين لأغراض المقارنة.

وفيما يتعلق بمحطات الطاقة النووية المنشأة في مستجمعات المياه في بحر البلطيق وشمال شرق المحيط الأطلسي، تبين آخر التقييمات استمرار انخفاض انبعاثات مختلف النويدات المشعة التي يتم رصدها (بخلاف التريتيوم) (HELCOM, 2013؛ و OSPAR, 2017b).

ولا تتوفر أرقام تفصيلية عن الانبعاثات في مناطق أخرى في العالم : فمنذ عام 2012، لم يتم تحديث قاعدة بيانات الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن انبعاثات النويدات المشعة إلى الغلاف الجوي والبيئة المائية (المعلومات المقدمة من السلطات الوطنية على أساس طوعي)، والكثير من البيانات الواردة فيها أقدم بكثير من ذلك. وكما هو مسجل في التقييم العالمي الأول للمحيطات، ترتبط انبعاثات التريتيوم من محطات الطاقة النووية عموما بمستوى توليد الكهرباء، ولا توجد تكنولوجيا مقبولة لخفض الانبعاثات.

5-3-6 - المصادر غير النووية للمواد المشعة التي يتم تصريفها إلى المحيط

يؤدي عدد من الأنشطة البشرية، بخلاف أنشطة المنشآت النووية، إلى تصريف مواد في المحيط عبارة عن مواد مشعة طبيعية المنشأ ونويدات مشعة اصطناعية أُنتجت لأغراض غير الطاقة النووية. والأنشطة الرئيسية من هذا النوع هي المنشآت وخطوط الأنابيب الهيدروكربونية البحرية، والطب النووي، وإنتاج الأسمدة الزراعية من

الفوسفات الصخري. ولا تتوفر بيانات منشورة عن هذه عمليات تصريف هذه المواد باستثناء ما يتعلق منها بشمال شرق المحيط الأطلسي والبحار المجاورة له.

وبدأت في عام 2005 عملية جمع المعلومات عن عمليات تصريف المواد المشعة الطبيعية المنشأ وغيرها من عمليات التصريف غير النووية إلى شمال شرق المحيط الأطلسي والبحار المجاورة له. وفيما يتعلق بصناعة النفط والغاز، تكفي البيانات المتاحة لتحديد خط أساس (2005-2011) ولكن لم يتسن حتى الآن تحديد الاتجاهات في عمليات التصريف التي تتم على هذا النحو إلى البيئة البحرية (OSPAR, 2017b). وقد خلُصت الدراسات التي أجرتها مؤخرا لجنة أوسبار لحماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي إلى أن المصدر الرئيسي للمواد المشعة الطبيعية المنشأ التي تصل إلى شمال شرق المحيط الأطلسي هو صناعة النفط والغاز البحرية، حيث يحتوي الماء الناتج عن هذه الصناعة (المياه المتدفقة من الخزان مع النفط والغاز) والرواسب القشرية في خطوط الأنابيب (والتي يتعين إزالتها دوريا) على مستويات منخفضة من النويدات المشعة (ولا سيما رصاص - 210 و بولونيوم - 210 وراديوم -22/8). ويشكل مجموع الكميات التي يتم تصريفها من جسيمات ألفا وبيتا من قطاع النفط والغاز 97 في المائة و 10 في المائة على التوالي من مجموع الكميات التي يتم تصريفها من جميع القطاعات (OSPAR, 2017b, 2018c). ومن مجموع جسيمات بيتا التي يجري تصريفها من القطاع غير النووي، يتمثل أكبر المدخلات في اليود - 131 الناجم عن القطاع الفرعي الطبي. وتشكل كميات التريتيوم التي يتم تصريفها من القطاع غير النووي نسبة ضئيلة مقارنة بالقطاع النووي (OSPAR, 2018c).

ويؤدي إنتاج الأسمدة الزراعية من الفوسفات الصخري إلى إنتاج الجص الفسفوري (وهو أساسا مركب من الكالسيوم، ولكنه يحتوي أيضا على مواد مشعة طبيعية المنشأ). وقد تم تصريفه في كثير من الأحيان إلى البحر في شكل طين سائل، ولكن يبدو الآن أن هذه الممارسة قد أُلغيت تدريجيا على نطاق واسع. ومازال هذا النوع من عمليات التصريف مستمراً في المغرب (حيث توجد لوائح جديدة وعملية استعراض جارية)، وتونس، وفي أماكن أخرى (Hermann and others, 2018؛ و El Kateb and others, 2018). بيد أن المغرب أنشأ نظاما لتحسين إدارة عمليات تصريف الجص الفسفوري (باستثمارات قدرها 120 مليون دولار) لكفالة امتثال عمليات التصريف للمعايير الدولية، ولا سيما من خلال فتحات التصريف البحرية المجهزة بنظم الانتشار على امتداد أطرافها (رسالة من حكومة المغرب).

5-3-7 - الحوادث النووية

لم تقع حوادث نووية كبرى تُذكر منذ عام 2011.

وفيما يتعلق بحادثة فوكوشيما (اليابان) التي وقعت في عام 2011، استعرضت لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري العمل العلمي الذي تم القيام به بشأن النقل البحري للنويدات المشعة من محطة فوكوشيما دايتشي لتوليد الطاقة النووية منذ تقريرها الصادر في عام 2013 (الذي خلص إلى أن آثار هذا الإشعاع على الكائنات الحية البحرية ستقتصر على النطاق المحلي)، وخلصت إلى أنه لا توجد أسباب تقتضي تغيير استنتاجاتها[10].

ولا تزال الأنشطة جارية لتعقب عمود النشاط الإشعاعي المنخفض المستوى في شمال المحيط الهادئ الناجم عن حادث فوكوشيما (Men and others, 2015؛ و Buesseler and others, 2017). وتم تقفي أثر العمود حتى الآن إلى المياه القارية لأمريكا الشمالية (Smith and others, 2015). وعلى وجه الخصوص، أتاحت قياسات النظير المشع طويل العمر يود - 129 (Hou and others, 2013؛ و Otosaka and others, 2018؛ و Suzuki and others, 2018) معلومات بالغة الأهمية عن دوران مياه المحيطات والكيمياء الجيولوجية الحيوية لليود في المياه المستقبلة للنويدات

[10] انظر: A/72/46، الفصل الثاني، الفرع باء-1.

المشعة من فوكوشيما. وبعد مرور خمس سنوات على حادث فوكوشيما، وُجدت قياسات السيزيوم-137 أعلى الأنشطة في المياه الجوفية المالحة تحت الشواطئ الرملية (Sanial and others, 2017)، مما يشير إلى وجود مسار لم يوثق سابقا للمياه الجوفية تحت قاع البحر لتخزين النويدات المشعة وإطلاقها إلى المحيط. بيد أن المستويات التي تقيسها اليابان في البيئة البحرية منخفضة ومستقرة نسبياً (IAEA, 2019b).

وأظهرت دراسة لأسماك التونة الزرقاء الزعانف في المحيط الهادئ (Thunnus orientalis) التي تم صيدها قبالة ساحل كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية، بعد حوالي أربعة أشهر من حادث فوكوشيما زيادة في درجات تركيز السيزيوم المشع (ناجمة عن فوكوشيما) بمقدار عشر مرات مقارنة بالعينات المأخوذة قبل حادث فوكوشيما. بيد أن هذا النشاط الإشعاعي كان أقل بنحو ثلاثين مرة عن النشاط الإشعاعي الناجم عن درجات تركيز النويدة المشعة الطبيعية المنشأ بوتاسيوم - 40 في عينات الأسماك التي أخذت قبل حادث فوكوشيما وبعده على حد سواء (Madigan and others, 2012).

وتحتفظ الوكالة الدولية للطاقة الذرية بقواعد بيانات عن عمليات إلقاء النفايات المشعة في البحر (التي وقعت في الفترة الممتدة بين عامي 1947 و 1993) والمدخلات الناجمة عن الحوادث والفواقد في البحر. وقد نُشر آخر تجميع لقائمة مأخوذة من قواعد البيانات هذه في عام 2015 (IAEA, 2015). وكان الحادث الوحيد الذي سجلته الوكالة منذ عام 2010 هو دخول قمر صناعي روسي مزود بحزمة طاقة نووية صغيرة إلى المحيط في عام 2015.

5-4 - العواقب الاقتصادية والاجتماعية و/أو التغيرات الاقتصادية أو الاجتماعية الأخرى

إن الضغوط الرامية إلى زيادة نسبة إمدادات العالم من الكهرباء غير المستمدة من الوقود الأحفوري تعني استمرار الاهتمام الشديد بتوليد الكهرباء من محطات الطاقة النووية. وكما لوحظ أعلاه، حدثت زيادة بنسبة 5 في المائة في توليد هذا النوع من الكهرباء في الفترة 2013-2018.

وثمة تطور جديد يتمثل في قيام الاتحاد الروسي ببناء أول محطة نووية طافية في العالم. فقد انتهت مؤسسة أكاديميك لومونوسوف من إجراء الاختبار الأولي للمحطة في نيسان/أبريل 2019، لتصبح جاهزة للدخول في طور التشغيل في كانون الأول/ديسمبر 2019 في المنطقة البحرية الواقعة قبالة ميناء بيفيك الروسي، وتحل بذلك محل محطة قائمة للطاقة النووية ومحطة للطاقة الحرارية والكهربائية (Power Engineering International (PEI), 2019). وقد اقترحت دوائر الصناعة النووية الروسية أيضاً التعاون مع الهند بشأن إنشاء محطات طافية للطاقة النووية (Singh, 2019).

5-5 - الجوانب الإقليمية

لم تصدر دراسات هامة عن التوزيع العالمي للنويدات المشعة الطبيعية أو البشرية المنشأ منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات، ولكن الوكالة تقترح، كما ذكر أعلاه، إجراء بعض التقييمات الجديدة. وكما هو مسجل في التقييم العالمي الأول، يتركز النشاط الإشعاعي الذي يحدث بصورة طبيعية في المحيطات والمصادر النووية لمدخلات المواد المشعة البشرية المنشأ تركزاً شديداً في النصف الشمالي للكرة الأرضية. إذ لا توجد محطات للطاقة النووية في النصف الجنوبي للكرة الأرضية إلا في الأرجنتين والبرازيل وجنوب أفريقيا.

5-6 - التوقعات

على نحو ما ورد في الفرع 5-4، من الممكن جدا أن تحدث زيادة في عدد محطات الطاقة النووية ونطاقها. وترتبط بهذه الزيادات زيادة محتملة في نطاق عمليات إعادة معالجة الوقود النووي. بيد أن التجربة المسجلة على مدى العقود الأخيرة تشير إلى أن هذه الزيادات ستقابلها انخفاضات في مستويات النشاط الإشعاعي في الانبعاثات

الناجمة عن هذه المحطات. وعلى نحو ما هو مسجل في التقييم العالمي الأول للمحيطات، يقل أعلى المستويات الحالية المقدرة للجرعات الفعالة الملتزم بها لتعرض البشر للنشاط الإشعاعي المنبعث من الأغذية البحرية عن ربع الحد السنوي الذي أوصت به الوكالة الدولية للطاقة الذرية لتعرض عامة الناس للإشعاع المؤين. ولا يوجد دليل يشير إلى حدوث أي تغير كبير في الآونة الأخيرة. ومن ثم، فإن هذه التطورات لا تشكل مدعاة للقلق إذا ما استمر الرصد بصورة كافية.

6 - المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية

6-1 - مقدمة

يزداد حجم المدن وعددها بموازاة مع تزايد عدد السكان في المناطق الساحلية. وعلى وجه الخصوص، يتزايد ضغط الملوثات البشرية المنشأ على النظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية مع نمو المدن الضخمة بالقرب من المناطق الساحلية ومصبات الأنهار والدلتات. والتوسع الحضري على امتداد السواحل له آثار مباشرة على المدخلات من المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية. إذ يحتاج عدد متزايد من الناس إلى أعداد وكميات متزايدة من المستحضرات الصيدلانية ويستعملون كميات وأعدادا متزايدة من منتجات العناية الشخصية. وفي الوقت نفسه، ستزداد أهمية عمليات إنتاج الأغذية من قبيل تربية الأحياء المائية، وستؤدي بدورها إلى استحداث مستحضرات صيدلانية لأغراض الطب البيطري. وتزداد الصورة تعقيدا عند النظر إلى عوامل التغير الديمغرافي وشيخوخة السكان، ولا سيما في العالم الغربي. إذ ستؤدي هذه العوامل إلى تزايد معدلات استخدام الفرد لبعض المستحضرات الصيدلانية.

وتشمل المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية جميع المواد الكيميائية المستخدمة في الرعاية الصحية وصناعة مستحضرات التجميل والأغراض الطبية. ويوجد في الأسواق حاليا أكثر من 3 000 من المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية وتدخل الأسواق مركبات جديدة سنوياً (Arpin-Pont and others, 2016). ومن الواضح أن استحداث المستحضرات الصيدلانية واستخدامها في الطب ينطوي على قيمة كبيرة للمجتمع البشري. بيد أن مآلها يشكل مسألة بيئية. وغالباً ما يتم تحليل المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية معاً نظرا لتشابه المسارات التي تتبعها في تلويث البيئة. فمعظم هذه المواد تصل إلى البيئة بشكل غير مباشر عن طريق مياه الصرف الصحي من منازل الأسر المعيشية أو الزراعة (تربية الماشية). وتخرج من الجسم مع الفضلات السائلة أو الصلبة دون أن يطرأ عليها تغيير وتُصرف مباشرة في شبكات مياه الصرف الصحي. ونظرا لعدم كفاءة عمليات إزالة مواد المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية من مياه الصرف الصحي، وعدم تحلل معظم المركبات أو تحللها ببطء، تصل هذه المنتجات إلى البيئة المائية عن طريق نفايات مياه المجاري (Heberer, 2002؛ و Verlicchi and others, 2012؛ و Caldwell, 2016). ويمكن أن يدخل بعض هذه المنتجات، مثل مرشحات الأشعة فوق البنفسجية المستخدمة في مستحضرات الوقاية من الشمس، مياه البحار مباشرة أثناء الأنشطة الترفيهية. وغالبا ما تعتبر هذه المواد "شبه ثابتة" نظرا لبطء عملية تحللها مقارنةً بالكميات الكبيرة التي يتم إدخالها أو تصريفها في البيئة (Rivera-Utrilla and others, 2013؛ و Bu and others, 2016).

بيد أنه ثبت أن عددا من المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية قد يتحلل أيضا ليتحول إلى نواتج يمكن أن تكون أكثر سمّية (Kallenborn and others, 2018). وقد كان موضوع معظم الدراسات التي أجريت حتى الآن بشأن المستحضرات الصيدلانية

ومنتجات العناية الشخصية هو وجود هذه المواد في المياه المتدفقة إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي والمياه. المتدفقة منها (Fang and others, 2012؛ و Rodil and others, 2012؛ و Tamura and others, 2017) وفي البحيرات والأنهار (Sköld, 2000؛ و Loos and others, 2010؛ و Gothwal and Shashidar 2015؛ و Molins-Delgado and others, 2017) وقد تبين وجود العديد من هذه الملوثات في شبكات المياه العذبة، وبالتالي قد ينتهي بها المطاف في النظم الإيكولوجية البحرية. بيد أن البيانات المتاحة محدودة للغاية. ومن ثم، لم تتم مناقشة موضوع المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في التقييم العالمي الأول للمحيطات ولم تُدرج ضمن تقييماته.

وقد تتسبب المجموعة الواسعة من المنتجات الطبية المتاحة للاستخدام البشري أو البيطري، والتي يمكن أن تصل إلى البيئة البحرية، في مشكلة بيئية عالمية (Klatte and others, 2017). ونظراً للوجود المستمر للمستحضرات الصيدلانية في البيئة المائية من خلال مسارات دخول مختلفة، فإنها تعتبر فئة من الملوثات شبه الثابتة (Bu and others, 2016). وتصل كميات المستحضرات الصيدلانية التي يتم إنتاجها إلى 100 000 طن سنويًا (Aus der Beek and others, 2016)، هي تمثل حوالي 1,5 تريليون دولار في سوق الأدوية العالمي بحلول عام 2021، مع توقعات تشير إلى زيادة توسع هذا القطاع. وتتمثل العوامل الرئيسية التي أدت إلى هذا التطور في توسع الأسواق والتغيرات الديمغرافية، بما في ذلك شيخوخة السكان (International Federation of Pharmaceutical Manufactures & Associations (IFPMA), 2017؛ و Roig, 2010؛ و Arnold and others, 2014). وتخضع المستحضرات الصيدلانية لإجراءات موافقة صارمة من أجل ضمان الفعالية وسلامة المرضى (Taylor, 2016). لكن نادرا ما تم النظر في إجراء دراسات طويلة الأجل بشأن السمية الإيكولوجية، بهدف تقييم المخاطر لمنع الآثار البيئية غير المرغوب فيها (Sanderson and others, 2003؛ و Fent and others, 2006؛ و Boxall and others, 2012). ونظراً لعدم توافر بيانات كافية عن مدى وجود مجموعة متنوعة من المستحضرات الصيدلانية في البيئة الساحلية، فإنه يلزم رصد المستحضرات الصيدلانية التي لها تأثير في البيئة (Gaw and others, 2014؛ وRichardson and Ternes, 2014؛ و Arpin-Pont and others, 2016؛ و Pazdro and others, 2016).

6-2 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

أُدرجت المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في الفرع 2 من الفصل 20 بشأن المواد الخطرة (United Nations, 2017b)، إلى جانب الملوثات العضوية الثابتة التقليدية والفلزات الثقيلة، ولم يُنظر فيها ولم تقيَّم بصورة مستقلة.

6-3 - وصف التغيرات البيئية (في الفترة الممتدة بين عامي 2010 و 2020)

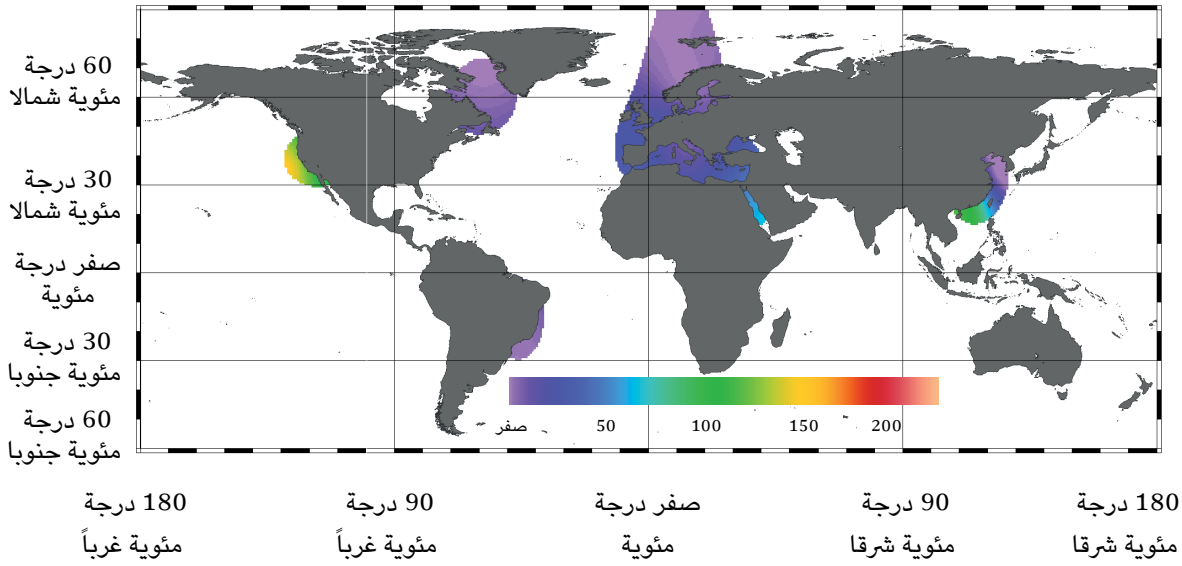
لم يُضطلع حتى الآن سوى بدراسات محدودة عن وجود المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في النظم الإيكولوجية البحرية. بيد أن هناك اهتماما متزايدا بوجود هذه المواد في المحيطات، لا سيما بالنظر إلى افتراض تأثر النظم الإيكولوجية البحرية بالتلوث الناجم عن هذه المواد، وتوافر قدرات تحليلية شديدة الدقة بصورة متزايدة (Picot-Groz and others, 2014). وقد قام مؤخراً كل من بيبيانو وغونزاليس-ري (Bebianno and Gonzalez-Rey (2015) و أربين-بون وآخرون (Arpin-Pont and others (2016)). بجمع ونشر البيانات المتاحة استنادا إلى معدلات وجود المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في مياه البحر والرواسب والكائنات البحرية. وكان أكثر المركبات خضوعا للبحث وانقيادا للكشف هي المضادات الحيوية (الإريثروميسين، والسولفاميثوكسيزول، والتيميثوبريم؛ انظر الشكل الرابع)، ومضادات الصرع (كاربامازيبين)، والكافيين، و العقاقير غير الستيرويدية

المضادة للالتهابات (إيبوبروفين، وكيتوبروفين) والمسكنات (أسيتامينوفين). ومن بين عقاقير القلب والأوعية الدموية، تبين في كثير من الأحيان وجود الأتينولول و غمفبروزيل أو كانت درجات تركيزهما هي الأعلى نسبيا (Arpin-Pont and others, 2016).

وأتيحت كميات محدودة من البيانات عن منتجات العناية الشخصية (Bebianno and Gonzalez-Rey, 2015؛ و Arpin-Pont and others, 2016). وتغطي البيانات المتاحة عطور المسك والمطهرات (التريكلوسان) وبعض مرشحات الأشعة فوق البنفسجية، التي يعتبر البنزوفينون 3 والأوكتوكريلينأهمها. وقد تم اكتشاف التريكلوسان بدرجات تركيز تصل إلى 99,3 نانوغرام/لتر في المياه في ميناء فيكتوريا (الصين) (Wu and others, 2007). وتم اكتشاف البنزوفينون بدرجات تركيز تصل إلى 2 013 نانوغرام/لتر في مياه شاطئ فولي، ساوث كارولينا، الولايات المتحدة (Bratkovics and Sapozhnikova, 2011)، أما مركبات الأوكتوكريلين التي لا يقتصر استخدامها على منتجات الوقاية من الشمس بل تستخدم أيضا في المواد المضافة إلى الأغذية، فإنها تدخل المناطق الساحلية إما بشكل مباشر أو غير مباشر عن طريق مياه الصرف الصحي. وبلغت درجات تركيز الأوكتوكريلين 1 409 نانوغرام/لتر في الماء، وما يصل إلى 1 992 نانوغرام/غرام بالوزن الجاف في أنسجة بلح البحر (Arpin-Pont and others, 2016؛ و Picot-Groz and others, 2014).

الشكل الرابع

التوزيع الجغرافي للمضادات الحيوية في محيطات العالم (نانوغرام/لتر)



المصدر: Schlitzer, 2020.

وأجريت غالبية قياسات المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في المياه البحرية في شمال المحيط الأطلسي، وبحر الشمال، وبحر البلطيق، والبحر الأبيض المتوسط، وفي آسيا والمحيط الهادئ (الجدول 2). ففي آسيا، ولا سيما في الصين، تم قياس عدد من مختلف المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في مياه البحر والرواسب والكائنات الحية في مصبات الأنهار وفي البحار الصينية شبه المغلقة (Xu and others, 2013؛ و Zhang and others, 2013b؛ و Na and others, 2013؛ و Nödler and

others, 2014؛ و Kallenborn and others, 2018؛ و Kötke and others, 2019).

وقد برهنت هذه الدراسات على وجود هذه المواد في جميع مناطق المحيطات، وارتفاع مستوياتها في المناطق التي تتأثر بالأنشطة البشرية بصورة مباشرة. و أجري مؤخرا عدد من الدراسات في مواقع ساحلية في القطب الشمالي والقطب الجنوبي. لكن في المقابل، لم يجر فسوى عدد قليل جداً من عمليات قياس درجات تركيز المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في البيئة البحرية للنصف الجنوبي من الكرة الأرضية، ولا يوجد سوى معلومات قليلة للغاية عن مستويات تركيز هذه المواد في الرواسب (Arpin-Pont and others, 2016).

وبالإضافة إلى وجود المضادات الحيوية ومنتجاتها التحويلية في البيئة البحرية، تم العثور أيضا على جينات مقاومة للمضادات الحيوية في البكتيريا والتربة في المحيطين الهادىء والمتجمد الشمالي (McCann and others, 2019؛ و Hatosy and Martiny 2015). ويمكن ربط وجود الجينات المقاومة للمضادات الحيوية في البيئة البحرية بالتسرب الساحلي للبكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية من مصادر أرضية، والتصريف البشري المنشأ للمضادات الحيوية مع مياه الجريان السطحي وعامل اختيار المقاومة في مواجهة المضادات الحيوية التي تدخل البيئة البحرية (Allen and others, 2010؛ Hatosy and Martiny, 2015).

وكان توافر البيانات عن المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في بيئة القطب الشمالي أكثر محدودية مقارنة بتوافرها في النظم البحرية المعتدلة. ومع ذلك، خلص كالينبورن وآخرون (Kallenborn and others, 2018) إلى أن هذه المجموعة من المركبات هي ملوثات مهمة، حتى في المناطق النائية، بما في ذلك القطب الشمالي. وخلصت دراسات أجريت مؤخرا إلى أن طابع المصادر المحلية للمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية، من قبيل معالجة مياه الصرف الصحي، بالاقتران مع المناخ المنخفض الحرارة في القطب الشمالي والمعايير التكنولوجية المحدودة لمرافق معالجة النفايات في المستوطنات البشرية في القطب الشمالي، كلها عوامل تسهم في توسيع نطاق الاستقرار البيئي لهذه المخلفات مقارنة بالظروف الموجودة في المناطق الواقعة على خطوط العرض الدنيا (Kallenborn and others, 2018). وقد تم تحديد أكثر من 100 مركب مرتبط بالمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في جلّ المصفوفات البيئية في القطب الشمالي، ابتداء من مياه البحر الساحلية وصولا إلى الكائنات الحية ذات الرتبة العالية في سلسلة التغذية. وتم تحديد نحو 22 مركّبا من إجمالي 110 مركبات في مياه البحر (Kallenborn and others, 2018)، وسُجلت أعلى درجات التركيز لكل من السيتالوبرام (مضاد للاكتئاب) و كاربامازيبين (مضاد للصرع) والكافيين (منبه). ولا ترتبط المستويات المرتفعة نسبياً للمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في بيئة القطب الشمالي بالضرورة بارتفاع معدلات الاستهلاك، ولكن من المرجح أن تعزى إلى ارتفاع الاستقرار البيئي في مناخ القطب الشمالي المنخفض الحرارة. ويعتبر هذا عاملا بالغ الأهمية عند إطلاق كميات كبيرة من العوامل المضادة للميكروبات، مما يعزز إمكانية تطوير المقاومة (Kallenborn and others, 2018؛ و Gullberg and others, 2011).

وعلى الرغم من اقتراح إدراج هذه المواد في قائمة المواد الخطرة لاتخاذ القرارات بشأن تدابير مراقبتها، وتوافر أدلة واضحة تشير إلى وجود هذه المواد في جميع مناطق المحيطات وفي الكائنات البحرية، ما زالت البيانات المتاحة بشأن معظم المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية التي تم اكتشافها غير كافية لتقييم الاتجاهات المتعلقة بمستويات تركيز تلك المواد في المياه وآثار التعرّض لها على الكائنات البحرية.

الجدول 2

درجات تركيز المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية الرئيسية المقيسة في المياه الساحلية (نانوغرام/لتر)

المكان	الإريثروميسين	كلاريثروميسين	سلفاميثوكسيزول	سلفاميثازين	روكسيثروميسين	إوميبول	ايوبرميد	ديكلوفيناك	كاربامازيبين	بيزافيبرات	أيبوبروفين	المرجع
القطب الشمالي، ترومسو (النرويج)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	Kallenborn and others, 2018
القطب الشمالي، لونغيربين (النرويج)	غير متاح	غير متاح	لم يكتشف	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	4,0–1,0	غير متاح	غير متاح	1–0.4	Kallenborn and others, 2018
القطب الشمالي، ترومسو (النرويج)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	لم يكتشف – 0.7	Weigel and others, 2004
بحر البلطيق	لم يكتشف – 0.14	0.03 – 0,42	0,74 – 3,29	لم يكتشف	لم يكتشف – 0.48	1,05 – 34.5	0,42 – 3,34	لم يكتشف – 0.84	1,98 – 10.6	لم يكتشف – 0.64	غير متاح	Kötke and others, 2019
بحر الشمال	0,13 – 0,94	0,4 – 1,66	1,78 – 13,0	لم يكتشف	لم يكتشف – 2,86	7,66 – 207	7,27 – 34,1	لم يكتشف – 4,82	4,78 – 29,7	لم يكتشف – 2,06	غير متاح	Kötke and others, 2019
هيمرفجاردين (السويد)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	4,0 – 12,0	غير متاح	غير متاح	Magnér and others, 2010
بحر البلطيق	لم يكتشف	14	21	غير متاح	غير متاح	98	45	9,2	22	غير متاح	غير متاح	Nödler and others, 2014
أوسلوفيورد	غير متاح	غير متاح	لم يكتشف	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	لم يكتشف – 48,0	غير متاح	غير متاح	لم يكتشف – 52	Kallenborn and others, 2018
بحر إيجه	لم يكتشف	16	3,8	غير متاح	غير متاح	83	109	4,6	2,9	3,5	غير متاح	Nödler and others, 2014
البحر الأدرياتي	5,8	لم يكتشف	3,6	غير متاح	غير متاح	29	غير متاح	لم يكتشف	3,1	غير متاح	غير متاح	Nödler and others, 2014
البحر الأدرياتي	غير متاح	غير متاح	02/0 – 02/1	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	11/0 – 36/0	02/0 – 14/0	غير متاح	Loos and others, 2013
البحر الأبيض المتوسط	9	5	14	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	لم يكتشف	غير متاح	غير متاح	Moreno-González, and others, 2015
خليج سانتوس	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	لم يكتشف	غير متاح	غير متاح	326,1 – 2 094	Pereira and others, 2016
البحر الأحمر	غير متاح	غير متاح	63	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	14020	110	غير متاح	508	Ali and others, 2017
بحر بوهاي و البحر الأصفر	0,69	0,07	1	0,01	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	Zhang and others, 2013b
خليج جياوزو	4,5	0,58	9,6	0,04	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	Zhang and others, 2013a
خليج ياناتي	0,82	0,03	1,4	0,02	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	Zhang and others, 2013a
البحر الأصفر الجنوبي	0,5	3	7,7	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	Du and others, 2017
بحر الصين الشرقي	غير متاح	غير متاح	0.5 – 3.5	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	Fisch, and others, 2017
دلتا نهر اللؤلؤ	لم يكتشف – 126	غير متاح	لم يكتشف – 40.6	غير متاح	لم يكتشف – 12.0	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	Xu and others, 2013
بحر الصين الجنوبي	21	غير متاح	11,4	7,03	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	Liang and others, 2013
مصب نهر سيدني (أستراليا)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	3,0 – 12,5	غير متاح	لم يكتشف – 2,7	غير متاح	غير متاح	Birch and others, 2015
القطب الجنوبي	لم يكتشف	لم يكتشف	لم يكتشف	لم يكتشف	لم يكتشف	لم يكتشف	لم يكتشف	لم يكتشف	لم يكتشف	لم يكتشف	لم يكتشف	Hernández and others, 2019

7 - ملوثات الغلاف الجوي (أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت)

7-1 - مقدمة

يشكل الاحتراق مصدرا رئيسيا لانبعاثات أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت في الهواء. وتشكل الانبعاثات الناجمة عن النقل البحري التي تسهم في تلوث الهواء أهمية خاصة بالنسبة للبيئة البحرية. وترتبط المسائل البيئية المحلية والإقليمية المتصلة بالانبعاثات الناجمة عن النقل البحري إلى حد كبير بكثافة عمليات النقل البحري، ولكن هذه الانبعاثات يمكن أن تسهم أيضا في التلوث العالمي.

7-2 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

ناقش الفصل 17 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a) انبعاثات أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت في المناطق التي تتسم بكثافة حركة المرور، فضلاً عن مساهمة هذه المركبات في الأمطار الحمضية وتأثيرها على الصحة البشرية.

7-3 - وصف التغيرات البيئية (في الفترة الممتدة بين عامي 2010 و 2020)

قُدِّر إجمالي انبعاثات أكاسيد النيتروجين السنوية الناجمة عن النقل البحري بنحو 19 000 كيلوطن (2013-2015)، ينشأ نحو 91 في المائة منها من أنشطة النقل البحري الدولي، وأما البقية فهي ناجمة عن سفن النقل البحري المحلية وسفن الصيد المحلية (6 في المائة و 3 في المائة على التوالي) (Olmer and others, 2017). ويبلغ إجمالي انبعاثات النيتروجين السنوية الناجمة عن النقل البحري الدولي عبر بحر البلطيق ما يقارب 80 طناً، أي حوالي 5 في المائة من مجموع انبعاثات أكاسيد النيتروجين في بلدان بحر البلطيق (Gauss and others, 2018).

وتشكل الآثار الضارة لتلوث الهواء الناجم عن النقل البحري مسألة تهم المنظمة البحرية الدولية التي تسعى، استنادا إلى المرفق السادس من الاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن لعام 1973، بصغتها المعدلة ببروتوكول عام 1978 الملحق بها[11]، إلى خفض انبعاثات أكسيد الكبريت مثلا (والجسيمات الدقيقة بصورة غير مباشرة) وانبعاثات أكسيد النيتروجين من السفن، عن طريق الاتفاقات الدولية. وتوجد أيضا مناطق لمراقبة الانبعاثات عينتها المنظمة البحرية الدولية تُفرض فيها قيود أكثر صرامة فيما يتعلق بانبعاثات أكسيد الكبريت و/أو أكسيد النيتروجين.

واعتباراً من 1 كانون الثاني/يناير 2020، خُفض الحد العالمي لنسبة الكبريت في زيوت الوقود المستخدمة في النقل البحري من 3,5 في المائة حسب الكتلة إلى 0,5 في المائة بعد أن كان قد خفض إلى 0,1 في المائة في مناطق مراقبة الانبعاثات منذ عام 2015. وتوجد أربعة مناطق لمراقبة الانبعاثات في منطقتي بحر البلطيق وبحر الشمال (أكسيد الكبريت فقط في الوقت الحالي وستشمل المراقبة أكسيد النيتروجين ابتداء من عام 2021)، ومناطق أمريكا الشمالية والولايات المتحدة والبحر الكاريبي. وأدى تنفيذ مناطق مراقبة انبعاثات أكسيد الكبريت في بحر البلطيق وبحر الشمال إلى انخفاض كبير في درجات تركيز أكسيد الكبريت في المدن المرفئية الحدودية والمناطق الساحلية لفائدة صحة المواطنين الذين يعيشون في المناطق الساحلية (European Union (EU), 2018). ووضعت مقتضيات تتطلب الحد من التحمض الناجم عن ترسب أكسيد الكبريت في البحر (European Environment Agency (EEA), 2013). وتشير التقديرات إلى أن تنفيذ منطقة مراقبة انبعاثات أكسيد النيتروجين في بحر البلطيق سيؤدي إلى خفض ترسيبات النيتروجين في البحر بنسبة 40 في المائة

[11] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1340, No. 22484.

تقريباً بحلول عام 2040 (Karl and others, 2019). وبالرغم من هذه التحسينات، أجريت دراسة نمذجة بشأن المنظور الطويل الأجل وبينت أن القواعد التنظيمية الحالية التي تفرضها المنظمة البحرية الدولية والاتحاد الأوروبي حاليا ستؤدي إلى خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت الناتجة عن النقل البحري الدولي حتى عام 2030، بيد أن الانبعاثات ستعاود الصعود مرة أخرى. وهذا النمط أكثر بروزا في حالة انبعاثات أكسيد النيتروجين؛ ومن المتوقع أن تتجاوز الانبعاثات الناتجة عن النقل البحري الدولي بعد عام 2030 تلك الناجمة عن مصادر أرضية في الاتحاد الأوروبي، إذا لم يتم تنفيذ ضوابط إضافية (International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2018).

ومن أجل الامتثال للقواعد التنظيمية الأكثر صرامة المتعلقة بانبعاثات الكبريت دون التحول إلى استخدام أنواع أغلى ثمنا من الوقود تحتوى على نسبة أقل من الكبريت، يجري تجهيز عدد متزايد من السفن (7 سفن في عام 2010 و 256 سفينة في عام 2015 وأكثر من 400 4 سفينة في عام 2020)، بأنظمة لتنقية غازات العادم، تُعرف أيضا باسم أجهزة تنقية الغاز، مما يسمح باستمرار استخدام زيت الوقود الثقيل. وتتم تنقية العوادم داخل أجهزة التنقية في رذاذ دقيق من المياه. وفي أبسط أنواع أجهزة التنقية وأكثرها شيوعا، أجهزة التنقية المفتوحة الحلقة، تصرف مياه الغسل مرة ثانية إلى البحر بصورة مباشرة. وإضافة إلى تنقية العوادم من أكاسيد الكبريت، فإنها تُنظف من المواد الأخرى من قبيل الفلزات والملوثات العضوية أيضا. وثمة قلق متزايد من أن يؤثر التصريف الواسع النطاق للمياه الناتجة عن عمليات الغسل باستخدام نظم التنقية تأثيراً سلبيا على البيئة البحرية (Koski and others, 2017؛ و Ytreberg and others, 2019؛ و Teuchies and others, 2020). ولهذا السبب، اتبع بعض الموانئ والمناطق والبلدان نهجاً احترازيا من خلال حظر عمليات التصريف هذه في مياهها (Turner and others, 2017). وقد كان من بينها العديد من الموانئ الأوروبية، مثل ميناء روتردام، هولندا، وموانئ في كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية، وسنغافورة، وقد اقترح كل من الصين ومصر مؤخراً أيضا فرض هذا الحظر في المياه الصينية وقناة السويس، على التوالي.

وثمة جهود أخرى تهدف إلى خفض الأثر البيئي للنقل البحري منها مدونة المنظمة البحرية الدولية للملاحة[12] في المياه القطبية التي تدعو إلى تحديد المواد الخطرة استنادا إلى العمليات الروتينية وتقارير الحوادث الملاحية وحوادث النقل البحري. ونتيجة للقواعد الأكثر صرامة التي تحظر انبعاثات الكبريت على الصعيد العالمي والتشجيع على عدم استخدام زيت الوقود الثقيل في منطقة القطب الشمالي، دخل السوق عددٌ أكبر من خلائط الوقود البديل. وهناك حاجة إلى إجراء مزيد من البحوث لتحديد السمّية المحتملة لهذه الأنواع الجديدة من الوقود.

[12] International Maritime Organization, document MEPC 68/21/Add.1, annex 10.

8 - الهيدروكربونات من المصادر البرية والسفن والمنشآت البحرية، بما في ذلك ترتيبات الاستجابة في ما يتعلق بالانسكابات وعمليات التصريف

8-1 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

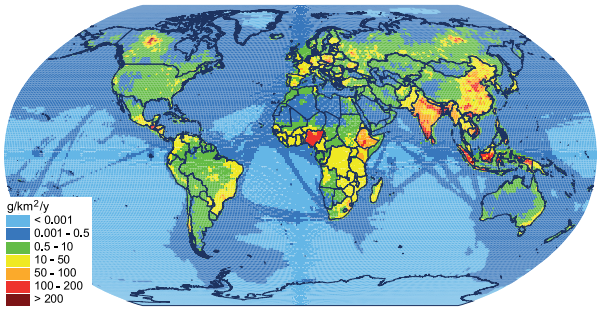
كما هو موضح في التقييم العالمي الأول، يمكن لتأثير الهيدروكربونات من انسكابات النفط، على سبيل المثال، أن يؤثر على النظام الإيكولوجي البحري مادياً، من خلال تلطخ الطيور والثدييات والشواطئ بالنفط، وكذلك كيميائياً، من خلال المكونات السامة، مثل الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات. وقد تكون الآثار حادة أو مزمنة، تبعاً للتركيز والتعرض (Lindgren and others, 2012). وتدخل الهيدروكربونات البيئة البحرية من خلال مسارات عديدة. وتشمل المصادر البرية المصافي الساحلية وجريان مياه الامطار في المناطق الحضرية، في حين تشمل المصادر المتصلة بالشحن عمليات التصريف والحوادث التشغيلية، وتشمل، بالنسبة لمرافق النفط والغاز البحرية، عمليات التصريف والحوادث والانفجارات. وبالإضافة إلى ذلك، يمثل الترسب الجوي والارتشاحات الطبيعية مصادر هامة. وقد افتُرض في عام 2003 أن إجمالي النطاق الناتج عن جميع المصادر قد يكون وصل إلى حد يتراوح بين 000 470 طن و 8,4 ملايين طن سنوياً (National Research Council and Transportation Research Board, 2003)، وهو ما يمكن مقارنته بالإنتاج العالمي للنفط الخام، على سبيل المثال في عام 1999، الذي بلغ نحو 3,5 بلايين طن. ومن المتوقع أن تنخفض مستويات الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات بسبب تشديد القواعد التنظيمية لمنشآت الحرق والمركبات وما إلى ذلك. وفي عام 2017، زاد إنتاج النفط الخام بنسبة 25 في المائة تقريباً وقارب 4,5 بلايين طن (Global Energy Statistics Yearbook, 2018).

8-2 - وصف التغيرات البيئية (بين عامي 2010 و 2020)

استناداً إلى النماذج العالمية للترسب الجوي البعيد المدى لمركب البنزوبايرين (B[a]P)، وهو أحد مركبات الهيدروكربون العطري المتعدد الحلقات، فهو أعلى بشكل ملحوظ في البحر الأدرياتيكي وبحر إيجه في البحر الأبيض المتوسط والمناطق الساحلية من بحر الشمال في شمال شرق المحيط الأطلسي وفي الجزء الجنوبي الشرقي من بحر البلطيق، وكذلك في شمال بحر قزوين (الشكل الخامس (أ)). غير أنه على الصعيد العالمي، توجد معظم انبعاثات وترسبات مركب البنزوبايرين في الأجزاء الشرقية والجنوبية من آسيا، حيث يكون نطاق الترسب الجوي أعلى أو حتى أكبر، مقارنة بالمستويات الورادة في الشكل الخامس (Gusev and others, 2018). واستمر معدل ترسب مركب البنزوبايرين في بحر البلطيق في الارتفاع حتى عام 2000، حيث يبدو أنه استقر بعد ذلك.

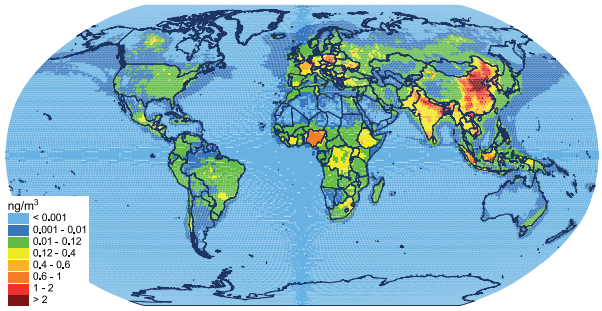
الشكل الخامس – ألف

التوزيع المكاني لنموذج المتوسط السنوي لتركيزات الهواء على الصعيد العالمي (نانوغرام/م^3) من مركب البنزوبايرين لعام 2016



الشكل الخامس – باء

التوزيع المكاني لنموذج المتوسط السنوي لتدفقات الترسب على الصعيد العالمي من مركب البنزوبايرين لعام 2016 (غ/كم^2/السنة)



المصدر: Gusev, A., and others, 2018.

وتمثل حوادث الشحن والخسائر التشغيلية وعمليات التصريف غير القانونية الناتجة عن النقل البحري مصادر كبيرة أخرى لدخول الهيدروكربونات إلى المحيطات. بيد أن الاتجاه العالمي فيما يتعلق بحوادث الشحن المؤدية إلى حوادث انسكاب نفطي تزيد على 7 أطنان آخذ في التناقص. ووفقاً للاتحاد الدولي لأصحاب الناقلات لمكافحة التلوث (2019)، فإن المتوسط السنوي لعدد الانسكابات للفترة 2009–2018 بلغ 6,4، مقارنة بـ 35,8 للفترة 1990–1999. ويُرجح أن يكون انخفاض حوادث انسكاب الناقلات ناتج عن تحسين تدابير السلامة من حيث الإلغاء التدريجي لناقلات النفط أحادية الهيكل، الذي دخل حيز النفاذ في عام 2003 (IMO, 2019)، من خلال إطلاق عملية متسارعة عقب الحادث الكارثي الذي تعرضت له ناقلة النفط إريكا في عام 1999. كما شكلت حادثتا إريكا وبريستيج (2003) نقطة البداية لفحص عمليات التحقق البحري كتدبير محتمل يطالب من خلاله مالكو البضائع بمعايير سلامة أعلى لناقلات المواد الكيميائية والنفط في المقام الأول (Powers, 2008). وازداد وضوح الاتجاه التنازلي في عدد حوادث الانسكاب من الناقلات مع الأخذ في الاعتبار النمو المطرد – الذي يقارب زيادة بنسبة 80 في المائة من عام 1990 إلى عام 2017 – في شحن النفط الخام والنفط والغاز المحمل (United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2018).

وخلال السنوات العشر الماضية، ظل إنتاج النفط البحري عند نفس المستوى، أي حوالي 26 مليون – 27 مليون برميل يومياً (International Energy Agency (IEA), 2018a)، ولكن تقلصت حصته في السوق بارتفاع إنتاج النفط العالمي إلى حوالي 95 مليون برميل يومياً في عام 2017 (IEA, 2018b). وبصرف النظر على الانسكابات النفطية، يرتبط التأثير الرئيسي للإنتاج البحري للنفط والغاز بتصريف الماء المُنتَج، حيث يقدر الحجم العالمي بما يصل إلى 39,5 مليون متر مكعب يومياً (Jiménez and others, 2018)، وبالتخلص من النفايات الناجمة عن عمليات الحفر (Bakke and others, 2013). وعلى الرغم من إشارة عدة دراسات (مثل، Moodley and others, 2018) إلى الآثار شبه الفتاكة للمياه المنتَجة على الأنواع البحرية، يوجد فهم عام بأن هناك مخاطر منخفضة للتأثير طويل المدى وواسع النطاق الناجم عن المياه المنتَجة والتخلص من نفايات الحفر، ولكن لا يمكن التحقق من ذلك من الأدبيات المنشورة (Bakke and others, 2013). غير أن المستويات المرصودة من الحمض النووي في كبد الأسماك التي يجري صيدها من مصائد طبيعية في مناطق إنتاج النفط في بحر الشمال والتي تزيد عن

معايير التقييم البيئي تثير القلق بشأن تأثيرات مركبات النفط على مراحل الحياة المبكرة (Balk and others, 2011; Pampanin and others, 2017). وهناك حاجة إلى إجراء مزيد من الدراسات على مستويات المجتمعات والمجموعات السمكية للنهوض بالمعارف الحالية القائمة على بيانات السمية عن كل نوع على حدة (Camus and others, 2015). والحاجة أيضاً ذات صلة بتقييم المخاطر البيئية قبل البدء بأعمال تنقيب بحرية جديدة. وإذا استند تقييم المخاطر إلى أسوأ السيناريوهات التي تكون محدودة في صلاحيتها الكلية، فقد يكون متحيزاً في التعامل مع أوجه عدم اليقين المرتبطة بها (Hauge and others, 2014). ومن منظور البيئة البحرية، يمثل وقف تشغيل المنصات البحرية مثار قلق متزايد. وتُقدِّر وكالة الطاقة الدولية (2018a) أنه يلزم على الأرجح وقف تشغيل 2 500 – 3 000 مشروع بحري، في حين أن معدل وقف التشغيل السنوي يبلغ اليوم 120 منصة سنوياً. والجزء الأكثر تكلفة من وقف تشغيل المنصات يتمثل في سد الآبار وتركها. وفي بحر الشمال، كان يلزم إزالة جميع الجوانب العلوية والبنى الفرعية منذ عام 1998، بموجب اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي (أوسبار). ومع ذلك، فقد تم تبني نهج تحويل "المنصات إلى شعاب" في الولايات المتحدة وجنوب شرق آسيا، وهو يسمح بترك أجزاء من الهياكل الموجودة تحت سطح البحر بهدف تحويلها إلى شعاب مرجانية اصطناعية. وفي خليج المكسيك، هناك بالفعل أكثر من 500 منصة من هذا النوع تم وقف العمل بها وتحويلها بشكل دائم (IEA, 2018a).

9 - المواد الأخرى المستخدمة في المنشآت البحرية والتي يجرى تصريفها منها

إلى جانب الأثر البيئي الناجم عن محتوى الهيدروكربونات، تحتوي المياه المنتجة أيضاً على تركيزات مرتفعة من المعادن، مثل الزرنيخ والكادميوم والكروم والنحاس والرصاص والزئبق والنيكل والفضة والزنك - وبعضها يتجاوز نسب التركيز الطبيعي بما يتراوح بين 102 و 105 مرات (Jiménez and others, 2018). وقد تتواجد أيضاً المواد المشعة طبيعية المنشأ الناتجة عن التكوينات الجيولوجية في المياه المنتجة كمواد صلبة مذابة[13]. وأكثر مركبات المواد المشعة طبيعية المنشأ شيوعا هي الراديوم-226 والراديوم-228 والباريوم (Bou-Rabee and others, 2009)[14]. ولتقليل الأثر البيئي السلبي الناجم عن المياه المنتجة إلى أدنى حد، تُبذل الجهود من أجل ما يلي: (أ) استخدام كمية صغيرة من المياه في عملية استخراج النفط؛ (ب) إعادة استخدام المياه؛ (ج) التخلص منها في البحر (Jiménez and others, 2018).

وحسبما خلص إليه التقييم العالمي الأول، لا تزال هناك فجوات معرفية فيما يتعلق بتقييم الأثر الواسع النطاق الناجم عن المياه المنتجة (OSPAR, 2018a). وفي منطقة بحر الشمال، عملت لجنة أوسبار جاهدة لتحقيق التخلص التدريجي من أكثر المواد الكيميائية سمية المستخدمة في قطاع الإنتاج البحري حتى عام 2017. وعلى الرغم من أن الهدف لم يتم بلوغه بالكامل، لم يتم على الإطلاق استخدام المواد الكيميائية في قائمة أوسبار للمواد الكيميائية التي تتطلب إجراءات على سبيل الأولوية في الجرف القاري النرويجي في الفترة من 2014 إلى 2016. وبلغ مجموع كمية المواد الكيميائية المستخدمة والمصرفة في الجرف القاري النرويجي الحد الأقصى في عام 2013، وكان هناك اتجاه مماثل فيما يتعلق بالتصريف في الجرف القاري للمملكة المتحدة (OSPAR, 2018b). وفي عام 2016، بلغ إجمالي كمية

[13] يرد وصف للآثار السلبية المحتملة للمعادن في الفرع 4 من هذا الفصل.
[14] يرد وصف للآثار السلبية المحتملة الناجمة عن المواد المشعة الطبيعية المنشأ في الفرع 5 من هذا الفصل.

المواد الكيميائية المستخدمة في عرض البحر 158 398 طنا. وكان ما مجموع نسبته 71 في المائة (من الوزن) من المواد الكيميائية المستعملة على قائمة أوسبار للمواد التي تشكل خطراً بسيطاً أو لا تشكل خطراً على البيئة، و 28 في المائة (من الوزن) من المواد الكيميائية الأخرى غير البديلة، و 1 في المائة من المواد الكيميائية البديلة (أي مواد كيميائية تحتوي على مادة أو أكثر من المواد المرشحة للتبديل). وبالإضافة إلى العمل الذي أُنجز بشأن التخلص التدريجي من المواد الكيميائية السامة، اقتُرح أيضاً استخدام تكنولوجيات جديدة، مثل عمليات الأكسدة المتقدمة لتأهيل المياه المنتجة (Jiménez and others, 2018).

10 - العلاقة بأهداف التنمية المستدامة

يرتبط الترسب الجوي لمختلف الملوثات في المياه (أو البر) ارتباطاً مباشراً بالهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة[15]، ولكنه يرتبط أيضا بمعظمها، إن لم يكن بها جميعها، مثل الهدفين 2 و 6 أو الأهداف التي يمكن أن يكون لها تأثير على انبعاثات الهواء، بما في ذلك الهدفين 1 و 8، لأن أحد متطلبات الحياة على الأرض هو توفير المياه النظيفة والصحية.

واحتمال أن تسبب الملوثات العضوية الثابتة الموجودة في التركيزات آثاراً ضارة يعني أنه من غير المرجح أن تتحقق الغاية 14-1 من أهداف التنمية المستدامة بحلول عام 2025. وبالنسبة للكثير من الملوثات العضوية الثابتة القديمة، مثل المركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور، تكون الانبعاثات والتصريفات والخسائر منخفضة جداً؛ وتتمثل المسألة بإعادة ظهور الرواسب بسبب مقاومة الملوثات العضوية الثابتة للتحلل الأحيائي. ولا تزال هناك حاجة واضحة أيضاً إلى زيادة المعارف العلمية (الغاية 14-أ أهداف التنمية المستدامة وغيرها من الأهداف) المتعلقة بالآثار التراكمية للخليط المتنامي من المواد الكيميائية التي تتعرض لها الأحياء البحرية.

وسيكون من الصعب تحقيق الغاية 3-9 من أهداف التنمية المستدامة فيما يتعلق بالملوثات العضوية الثابتة والمعادن والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية والهيدروكربونات، ولا سيما فيما يتعلق بتحقيق خفض كبير في تلوث المياه. ولم تُقيّم آثار الملوثات العضوية الثابتة والمعادن والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية والهيدروكربونات على صحة الإنسان في هذا الفصل، ولكن أُقِرَّ بأن الثدييات البحرية تتأثر بالملوثات العضوية الثابتة، مع انخفاض تركيزات بعض الملوثات العضوية الثابتة والمعادن ولكن ببطء، وزيادة التركيزات التي تؤثر على المفترِسات العليا.

وسيتطلب تحقيق الغاية 2-1 من أهداف التنمية المستدامة زيادة اتساق برامج الرصد التي تغطي الجزء الصالح للأكل من النباتات والحيوانات البحرية من أجل ضمان جودة مصادر الأغذية البحرية.

وتشير المعلومات المتاحة عن أثر الإشعاع المؤين من مصادر بشرية المنشأ على البيئة البحرية إلى أنه ربما لا تطرح مشكلة كبيرة فيما يتعلق بتحقيق الغاية 14-1 من أهداف التنمية المستدامة. غير أن هناك ثغرات كبيرة في المعلومات المتاحة عن تصريف النويدات المشعة في معظم أنحاء العالم.

وينبغي إدراج المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية ذات الصلة في برامج الرصد الدولية والوطنية والإقليمية البعيدة المدى القائمة بالفعل لتكون أساساً علمياً لـ "قوائم مراقبة" المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية على الصعيد الإقليمي، ولا سيما في المياه الساحلية. وينبغي ألا تفصل الأنظمة والتشريعات البيئية بين النظم الإيكولوجية البرية

[15] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

والبحرية على الصعيدين الوطني والدولي، ومعاملة المناطق الساحلية كمناطق انتقالية في "السلسلة الممتدة من مستجمعات المياه إلى البحر" وكحلقة وصل بين الهدفين 6 و 14.

ومع تزايد أهمية آثار زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الأنشطة البشرية في المحيطات، يتزايد وضوح تعرض الأحياء البحرية مسببٍ آخر للإجهاد - تحمض المحيطات. وينجم عن انخفاض درجة الحموضة (انظر الفصل 9)، إلى جانب الزيادة في درجة الحرارة وانخفاض الأكسجين المذاب، خطر أن تقع الكائنات الحية، التي أصبحت ضعيفة بالفعل من خلال حبلها بالملوثات، ضحية لعوامل الإجهاد المتعددة التي تعاني منها (انظر أيضا الفصل 25). وإلى جانب العمل المناخي، من المستصوب الحد من عوامل الإجهاد العديدة في المحيط.

11 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف

تم تسليط الضوء في التقييم العالمي الأول على أن الحاجة للعمل من خلال عدد من المنظمات المختلفة تحد من إمكانية إجراء مقارنات واضحة بين نوعية البيئة في مختلف المناطق المحيطية بسبب استخدام تقنيات قياس مختلفة ونطاقات مختلفة جداً لمختلف أصناف المواد الكيميائية التي يجري رصدها. ولا تزال تلك الحالة قائمة.

وتعتمد المعلومات عن الترسب الجوي لمختلف الملوثات اعتماداً شديداً على نُهج النمذجة المستخدمة لزيادة التغطية المكانية. وللتمكن من نمذجة الترسب، هناك حاجة كبيرة إلى بيانات عالية الجودة عن الانبعاثات والترسبات. وينبغي جمع البيانات واستخدامها في النمذجة الإقليمية و/أو العالمية لتيسير إنتاج تقديرات مكانية وزمانية عالية الدقة للترسبات. غير أن توافر هذا النوع من البيانات الأساسية محدود، لا سيما بالنسبة لبعض المناطق المحيطية، وهو أمر واضح تماما في التقييم الحالي، لافتقاره إلى المعلومات عن جزء كبير من المحيط.

وستسفر التغيرات في الإنتاج الصناعي عن تغيرات في الأنماط القطاعية وكذلك في المصادر الثابتة ومزائج المواد. ومع توسيع نطاق اتفاقية استكهولم، هناك حاجة إلى معلومات عن تركيزات المركبات المفصلة في تلك الاتفاقية والموجودة في البيئة لإتاحة النظر في الآثار التراكمية (انظر الفصل 25) وفعالية العمليات الرامية إلى القضاء على انبعاثات تلك المركبات واستخدامها.

وتستلزم الآثار البيولوجية والآثار التراكمية للمواد الكيميائية المفصلة في اتفاقية استكهولم قدرا كبيرا من البحث على نحو حاسم للسماح بإعداد تقييمات مناسبة للحالات، لا سيما حينما تُعزى التغيرات إلى أثر زيادة تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي (مثل احترار المحيطات وتناقص الأكسجين في المحيطات وتحمض المحيطات وتغير معدلات التنفس).

وستحسن الجهود المبذولة حاليا والسلاسل الزمنية الجارية في إطار برنامج التتبع الجغرافي (GEOTRACES) من الحلول على الصعيدين العالمي والإقليمي على السواء. غير أن هناك حاجة إلى دقة أعلى بكثير لتحسين تقديرات الاتجاهات فيما يتعلق بالعناصر النزرة ونظائرها. وتفتقر حالياً السلاسل الزمنية في جنوب المحيط الأطلسي وعبر جنوب المحيط الهادئ للمواد الخطرة، كما هو الحال بالنسبة للبيانات المتعلقة بالمحيط الجنوبي. ولا يزال يتعين التحقيق على نحو سليم في مدى التلوث البحري العابر للحدود. ويتطلب وضع خرائط التلوث المائي والرواسب الساحلية بذل جهود أكثر تكاملا، إلى جانب إجراء دراسات أكثر استهدافا على الصعيد العالمي عن الكائنات الحية بحيث يمكن تحديد الآثار على أساس أكبر (محيطيا).

ومن الضروري تنسيق أخذ العينات المكانية والزمانية للمعادن بحيث تعكس البيانات استراتيجية عالمية.

وسيتطلب ذلك بذل جهود متكاملة، قد تشمل اتفاقيات وخطط العمل المتعلقة بالبحار الإقليمية التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، وأخذ عينات من الساحل والمحيطات المفتوحة على السواء. ومع تحسين دقة أخذ العينات، بشكل يمكن فيه الكشف عن التغيرات في التركيز بثقة معروفة، سوف تكون هناك حاجة إلى مبادئ توجيهية لمراقبة وضمان الجودة، بما في ذلك المعايرات البينية.

وتُنشر معلومات مفصلة محدودة جدا عن مستويات عمليات تصريف المواد المشعة في البيئة البحرية، خارج منطقة شمال شرق المحيط الأطلسي والبحار المتاخمة لها. ومن المعروف أن هناك عملية رصد كبيرة جارية. غير أنه هناك ما يدعو إلى إعادة تشغيل قاعدة بيانات الوكالة الدولية للطاقة الذرية عن تسريبات النويدات المشعة إلى الغلاف الجوي والبيئة المائية، وتوسيع نطاقها، كوسيلة لنشر المعلومات على نطاق أوسع بكثير.

وبالمثل، يُرحَّب باعتزام الوكالة الدولية للطاقة الذرية إعادة إجراء الدراسات التي اضطلعت بها في عامي 1995 و 2005 (IAEA, 1995, 2005) بشأن مستويات النشاط الإشعاعي الطبيعي والبشري المنشأ في الأسماك ومياه البحر في مختلف مناطق الصيد الرئيسية. ومن شأن ذلك أن يمثل إسهاماً مناسباً في عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (2021-2030).

وقد خلص استعراض للدراسات عن تأثير الإشعاع المؤين على القشريات إلى أن هناك تغطية ضعيفة للبيانات، ولا سيما في الميدان، بشأن هذا الموضوع، وهو يشير إلى احتمال وجود مشاكل مماثلة مع غيرها من الشُعب (Fuller and others, 2019)، مما يعني أن هناك حاجة إلى مزيد من البحث في الموضوع.

والعدد الكبير جدا من المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية التي تم تحديدها في النظم الإيكولوجية البحرية يدل في المقام الأول على قدرة الطريقة التحليلية الحالية على تحديد هذه المواد ومستقلباتها وقياسها كمياً. وهو لا يعكس بالضرورة النطاق الكامل للمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية الموجودة في البيئة البحرية. ولا تزال التركيزات النزرة جداً من المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في مياه البحر والرواسب والكائنات الحية تشكل تحدياً كبيراً للطرائق التحليلية القائمة. غير أن التطورات التكنولوجية والتطبيقات الجديدة سوف تحد بشكل أكبر من القيود على القياس الكمي وتؤدي، إضافة إلى ذلك إلى استبانة مستحضرات صيدلانية ومنتجات للعناية الشخصية جديدة وغير معروفة في الوقت الحاضر (Kallenborn and others, 2018).

ويلزم مواءمة استراتيجيات أخذ العينات النشطة والخاملة على السواء والمنهجيات التحليلية لتحليل المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية ومستقلباتها في البيئة البحرية. وسيكفل ذلك تعميم جودة البيانات ويتيح إجراء مقارنة أكثر فعالية للبيانات بين المختبرات والمناطق الجغرافية (Arpin-Pont and others, 2016).

ولأن المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية تُفرز في الغالب دون تغيير أو كمستقلبات، فمن غير المناسب استهداف المركّبات الأم فقط؛ ويجب إدراج المنتجات المتحولة الرئيسية في كل من الإجراءات التحليلية وتقييمات المخاطر (Rivera-Utrilla and others, 2013).

وحتى اليوم، لا توجد مجموعة بيانات شاملة تغطي وجود المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في المناطق الساحلية وفي المحيطات المفتوحة على الصعيد العالمي، مما يعني أنه لم يتسن إجراء أي تقييم محتمل لآثار المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية على الكائنات البحرية. ومن المستصوب إنشاء قاعدة بيانات لدعم تقييم المخاطر ووضع النماذج وتوفير المعلومات لإدارة المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية على الصعيد الدولي. ونظراً لعدم وجود بيانات كافية، لا سيما بالنسبة للمستويات الغذائية المختلفة في الشبكات البحرية، يلزم تطبيق عامل أمان يبلغ 10 000، مما يؤدي إلى عدم

يقين كبير في توصيف مخاطر المركبات (European Medicines Agency (EMEA), 2018).

ومن أجل مواصلة تقييم السمية الإيكولوجية للمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية التي يجري التحقق منها، وتقدير ما إذا كان للتركيزات المرصودة تأثير على النظم الإيكولوجية البحرية، سيكون من المهم تحسين البيانات المتعلقة بالكائنات العضوية البحرية التي تخضع للتجارب. وينبغي أن تركز تلك الجهود على آثار السمية المزمنة التي تتسم بالتعرض لجرعات منخفضة في الدراسات الطويلة الأجل، والتي ينبغي أن تشمل سلوك مزائج المواد الكيميائية (Deruytter and others, 2017).

12 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

إن الطبيعة المعقدة للمزائج التي تتألف من الملوثات العضوية الثابتة والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية، بالإضافة إلى إمكانية أن تكون هذه المركبات سامة حتى عند مستويات تركيز منخفضة جداً، تعني أن هناك حاجة إلى تطوير القدرات التحليلية اللازمة على نطاق عالمي.

وينبغي الاضطلاع بأخذ العينات والتحليلات اللاحقة في المحيطات المفتوحة وفي البحار الساحلية والجرفية بطريقة منهجية ومضمونة الجودة على أساس عالمي، بما يشمل كلاً من الملوثات العضوية الثابتة الأصلية والجديدة على النحو المفصل في اتفاقية استكهولم، وكذلك المعادن والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية والمواد المشعة وأكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت والهيدروكربونات. ورغم توقع مواجهة تحديات تحليلية كبيرة، فإن اتخاذ نهج من هذا القبيل سيسمح بإجراء تقييمات مكانية وزمانية دقيقة، وهو ما سيُسترشد به في نهاية المطاف لاتخاذ قرارات إدارية أفضل فيما يتعلق باستخدام الملوثات العضوية الثابتة والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية وغيرها من المواد التي قد تضر بالبيئة البحرية.

ويتواصل تراكم الملوثات العضوية الثابتة في المناطق القطبية ولدى المفترِسات العليا، ولكن لا توجد فرصة مباشرة لأخذ العينات من أي منها. ويجب، من ثم، بذل المزيد من الجهود لوضع خطط رصد أكثر اتساقاً بحيث يكون جمع العينات لتحديد تركيزات الملوثات العضوية الثابتة جزءاً لا يتجزأ من أكبر عدد ممكن من البرامج من الناحية العملية، وخاصة في المناطق المعروفة بتأثرها بالملوثات العضوية الثابتة. وعلاوة على ذلك، ينبغي زيادة الوعي بحركة الملوثات العضوية الثابتة عبر الشبكات الغذائية وفهمها. وينبغي أن يسمح تطوير عوامل التضخيم الغذائية بنمذجة التركيزات عبر الشبكات الغذائية، مما يعطي مؤشراً على التركيزات المحتملة للملوثات العضوية الثابتة في الأنواع التي يصعب أخذ عينات منها.

وتمثل عودة الظهور مصدراً هاماً للملوثات العضوية الثابتة، يسهم في استمرار التركيزات المرتفعة للمركبات الثنائية الفينيل المتعددة الكلور على سبيل المثال. غير أن إيجاد فهم واضح للمسارات والسبل التي تدخل من خلالها الملوثات إلى البحار سيمكّن من تحسين تقييم التدابير واستهدافها، وتوفير معلومات بشأن المسائل المتصلة بعودة الظهور، ومن المحتمل أن يتيح إمكانية التنبؤ بأوقات التعافي. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن يكون تحديد الحقائق البيئية بسبب التأثيرات المختلطة المتعددة أحد الاعتبارات الرئيسية للتقييمات المستقبلية، ولا سيما الأثر على البيئة ليس فقط من جانب مواد منفردة أو مجموعات مواد، بل أيضاً من خلال الآثار المعقدة، وربما المضخمة، للعديد من المواد الخطرة المعاصرة.

وعلى مدى عقود عديدة من التحليلات، تطورت الأجهزة، وتحسنت أيضا منهجية أخذ العينات وحفظها. غير أنه عند تحديد الاتجاهات الزمنية، كثيرا ما يولى أكبر قدر

من الانتباه إلى التركيز المحدد، مع إيلاء اهتمام أقل لحد الكشف ذي الصلة لأداة تلك العينة. وفي ذلك السياق، هناك حاجة إلى مراعاة الجوانب الأكثر تقنية وتحديداً للتحليل (Mangano and others, 2017). وبالإضافة إلى ذلك، ومن أجل دعم التقييمات المقبلة، سيكون من الضروري استعراض ومواءمة قيم العتبات المستخدمة في فرادى المؤشرات، لضمان ملاءمتها وتطبيقها. وعلاوة على ذلك، سيكون من المفيد أيضا الحصول على نظرة عامة شاملة عن المصادر الجديدة للملوثات، ولا سيما تلك الناشئة عن الأنشطة البحرية، مثل محطات توليد الطاقة الريحية.

وهناك حاجة إلى تطوير مرافق مخبرية يمكن أن تحسن معرفتنا بسمية الملوثات العضوية الثابتة والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في النظم البحرية. وعلاوة على ذلك، من الضروري إنشاء بنية تحتية تسمح بتقييم مساهمة الملوثات العضوية الثابتة والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية في الآثار التراكمية الأوسع نطاقاً لعوامل الإجهاد المتعددة التي تتعرض لها الأنواع والموائل البحرية، ولا سيما تغير المناخ وتحمض المحيطات.

وكما هو الحال في حالات الرصد الأخرى للمواد الخطرة، هناك ثغرات كبيرة في قدرات معظم البلدان النامية على رصد تركيزات الملوثات العضوية الثابتة والمعادن والمستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية والنويدات المشعة في البيئة البحرية.

وقد دخلت اتفاقية ميناماتا بشأن الزئبق[16] حيز النفاذ في 16 آب/أغسطس 2017، وهي تحتوي على مواد لدعم الأطراف فيها، بما في ذلك ما يتعلق ببناء القدرات والمساعدة التقنية، وكذلك الجوانب الصحية والتوعية العامة والتعليم والرصد. وهناك 113 طرفاً في الاتفاقية (بتاريخ تموز/يوليه 2020).

وعلاوة على ذلك، ينبغي بذل الجهود للحد من جميع مصادر تلك المواد الخطرة إلى المحيط.

المراجع

Ahrens, Lutz and others (2010). Distribution of polyfluoroalkyl compounds in water, suspended particulate matter and sediment from Tokyo Bay, Japan. *Chemosphere*, vol. 79, No. 3, pp. 266–272.

Akagi, Tasuku, and Keisuke Edanami (2017). Sources of rare earth elements in shells and soft-tissues of bivalves from Tokyo Bay. *Marine Chemistry*, vol. 194, pp. 55–62.

Al-Ansari, Ebrahim M.A.S., and others (2017). Mercury accumulation in Lethrinus nebulosus from the marine waters of the Qatar EEZ. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 121, Nos. 1–2, pp. 143–153.

Ali, Aasim M., and others (2017). Occurrence of pharmaceuticals and personal care products in effluent-dominated Saudi Arabian coastal waters of the Red Sea. *Chemosphere*, vol. 175, pp. 505–513.

Allen, Heather K., and others (2010). Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 8, No. 4, pp. 251–259.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) (2015). Temporal trends in Persistent Organic Pollutants in the Artic. ISBN – 978-82-7971-100-1.

_____ (2016). www.amap.no.

Alo, B., others (2014) Studies and transactions on pollution assessment of the Lagos Lagoon system, Nigeria. In *The Land/Ocean Interactions in the Coastal Zone of West and Central Africa*. S. Diop and others, eds. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 65–76. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06388-1.

[16] UNEP(DTIE)/Hg/CONF/4، المرفق الثاني.

Arnold, Kathryn E., and others (2014). *Medicating the Environment: Assessing Risks of Pharmaceuticals to Wildlife and Ecosystems*. The Royal Society.

Arpin–Pont, Lauren, and others (2016). Occurrence of PPCPs in the marine environment: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, No. 6, pp. 4978–4991.

Aus der Beek, Tim, and others (2016). *Pharmaceuticals in the Environment: Global Occurrence and Potential Cooperative Action under the Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM)*. Dessau–Roßlau: German Environment Agency.

Bachman, Melannie J., and others (2014). Persistent organic pollutant concentrations in blubber of 16 species of cetaceans stranded in the Pacific Islands from 1997 through 2011. *Science of the Total Environment,* vol. 488, pp. 115–123.

Bakke, Torgeir, and others (2013). Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the Norwegian offshore petroleum industry. *Marine Environmental Research*, vol. 92, pp. 154–169.

Balk, Lennart, and others (2011). Biomarkers in natural fish populations indicate adverse biological effects of offshore oil production. *PLoS One*, vol. 6, No. 5.

Balmer, Brian C. and others (2015). Persistent organic pollutants (POPs) in blubber of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) along the northern Gulf of Mexico coast, USA. *Science of the Total Environment* vol. 527, pp. 306–312.

Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM) (2013). *Thematic Assessment of Long–Term Changes in Radioactivity in the Baltic Sea, 2007–2010*. Baltic Sea Environmental Proceedings 135. Helsinki, Finland: HELCOM. http://stateofthebalticsea.helcom.fi/wp–content/uploads/2018/07/HELCOM_Thematic–assessment–of–hazardous–substances–2011–2016_pre–publication.pdf.

_____(2018a). *HELCOM Thematic Assessment of Hazardous Substances 2011–2016: Supplementary Report to the 'State of the Baltic Sea' Report*. http://stateofthebalticsea.helcom.fi/wp–content/uploads/2018/07/HELCOM_Thematic–assessment–of–hazardous–substances–2011–2016_pre–publication.pdf.

_____(2018b). *Inputs of Hazardous Substances to the Baltic Sea*. Baltic Sea Environment Proceedings 161. www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP162.pdf.

_____(2018c). *Metals HELCOM Core Indicator 2018. HELCOM Core Indicator Report. ISSN: 2343–2543,*. HELCOM Core Indicator Report. www.helcom.fi/baltic–sea–trends/indicators/metals.

Bau, Michael, and Peter Dulski (1996). Anthropogenic origin of positive gadolinium anomalies in river waters. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 143, Nos. 1–4, pp. 245–255.

Bebianno, M.J., and M. Gonzalez–Rey (2015). Ecotoxicological risk of personal care products and pharmaceuticals. In *Aquatic Ecotoxicology*, pp. 383–416. Elsevier.

Benskin, Jonathan P., and others (2012). Perfluoroalkyl acids in the Atlantic and Canadian Arctic oceans. *Environmental Science & Technology*, vol. 46, No. 11, pp. 5815–5823.

Birch, G.F., and others (2015). Emerging contaminants (pharmaceuticals, personal care products, a food additive and pesticides) in waters of Sydney estuary, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 97, Nos. 1–2, pp. 56–66.

Bodin, Nathalie, and others (2017). Trace elements in oceanic pelagic communities in the western Indian ocean. *Chemosphere*, vol. 174, pp. 354–362.

Boitsov, Stepan, and others (2019). Levels and temporal trends of persistent organic pollutants (POPs) in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) from the southern Barents Sea. *Environmental Research*, vol. 172, pp. 89–97.

Bou–Rabee, F., and others (2009). Technologically enhanced naturally occurring radioactive materials in the oil industry (TENORM). A review. *Nukleonika*, vol. 54, No. 1, pp. 3–9.

Bowman, Katlin L., and others (2016). Distribution of mercury species across a zonal section of the Eastern Tropical South Pacific. *Marine Chemistry*, vol. 186, pp. 156–166.

Boxall, Alistair B.A., and others (2012). Pharmaceuticals and personal care products in the environment: what are the big questions? *Environmental Health Perspectives*, vol. 120, No. 9, pp. 1221–1229.

Bratkovics, Stephanie, and Yelena Sapozhnikova (2011). Determination of seven commonly used organic UV filters in fresh and saline waters by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Analytical Methods*, vol. 3, pp. 2943–2950.

Bridgestock, Luke, and others (2016). Return of naturally sourced Pb to Atlantic surface waters. *Nature Communications*, vol. 7, art. 12921.

Brown, T.J., and others (2019). *World Mineral Production 2013–17*. British Geological Survey.

Bu, Qingwei, and others (2016). Assessing the persistence of pharmaceuticals in the aquatic environment: challenges and needs. *Emerging Contaminants*, vol. 2, No. 3, pp. 145–147.

Buesseler, Ken, and others (2017). Fukushima Daiichi–derived radionuclides in the ocean: transport, fate, and impacts. *Annual Review of Marine Science*, vol. 9, pp. 173–203.

Butt, Craig M., and others (2010). Levels and trends of poly–and perfluorinated compounds in the Arctic environment. *Science of the Total Environment*, vol. 408, No. 15, pp. 2936–2965.

Caldwell, Daniel J. (2016). Sources of pharmaceutical residues in the environment and their control. In *Pharmaceuticals in the Environment. Issues in Environmental Science and Technology*, No. 41, R.E. Hester and R.M. Harrison, eds., pp. 92–119.

Camus, L., and others (2015). Comparison of produced water toxicity to Arctic and temperate species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 113, pp. 248–258.

Carlsson, Pernilla, and others (2018). Polychlorinated biphenyls (PCBs) as sentinels for the elucidation of Arctic environmental change processes: a comprehensive review combined with ArcRisk project results. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, No. 23, pp. 22499–22528.

Commission for the Protection of the Marine Environment of the North–East Atlantic (OSPAR) (2017a). *Inputs of Mercury, Cadmium and Lead via Water and Air to the Greater North Sea*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment -2017/pressures-human-activities/contaminants/heavy-metal-inputs.

_____(2017b). *Intermediate Assessment 2017*. https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017.

_____(2017c). *Status and Trend for Heavy Metals (Cadmium, Mercury and Lead) in Sediment*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/contaminants/metals-sediment.

_____(2017d). *Status and Trend for Heavy Metals (Mercury, Cadmium, and Lead) in Fish and Shellfish*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/contaminants/metals-fish-shellfish.

_____(2017e). *Status and Trends in the Levels of Imposex in Marine Gastropods (TBT in Shellfish)*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/contaminants/imposex-gastropods.

_____(2018a). *Assessment of the Discharges, Spills and Emissions from Offshore Installations on the Norwegian Continental Shelf in 2012–2016*.

_____(2018b). *Assessment of the Discharges, Spills and Emissions from Offshore Installations on the United Kingdom Continental Shelf in 2012–2016*.

_____(2018c). *Annual Report on Discharges of Radioactive Substances from the Non–Nuclear Sector in 2016*. www.ospar.org/documents?v=38960.

Cossa, Daniel, and others (2011). Mercury in the Southern Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 75, No. 14, pp. 4037–4052.

Cunningham, Patricia A., and others (2019). Assessment of metal contamination in Arabian/Persian Gulf fish: a review. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 143, pp. 264–283.

Dastoor, Ashu P., and Dorothy A. Durnford (2013). Arctic Ocean: is it a sink or a source of atmospheric mercury? *Environmental Science & Technology*, vol. 48, No. 3, pp. 1707–1717.

Deruytter, David, and others (2017). Mixture toxicity in the marine environment: model development and evidence for synergism at environmental concentrations. *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 36, No. 12, pp. 3471–3479.

Desforges, Jean-Pierre, and others (2018). Predicting global killer whale population collapse from PCB pollution. *Science*, vol. 361, No. 6409, pp. 1373–1376.

Dirtu, Alin C., and others (2016). Contrasted accumulation patterns of persistent organic pollutants and mercury in sympatric tropical dolphins from the south-western Indian Ocean. *Environmental Research*, vol. 146, pp. 263–273.

Du, Juan, and others (2017). Antibiotics in the coastal water of the South Yellow Sea in china: occurrence, distribution and ecological risks. *Science of the Total Environment*, vol. 595, pp. 521–527.

El Kateb, Akram, and others, 2020. Impact of industrial phosphate waste discharge on the marine environment in the Gulf of Gabes (Tunisia), *PloS One*, 17 May 2018.

Esposito, Mauro, and others (2018). Total mercury content in commercial swordfish (*Xiphias gladius*) from different FAO fishing areas. *Chemosphere*, vol. 197, pp. 14–19.

European Environment Agency (EEA) (2013). The impact of international shipping on European air quality and climate forcing. EEA Technical report No. 4/2013. www.eea.europa.eu/publications/the-impact-of-international-shipping.

European Medicines Agency (EMEA) (2018). *Draft Guideline on the Environmental Risk Assessment of Medicinal Products for Human Use*. London.

European Union (2018). Report on the implementation and compliance with Directive (EU) 2016/802 which is transposing MARPOL Annex VI requirements into EU law. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0188.

Fair, P.A., and others (2019). Perfluoroalkyl substances (PFASs) in edible fish species from Charleston Harbor and tributaries, South Carolina, United States: exposure and risk assessment. *Environmental Research*, vol. 171, pp. 266–277.

Fang, Tien-Hsi, and others (2012). The occurrence and distribution of pharmaceutical compounds in the effluents of a major sewage treatment plant in Northern Taiwan and the receiving coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, No. 7, pp. 1435–1444.

Fent, Karl, and others (2006). Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*, vol. 76, No. 2, pp. 122–159.

Fisch, Kathrin, and others (2017). Occurrence of pharmaceuticals and UV-filters in riverine run-offs and waters of the German Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 124, No. 1, pp. 388–399. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.057.

Fisher, David, and others (2012). Recent melt rates of Canadian Arctic ice caps are the highest in four millennia. *Global and Planetary Change*, vol. 84, pp. 3–7.

Fuller, Neil, and others (2019). Impacts of ionising radiation on sperm quality, DNA integrity and post-fertilisation development in marine and freshwater crustaceans. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 186, 109764.

Gauss, Michael, and others (2018). Atmospheric supply of nitrogen, cadmium, mercury, benzo(a)pyrene and PVB-153 to the Baltic Sea in 2016. *EMEP/MSC-W Technical Report 1/2018*.

Gaw, Sally, and others (2014). Sources, impacts and trends of pharmaceuticals in the marine and coastal environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 369, No. 1656, 20130572.

Global Energy Statistics Yearbook (2018). https://yearbook.enerdata.net/crude-oil/world-production-statitistics.html.

Gnandi, Kissao, and others (2011). Increased bioavailability of mercury in the lagoons of Lomé, Togo: the possible role of dredging. *Ambio*, vol. 40, No. 1, pp. 26–42.

Godard-Codding, Céline A.J., and others (2011). Pacific Ocean-wide profile of CYP1A1 expression, stable carbon and nitrogen isotope ratios, and organic contaminant burden in sperm whale skin biopsies. *Environmental Health Perspectives*, vol. 119, No. 3, p. 337.

González-Gaya, Belén, and others (2014). Perfluoroalkylated substances in the global tropical and subtropical surface oceans. *Environmental Science & Technology*, vol. 48, No. 22, pp. 13076–13084. https://doi.org/10.1021/es503490z.

Gonzalvo, J., and others (2016.) The Gulf of Ambracia's common bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*: a highly dense and yet threatened population. *Advances in Marine Biology*, vol. 75, pp. 259–296.

Gothwal, Ritu, and Thhatikkonda Shashidhar (2015). Antibiotic pollution in the environment: a review. *Clean–Soil, Air, Water*, vol. 43, No. 4, pp. 479–489.

Gullberg, Erik, and others (2011). Selection of resistant bacteria at very low antibiotic concentrations. *PLoS Pathogens*, vol. 7, No. 7, e1002158.

Gusev, A. (2018). *Atmospheric Deposition of Benzo(a)Pyrene on the Baltic Sea. HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheets*.

Gusev, A., and others (2018). Persistent Organic Pollutants: assessment of transboundary pollution on global, regional, and national scales. *EMEP Status Report* 3/2018, July 2018. http://en.msceast.org/reports/3_2018.pdf.

Hassan, Hassan, and others (2019). Baseline concentrations of mercury species within sediments from Qatar's coastal marine zone. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 142, pp. 595–602.

Hatje, Vanessa, and others (2014). Determination of rare earth elements after pre-concentration using NOBIAS-chelate PA-1® resin: method development and application in the San Francisco Bay plume. *Marine Chemistry*, vol. 160, pp. 34–41.

Hatje, Vanessa, and others (2018). Trace-metal contaminants: human footprint on the ocean. *Elements: An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, vol. 14, No. 6, pp. 403–408.

Hatosy, Stephen M., and Adam C. Martiny (2015). The ocean as a global reservoir of antibiotic resistance genes. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 81, No. 21, pp. 7593–7599.

Hauge, K.H., and others (2014). Inadequate risk assessments – a study on worst-case scenarios related to petroleum exploitation in the Lofoten area. *Marine Policy*, vol. 44, pp. 82–89.

He, P., and others (2013). A summary of global ^{129}I in marine waters. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, vol. 294, pp. 537–541.

Heberer, T. (2002). Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicology Letters*, vol. 131, Nos. 1–2, pp. 5–17.

Heimbürger, Lars-Eric, and others (2015). Shallow methylmercury production in the marginal sea ice zone of the central Arctic Ocean. *Scientific Reports*, vol. 5, art. 10318.

Hermann, L., and others (2018). Phosphorus processing – potentials for higher efficiency. *Sustainability*, vol. 10, No. 5, art. 1482.

Hernández, F., and others (2019). Occurrence of antibiotics and bacterial resistance in wastewater and sea water from the Antarctic. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 363, pp. 447–456.

Hong, G.–H., and others (2011). Applications of anthropogenic radionuclides as tracers to investigate marine environmental processes. In *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, pp. 367–394. Springer.

Hou, X., and others (2013). Iodine–129 in seawater offshore Fukushima: distribution, inorganic speciation, sources, and budget. *Environmental Science & Technology*, vol. 47, pp. 3091–3098.

Hussy, Ines, and others (2012). Determination of chlorinated paraffins in sediments from the Firth of Clyde by gas chromatography with electron capture negative ionisation mass spectrometry and carbon skeleton analysis by gas chromatography with flame ionisation detection. *Chemosphere*, vol. 88, No. 3, pp. 292–299.

Ilyin, I., and others (2018). Assessment of heavy metal transboundary pollution on global, regional and national scales. *EMEP Status Report* 2/2018. http://en.msceast.org/reports/2_2018.pdf.

International Atomic Energy Agency (IAEA) (1995). Sources of radioactivity in the marine environment and their relative contributions to overall dose assessment from marine radioactivity (MARDOS), IAEA–TECDOC–838, IAEA, Vienna.

_____(2005). Worldwide marine radioactivity studies (WOMARS): radionuclide levels in oceans and seas, IAEA–TECDOC–1429, IAEA, Vienna.

_____(2015). *Inventory of Radioactive Material Resulting from Historical Dumping, Accidents and Losses at Sea*. TECDOC Series 1776. Vienna: IAEA. www.iaea.org/publications/10925/inventory–of–radioactive–material–resulting–from–historical–dumping–accidents–and–losses–at–sea.

_____(2019a). Power reactor information system (PRIS) database. www.iaea.org/resources/databases/power–reactor–information–system–pris.

_____ (2019b). Events and highlights on the progress related to recovery operations at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. www.iaea.org/sites/default/files/19/09/events–and–highlights–july–2019.pdf.

International Energy Agency (IEA) (2018a). *Offshore Energy Outlook*. World Energy Outlook Series. https://doi.org/10.1787/weo–2018–en.

_____(2018b). *Oil Information: Overview*. https://www.iea.org/reports/oil–information–overview.

International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Associations (IFPMA) (2017). *The Pharmaceutical Industry and Global Health: Facts and Figures 2017*. www.ifpma.org/wp–content/uploads/2017/02/IFPMA–Facts–And–Figures–2017.pdf.

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) (2018). The potential for cost–effective air emission reductions from international shipping through designation of further Emission Control Areas in EU waters with focus on the Mediterranean Sea. Final Report. https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/Shipping_emissions_reductions_main.pdf.

International Maritime Organization (2019). Construction requirements for oil tankers – double hulls. www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/constructionrequirements.aspx.

International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF) (2019). *Oil Tanker Spill Statistics 2018*. www.itopf.org/fileadmin/data/Documents/Company_Lit/Oil_Spill_Stats_2019.pdf.

Jamieson, Alan J., and others (2017). Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the deepest ocean fauna. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No. 3, art. 0051.

Jeong, Yu–Jin, and others (2019). Comparing levels of perfluorinated compounds in processed marine products. *Food and Chemical Toxicology*.

Jepson, Paul D., and Robin J. Law (2016) Persistent pollutants, persistent threats. *Science*, vol. 352, No. 6292, pp.1388–1389.

Jepson, Paul D., and others (2016). PCB pollution continues to impact populations of orcas and other dolphins in European waters. *Scientific Reports*, vol. 6, 18573.

Jiménez, S., and others (2018). State of the art of produced water treatment. *Chemosphere*, vol. 192, pp. 186–208.

Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL) (2020). Reprocessing. www.jnfl.co.jp/en/business/reprocessing.

Jonsson, Sofi, and others (2017). Terrestrial discharges mediate trophic shifts and enhance methylmercury accumulation in estuarine biota. *Science Advances*, vol. 3, No. 1, e1601239.

Josefsson, Sarah (2018). *Hexaklorbensen i Svenska Sediment 1986–2015*.

Josefsson, Sarah, and Anna Apler (2019). *Miljöföroreningar i Utsjösediment–Geografiska Mönster Och Tidstrender*.

Kallenborn, Roland, and others (2018). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in Arctic environments: indicator contaminants for assessing local and remote anthropogenic sources in a pristine ecosystem in change. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, No. 33, pp. 33001–33013.

Karl, M., and others (2019). Impact of a nitrogen emission control area (NECA) on the future air quality and nitrogen deposition to seawater in the Baltic Sea region. *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 19, No. 3, pp. 1721–1752. https://doi.org/10.5194/acp-19-1721-2019.

Kenna, Timothy C., and others (2012). Intercalibration of selected anthropogenic radionuclides for the GEOTRACES program. *Limnology and Oceanography: Methods*, vol. 10, No. 8, pp. 590–607.

Klatte, Stephanie, and others (2017). Pharmaceuticals in the environment – a short review on options to minimize the exposure of humans, animals and ecosystems. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol. 5, pp. 61–66.

Koski, M., and others (2017). Ecological effects of scrubber water discharge on coastal plankton: potential synergistic effects of contaminants reduce survival and feeding of the copepod *Acartia tonsa*. *Marine Environmental Research*, vol. 129, pp. 374–385.

Kötke, Danijela, and others (2019). Prioritised pharmaceuticals in German estuaries and coastal waters: occurrence and environmental risk assessment. *Environmental Pollution*, vol. 255, part I, 113161.

Kulaksiz, Serkan, and Michael Bau (2007). Contrasting behaviour of anthropogenic gadolinium and natural rare earth elements in estuaries and the gadolinium input into the North Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 260, Nos. 1–2, pp. 361–371.

Lee, Jong-Mi, and others (2015). Impact of anthropogenic Pb and ocean circulation on the recent distribution of Pb isotopes in the Indian ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 170, pp. 126–144.

Li, Jing, and others (2017). Organophosphate esters in air, snow, and seawater in the North Atlantic and the Arctic. *Environmental Science & Technology*, vol. 51, No. 12, pp. 6887–6896.

Liang, Ximei, and others (2013). The distribution and partitioning of common antibiotics in water and sediment of the Pearl River Estuary, South China. *Chemosphere*, vol. 92, No. 11, pp. 1410–1416.

Lindgren, J. Fredrik, and others (2012). Meiofaunal and bacterial community response to diesel additions in a microcosm study. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, No. 3, pp. 595–601.

Loos, Robert, and others (2010). Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. *Water Research*, vol. 44, No. 14, pp. 4115–4126.

Loos, Robert, and others (2013). Analysis of polar organic contaminants in surface water of the northern Adriatic Sea by solid-phase extraction followed by ultrahigh-pressure liquid chromatography–QTRAP® MS using a hybrid triple-quadrupole linear ion trap instrument. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 405, No. 18, pp. 5875–5885.

Ma, Yuxin, and others (2017). Organophosphate ester flame retardants and plasticizers in ocean sediments from the North Pacific to the Arctic Ocean. *Environmental Science & Technology*, vol. 51, No. 7, pp. 3809–3815.

Ma, Yuxin, and others (2018). Concentrations and water mass transport of legacy pops in the Arctic Ocean. *Geophysical Research Letters*, vol. 45, No. 23, pp. 12972–12981.

Madigan, Daniel J., and others (2012). Pacific bluefin tuna transport Fukushima-derived radionuclides from Japan to California. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, No. 24, pp. 9483–9486.

Magnér, Jörgen, and others (2010). Application of a novel solid-phase-extraction sampler and ultra-performance liquid chromatography quadrupole-time-of-flight mass spectrometry for determination of pharmaceutical residues in surface sea water. *Chemosphere*, vol. 80, No. 11, pp. 1255–1260.

Malakoff, David (2014). *Chemical Atlas Shows Where Seas Are Tainted – And Where They Can Bloom*. American Association for the Advancement of Science.

Mangano, Maria Cristina, and others (2017). Monitoring of persistent organic pollutants in the polar regions: knowledge gaps & gluts through evidence mapping. *Chemosphere*, vol. 172, pp. 37–45.

Marsili, Letizia, and others (2018). Persistent organic pollutants in cetaceans living in a hotspot area: the Mediterranean Sea. In *Marine Mammal Ecotoxicology*, pp. 185–212. Elsevier.

Mason, Robert P., and others (2017). The air-sea exchange of mercury in the low latitude Pacific and Atlantic Oceans. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 122, pp. 17–28.

McCann, Clare M., and others (2019). Understanding drivers of antibiotic resistance genes in High Arctic soil ecosystems. *Environment International*, vol. 125, pp. 497–504.

McDonough, Carrie A., and others (2018). Dissolved organophosphate esters and polybrominated diphenyl ethers in remote marine environments: Arctic surface water distributions and net transport through Fram Strait. *Environmental Science & Technology*, vol. 52, No. 11, pp. 6208–6216.

Men, Wu, and others (2015). Radioactive status of seawater in the northwest Pacific more than one year after the Fukushima nuclear accident. *Scientific Reports*, vol. 5, art. 7757.

Mohammed, Azad, and others, 2012. Metals in sediments and fish from Sea Lots and Point Lisas Harbors, Trinidad and Tobago. *Marine Pollution Bulletin* vol. 64, No. 1, pp. 169–173.

Molins-Delgado, Daniel, and others (2017). UV filters and benzotriazoles in urban aquatic ecosystems: the footprint of daily use products. *Science of the Total Environment*, vol. 601, pp. 975–986.

Moodley, Leon, and others (2018). Effects of low crude oil chronic exposure on the northern krill (*Meganyctiphanes norvegica*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 500, pp. 120–131.

Moreno-González, R., and others (2015). Seasonal distribution of pharmaceuticals in marine water and sediment from a Mediterranean coastal lagoon (SE Spain). *Environmental Research*, vol. 138, pp. 326–344.

Munson, Kathleen M., and others (2015). Mercury species concentrations and fluxes in the central tropical Pacific Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 29, No. 5, pp. 656–676.

Na, Guangshui, and others (2013). Occurrence, distribution, and bioaccumulation of antibiotics in coastal environment of Dalian, China. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 69, pp. 233–240.

National Research Council and Transportation Research Board (2003). *Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects*. Washington, D.C.: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/10388.

Nödler, Karsten, and others (2014). Polar organic micropollutants in the coastal environment of different marine systems. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 85, No. 1, pp. 50–59.

Ogata, Tomoya, and Yasutaka Terakado (2006). Rare earth element abundances in some seawaters and related river waters from the Osaka Bay area, Japan: significance of anthropogenic Gd. *Geochemical Journal*, vol. 40, No. 5, pp. 463–474.

Olmer, Naya, and others (2017). Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015. *The International Council on Clean Transportation*.

Otosaka, S., and others (2018). Distribution and fate of ^{129}I in the seabed sediment off Fukushima. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 192, pp. 208–218.

Pampanin, Daniela M., and others (2017). DNA adducts in marine fish as biological marker of genotoxicity in environmental monitoring: the way forward. *Marine Environmental Research*, vol. 125, pp. 49–62.

Paul, Maxence, and others (2015). Tracing the Agulhas leakage with lead isotopes. *Geophysical Research Letters*, vol. 42, No. 20, pp. 8515–8521.

Pazdro, Ksenia, and others (2016). Analysis of the residues of pharmaceuticals in marine environment: state-of-the-art, analytical problems and challenges. *Current Analytical Chemistry*, vol. 12, No. 3, pp. 202–226.

Pedreira, Rodrigo M.A., and others (2018). Tracking hospital effluent-derived gadolinium in Atlantic coastal waters off Brazil. *Water Research*, vol. 145, pp. 62–72.

Pereira, Camilo D. Seabra, and others (2016). Occurrence of pharmaceuticals and cocaine in a Brazilian coastal zone. *Science of the Total Environment*, vol. 548, pp. 148–154.

Picot-Groz, M., and others (2014). Detection of emerging contaminants (UV filters, UV stabilizers and musks) in marine mussels from Portuguese coast by QuEChERS extraction and GC–MS/MS. *Science of The Total Environment*, vol. 493, pp. 162–69. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.062.

Pinzone, Marianna, and others (2015). POPs in free-ranging pilot whales, sperm whales and fin whales from the Mediterranean Sea: influence of biological and ecological factors. *Environmental Research*, vol. 142, pp. 185–196.

Power Engineering International (PEI) (2019). *World's First Floating Nuclear Power Unit Set to Start Operations*. www.powerengineeringint.com/nuclear/reactors/world-s-first-floating-nuclear-power-unit-set-to-start-operatiing.

Powers, Maria (2008). Vetting – selected legal aspects of the vessel selection process: with special focus on seaworthiness, duty of care and charter party vetting clauses. PhD Thesis, Faculty of Law, Lund University.

Praca, Emilie, and others (2011). Toothed whales in the northwestern Mediterranean: insight into their feeding ecology using chemical tracers. *Marine Pollution Bulletin* vol. 62, No. 5, pp. 1058–1065.

Qin, Xiaofei, and others (2016). Seasonal variation of atmospheric particulate mercury over the East China Sea, an outflow region of anthropogenic pollutants to the open Pacific Ocean. *Atmospheric Pollution Research*, vol. 7, No. 5, pp. 876–883.

Richardson, Susan D., and Thomas A. Ternes (2011). Water analysis: emerging contaminants and current issues. *Analytical Chemistry*, vol. 83, No. 12, pp. 4614–4648.

Rivera-Utrilla, José, and others (2013). Pharmaceuticals as emerging contaminants and their removal from water. A review. *Chemosphere*, vol. 93, No. 7, pp. 1268–1287.

Robinson, Kelly J., and others (2018). Persistent organic pollutant burden, experimental POP exposure, and tissue properties affect metabolic profiles of blubber from gray seal pups. *Environmental Science & Technology*, vol. 52, No. 22, pp. 13523–13534.

Rodil, Rosario, and others (2012). Transformation of phenazone-type drugs during chlorination. *Water Research*, vol. 46, No. 7, pp. 2457–2468.

Roig, Benoit (2010). *Pharmaceuticals in the Environment*. IWA publishing.

Rose, Alani, and others (2017). Modeling and Risk Assessment of Persistent, Bioaccumulative and Toxic (PBT) Organic Micropollutants in the Lagos Lagoon. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, vol. 2, No. 2, pp. 22–26.

Rubarth, Janne, and others (2011). Perfluorinated compounds in red-throated divers from the German Baltic Sea: new findings from their distribution in 10 different tissues. *Environmental Chemistry*, vol. 8, No. 4, pp. 419–428.

Rusiecka, D., and others (2018). Anthropogenic signatures of lead in the Northeast Atlantic. *Geophysical Research Letters*, vol. 45, No. 6, pp. 2734–2743. https://doi.org/10.1002/2017GL076825.

Sanderson, Hans, and others (2003). Probabilistic hazard assessment of environmentally occurring pharmaceuticals toxicity to fish, daphnids and algae by ECOSAR screening. *Toxicology Letters*, vol. 144, No. 3, pp. 383–395.

Sanial, Virginie, and others (2017). Unexpected source of Fukushima-derived radiocesium to the coastal ocean of Japan. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 42, pp. 11092–11096.

Schlitzer, Reiner (2020). Ocean Data View. https://odv.awi.de.

Schlosser, Christian, and others (2016). Distribution and cycling of lead in the high and low latitudinal Atlantic Ocean. American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting 2016, abstract No. CT14B–0130.

Schlosser, Christian, and others (2019). Distribution of dissolved and leachable particulate Pb in the water column along the GEOTRACES section GA10 in the South Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 148, pp. 132–142. https://doi.org/10.1016/j.dsr.2019.05.001.

Scientific Committee on Oceanic Research, Working Group 146 (SCOR-WG146) (2020). *Radioactivity in the Ocean, 5 Decades Later (RiO5). First Report of SCOR Working Group #146, September 2015.* https://scor-int.org/group/146.

Shamsudheen, S.V., and others (2015). Atmospheric Supply of nitrogen, lead, cadmium, mercury and PCBs to the Baltic Sea in 2013. *EMEP/MSC-W Technical Report*, vol. 2.

Singh, Surendra (2019). Russia wants to jointly develop small, medium-sized N-plants, including floating N-station, with India. *Times of India*.

Sköld, Ola (2000). Sulfonamide resistance: mechanisms and trends. *Drug Resistance Updates*, vol. 3, No. 3, pp. 155–160.

Smith, John N., and others (2015). Arrival of the Fukushima radioactivity plume in North American continental waters. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, No. 5, pp. 1310–1315.

Soerensen, Anne L., and others (2016). A mass budget for mercury and methylmercury in the Arctic Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 30, No. 4, pp. 560–575.

Stockholm Convention (2018). *Draft Report on Progress towards the Elimination of Polychlorinated Biphenyls, Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, Small Intersessional Working Group on Polychlorinated Biphenyls, Fourth Meeting (First Face-to-Face Meeting), 12–14 December 2018*.

Sühring, Roxana, and others (2016). Organophosphate esters in Canadian Arctic air: Occurrence, levels and trends. *Environmental Science & Technology*, vol. 50, No. 14, pp. 7409–7415.

Sun, Caoxin (2015). Persistent organic pollutants in the Arctic, Atlantic and Pacific Oceans. PhD Thesis, University of Rhode Island.

Sun, Yu-Xin, and others (2014). Persistent organic pollutants in marine fish from Yongxing Island, South China Sea: levels, composition profiles and human dietary exposure assessment. *Chemosphere*, vol. 98, pp. 84–90.

Sun, Yu-Xin, and others (2017). Halogenated organic pollutants in marine biota from the Xuande Atoll, South China Sea: levels, biomagnification and dietary exposure. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 118, Nos. 1–2, pp. 413–419.

Suzuki, T., and others (2018). Vertical distribution of ^{129}I released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in the Kuroshio and Oyashio current areas. *Marine Chemistry*, vol. 204, pp. 163–171.

Tamura, Ikumi, and others (2017). Contribution of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) to whole toxicity of water samples collected in effluent–dominated urban streams. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 144, pp. 338–350.

Tanouayi, Gnon, and others (2016). Distribution of Fluoride in the Phosphorite Mining Area of Hahotoe–Kpogame (Togo). *Journal of Health and Pollution*, vol. 6, No. 10, pp. 84–94.

Taylor, David (2016). The pharmaceutical industry and the future of drug development. In *Pharmaceuticals in the Environment. Issues in Environmental Science and Technology*, vol. 41, pp. 1–33, R.E. Hester and R.M. Harrison, eds.

Teuchies, J., and others (2020). The impact of scrubber discharge on the water quality in estuaries and ports. *Environmental Sciences Europe*, vol. 32, No. 1, art. 103.

Theobald, Norbert, and others (2011). Occurrence of perfluorinated organic acids in the North and Baltic seas. Part 1: distribution in sea water. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 18, No. 7, pp. 1057–1069.

Turner, David R., and others (2017). Shipping and the environment: smokestack emissions, scrubbers and unregulated oceanic consequences. *Elementa–Science of the Anthropocene*, vol. 5.

United Nations (2017a). Chapter 17 – Shipping. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). Chapter 20: Coastal, riverine and atmospheric inputs from land. 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.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2018). *Review of Maritime Transport*. United Nations.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2019). *Global Mercury Assessment 2018*. UNEP.

United Nations Environment Programme and United Nations Institute for Training and Research (UNEP and UNITAR) (2018). PCB: A Forgotten Legacy. 2028: Final Elimination of PCB. UNEP.

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP) (2012a). Initial integrated assessment of the Mediterranean Sea: Fulfilling step 3 of the ecosystem approach process. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens.

_____(2012b). State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens.

UNEP/MAP/Coordinated Mediterranean Pollution Monitoring and Research Programme (MED POL) (2011a). Hazardous substances in the Mediterranean: a spatial and temporal assessment. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens.

_____(2011b). Analysis of trend monitoring activities and data for the MED POL Phase III and IV (1999–2010). United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens.

Vanderford, Brett J., and others (2003). Analysis of endocrine disruptors, pharmaceuticals, and personal care products in water using liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Analytical Chemistry*, vol. 75, No. 22, pp. 6265–6274.

Verlicchi, Paola, and others (2012). Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment – a review. *Science of the Total Environment*, vol. 429, pp. 123–155.

Vorkamp, Katrin, and others (2019). Current–use halogenated and organophosphorous flame retardants: a review of their presence in Arctic ecosystems. *Emerging Contaminants*, vol. 5, pp. 179–200.

Wagner, Charlotte C., and others (2019). A global 3-D ocean model for PCBs: benchmark compounds for understanding the impacts of global change on neutral persistent organic pollutants. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 33, No. 3, pp. 469–481.

Wang, Guang, and others (2010). Hexachlorobenzene sources, levels and human exposure in the environment of China. *Environment International*, vol. 36, No. 1, pp. 122–130.

Webster, Lynda, and others (2014). Halogenated persistent organic pollutants in relation to trophic level in deep sea fish. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 88, Nos. 1–2, pp. 14–27.

Weigel, Stefan, and others (2004). Determination of selected pharmaceuticals and caffeine in sewage and seawater from Tromsø/Norway with emphasis on ibuprofen and its metabolites. *Chemosphere*, vol. 56, No. 6, pp. 583–592.

Wiberg, K., and others (2013). *Managing the dioxin problem in the Baltic region with focus on sources to air and fish*. Swedish Environmental Protection Agency Report 6566.

World Nuclear Association (WNA) (2020). Country profiles. 2020. www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles.aspx.

Wu, Jian-Lin, and others (2007) Triclosan determination in water related to wastewater treatment. *Talanta*, vol. 72, pp. 1650–1654.

Wu, Junwen, and others (2019). Plutonium in the western North Pacific: transport along the Kuroshio and implication for the impact of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Chemical Geology*, vol. 511, pp. 256–264.

Xu, Weihai, and others (2013). Antibiotics in riverine runoff of the Pearl River Delta and Pearl River Estuary, China: concentrations, mass loading and ecological risks. *Environmental Pollution*, vol. 182, pp. 402–407.

Yeung, Leo W.Y., and others (2017). Vertical profiles, sources, and transport of PFASs in the Arctic Ocean. *Environmental Science & Technology*, vol. 51, No. 12, pp. 6735–6744.

Ytreberg, E., and others (2019). Effects of scrubber washwater discharge on microplankton in the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 145, pp. 316–324.

Zhang, Ruijie, and others (2013a). Antibiotics in the offshore waters of the Bohai Sea and the Yellow Sea in China: occurrence, distribution and ecological risks. *Environmental Pollution*, vol. 174, pp. 71–77.

Zhang, Ruijie, and others (2013b). Occurrence and risks of antibiotics in the coastal aquatic environment of the Yellow Sea, North China. *Science of the Total Environment*, vol. 450, pp. 197–204.

Zhang, Xianming, and others (2017). North Atlantic Deep Water formation inhibits high Arctic contamination by continental perfluorooctane sulfonate discharges. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 31, No. 8, pp. 1332–1343.

Zhang, Ying, and others (2016). Environmental characteristics of polybrominated diphenyl ethers in marine system, with emphasis on marine organisms and sediments. *BioMed Research International*, vol. 2016, art. 1317232.

Zhu, Yanbei, and others (2004). Gadolinium anomaly in the distributions of rare earth elements observed for coastal seawater and river waters around Nagoya City. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, vol. 77, No. 10, pp. 1835–1842.

الفصل 12

التغيرات في مدخلات النفايات الصلبة، بخلاف المواد المجروفة، وتوزعها في البيئة البحرية

المساهمون: فرانسوا غالغاني (منظم اجتماعات: الحطام البحري)، وأليكي شتفن – أوبراين (منظم اجتماعات: الإغراق)، وآرتشيس أمبولكار، وماوريتسيو أزارو، وماريا جواو بيبيانو (عضوة رئيسية)، وجوان بونداريف، وهو غريفيث، ومارتن هاسلوف، وكريستوس ايوكييميديس، وجينا جامبيك، وبولا كينر، وفرناندا دي أوليفيرا لانا، وإيرينا ماكارينكو، وتشيلسي روشمان، وقمر شويلر، وبولا سوبرال، وكا ثانه فو (عضو رئيسي مشارك)، وكونستانتينوس توبوزيليس، وديك فيثاك، وبيني فلاهوس، وجوينغ وانغ (عضو رئيسي مشارك)، وجوديث وايس.

النقاط الرئيسية

- تمثل المواد البلاستيكية في الوقت الحاضر الحصة الرئيسية من القمامة البحرية أو الحطام البحري.
- تأتي معظم القمامة البحرية من مصادر برية، نتيجة لسوء ممارسات إدارة النفايات، لا سيما في بعض المناطق الريفية والنامية.
- توجد النفايات البحرية في جميع الموائل البحرية، وتؤثر على البيئة والكائنات البحرية من خلال التشبك والابتلاع وانجراف الأنواع الغازية.
- تتزايد كميات القمامة البحرية في المناطق النائية وغير المأهولة.
- يلزم توفير بيانات السلاسل الزمنية لتقييم ورصد آثار القمامة البحرية، بما في ذلك النفايات الدقيقة والنانوية.
- هناك حاجة إلى تنسيق الإبلاغ بشأن الإغراق في البحر على الرغم من الاتجاه التنازلي الملاحَظ.

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

1-1 - مقدمة

يشير مصطلح "القمامة البحرية" إلى أي مادة صلبة مستديمة أو مصنعة أو معالَجة تم التخلص منها أو إلقاؤها أو تركها في البيئات البحرية والساحلية (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), 2019)، وتغطي مجموعة متنوعة للغاية من المواد، تتراوح في الحجم من القمامة الضخمة (> 1 متر)، إلى القمامة الكبيرة (>25 مليمتر)، فالقمامة المتوسطة (>5 مليمتر)، والقمامة الدقيقة (< 1 مليمكرون) والقمامة النانوية (< 1 مليمكرون). وتصنف هذه المواد حسب طبيعة المادة، مثل البلاستيك أو المعادن أو الزجاج أو المطاط أو الخشب، أو حسب المصادر أو الاستخدامات، مثل معدات الصيد والحبيبات الصناعية والمواد الصحية والمواد البلاستيكية أحادية الاستخدام. والبلاستيك، الذي يُعرَّف بأنه بوليمرات يتم تصنيعها من جزيئات هيدروكربونية، أو كتلة حيوية ذات خصائص حرارية - بلاستيكية أو حرارية محددة، يتألف من المكون الرئيسي للقمامة البحرية وله مجموعة واسعة من الخصائص والأشكال والتراكيب (GESAMP, 2016). وفي عام 2018، أُنتج ما يقرب من 348 مليون طن من النفايات البلاستيكية في جميع أنحاء العالم (PlasticsEurope, 2019)، وكانت الكميات السنوية التي تدخل المحيط تتراوح بين 4,8 ملايين و 12,7 مليون طن، استنادا إلى بيانات من عام 2010 (Jambeck and others, 2015).

وتظهر القمامة البحرية بشكل أوضح على الشواطئ، حيث تتراكم نتيجة للتيارات والأمواج والرياح والتدفقات النهرية. غير أن القمامة البحرية، والتي تتألف بشكل أساسي من البلاستيك، توجد أيضا على سطح المحيط في مناطق متقاربة (الدوامات المحيطية)، وفي العواميد المائية، وفي قيعان البحار، وحيثما تتواجد الأحياء البحرية، حيث يمكن لها أن تتسبب بالضرر (Barnes and others, 2009).

ويقدم هذا الفرع وصفا متيناً للتغيرات في حالة القمامة البحرية، بما في ذلك السمات الرئيسية الخاصة بالمناطق، ويصف عواقب هذه التغيرات على المجتمعات البشرية والاقتصادات والرفاه.

1-2 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

لم يتضمن التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a) سوى فهم محدود لمصادر القمامة البحرية ومصيرها ونقلها وتدهورها وآثارها. ولم يُنظر في الآثار الاقتصادية وتدابير الحد من القمامة البحرية بتعمق، بسبب نقص المعلومات والمعارف المتعلقة بها، بما في ذلك نطاقها المكاني والزماني. ولم يُدرج في هذا الصدد النظر في المناطق النائية أو الشديدة العمق، والمصادر والتدفقات المحددة لأنواع معينة من القمامة البحرية (مثل مدخلات الملوثات في الأنهار، والمياه المستعملة، والمدخلات الجوية، والجزيئات البلاستيكية، وما إلى ذلك)، ولم تناقش الآثار الناجمة عنها. غير أن المناقشات بدأت تتخذ منحىً جدياً في الآونة الأخيرة، نتيجة لزيادة أعداد المسوح والدراسات المستفيضة التي تسلط الضوء على تأثير القمامة البحرية على ما يزيد على 400 1 نوع، على سبيل المثال، بحلول عام 2019 (Claro and others, 2019).

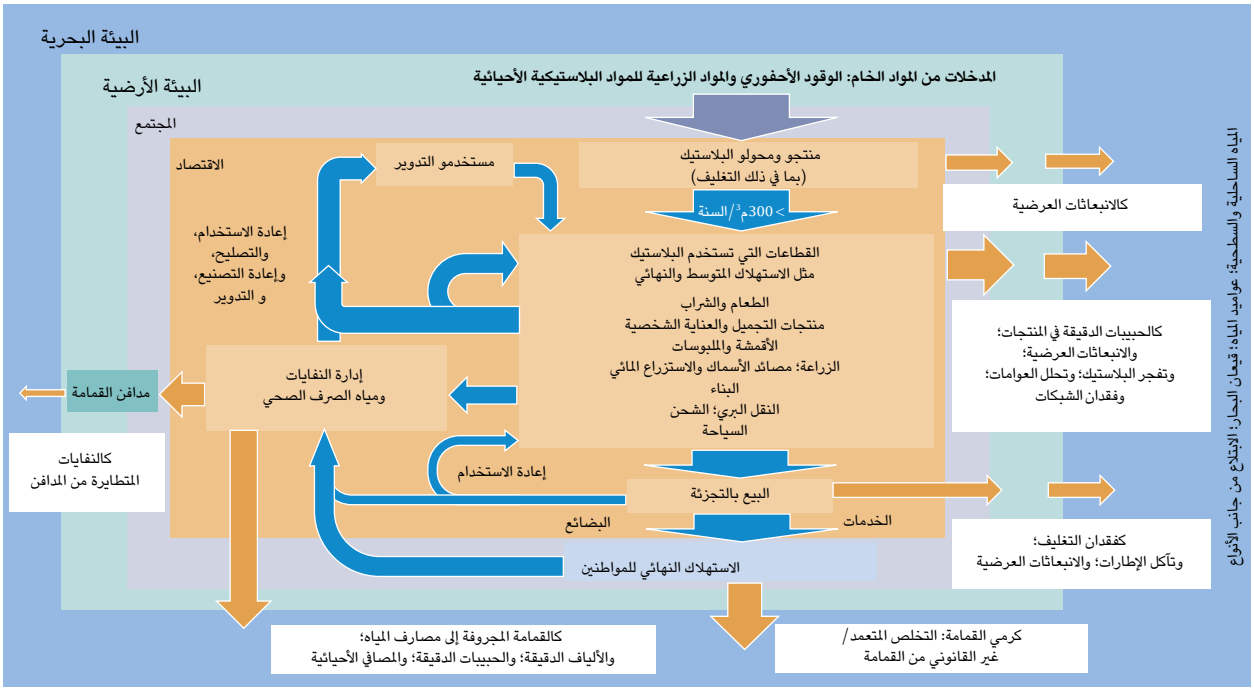
وبالمثل، لم يكن هناك نقاش يذكر بشأن الجزيئات البلاستيكية، وهي جزيئات بوليمرية يقل حجمها عن 5 مليمتر (الحد الأعلى) ويزيد عن 1 ميكرون، حسب تعريف فريق الخبراء المشترك المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية (GESAMP, 2019)، وذلك فيما يتعلق فقط بالجزيئات البلاستيكية الأولية، المصنعة لتكون جزيئات بلاستيكية، وحقيقة أن قطع البلاستيك كبيرة تتفكك لتصبح قطعاً أصغر حجماً (جزيئات بلاستيكية ثانوية).

1-3 - وصف التغيرات البيئية بين عامي 2010 و 2020

توجد القمامة البحرية في جميع الموائل البحرية، من المناطق المكتظة إلى المناطق النائية (Barnes and others, 2009)، ومن الشواطئ والمياه الضحلة إلى الأغوار البحرية العميقة (Pierdomenico and others, 2019). ويأتي معظمها من مصادر برية (GESAMP, 2016; 2019)، ومياه الصرف الصحي، وفيض المجاري المجمعة، والاستخدامات الترفيهية البرية، والتخلص من النفايات الصلبة، وعمليات التصريف والإغراق بطرق غير مناسبة أو غير قانونية، وسوء إدارة مقالب النفايات ومياه الجريان (انظر الشكل الأول). ويُقدر أن أكثر من مليون طن من النفايات البلاستيكية تدخل المحيط كل عام من الأنهار، حيث يمثل أكبر 20 نهراً ملوثاً، معظمها في آسيا، نسبة مئوية كبيرة من المجموع العالمي (Lebreton and others, 2017; Van Emmerick and others, 2018; Schmidt and others, 2017). كما يدخل التلوث البلاستيكي إلى البيئة البحرية بسبب أوجه القصور في البنى التحتية لإدارة النفايات والتي من المحتمل أن تصل فيها الجزيئات البلاستيكية الآتية من محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى 10 ملايين جسيم/م^3 (Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA), 2019). وقد تصل المدخلات الناجمة عن الأحداث القصوى والكوارث الطبيعية مثل الأعاصير والفيضانات والزلازل والأمواج السنامية، إلى جانب الحوادث، إلى ملايين الأطنان كل عام، وهي تضاهي حجم المدخلات المنتظمة من البر (Murray and others, 2018).

الشكل الأول

المواد البلاستيكية: الإنتاج، والاستخدام حسب القطاع، والاستخدام النهائي من قبل المواطنين، والتدفقات التي تعود إلى الاقتصاد أو البيئة



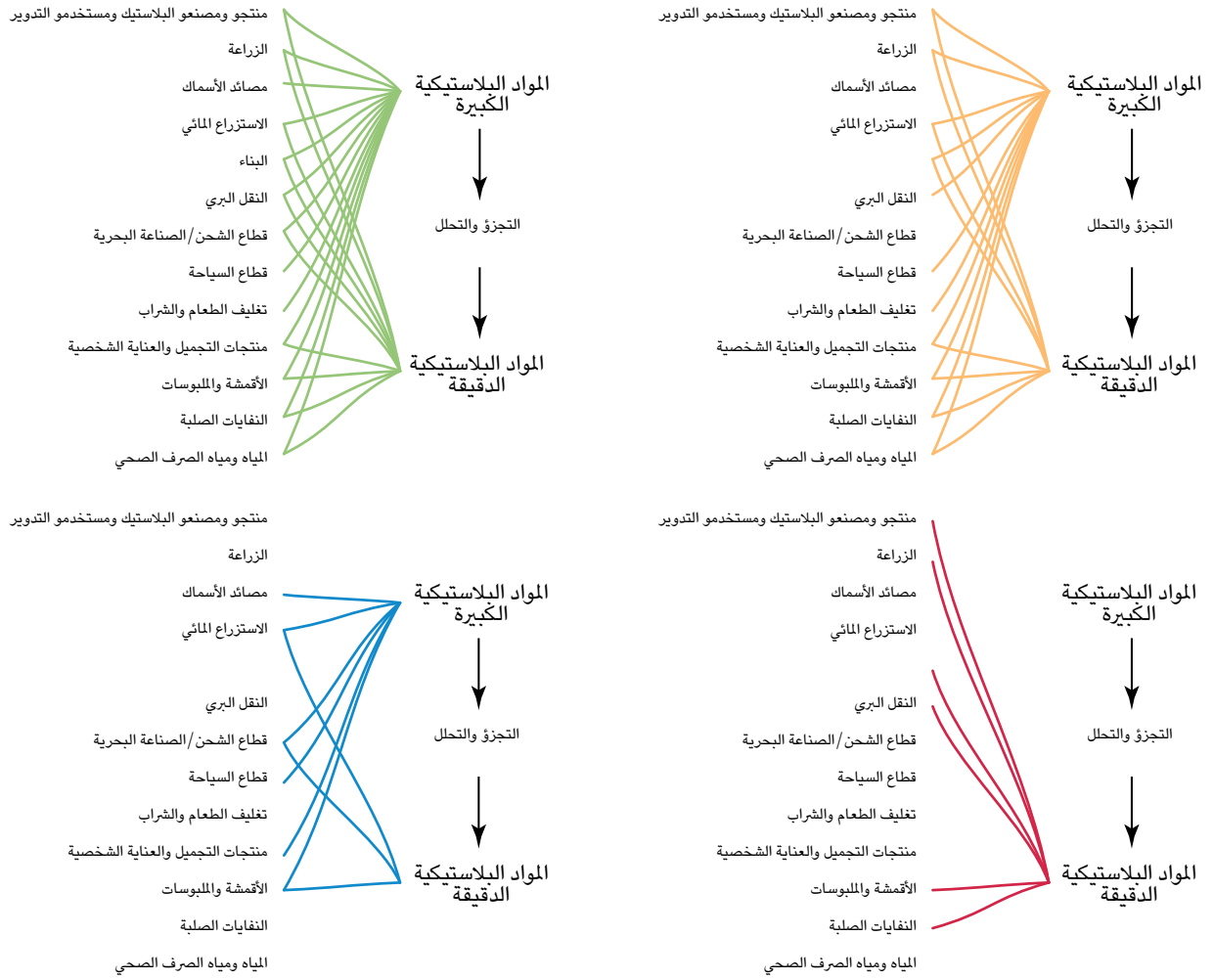
المصدر: United Nations Environment Programme (2017).

المنتجات البلاستيكية أحادية الاستخدام هي بمثابة المساهم الأكبر في القمامة البحرية (Addamo and others, 2017). ويُقدر أنه يتم استخدام ما يتراوح بين تريليون و 5 تريليونات كيس بلاستيكي سنوياً في جميع أنحاء العالم (United Nations Environment Programme (UNEP), 2018). ويمكن أن تعزى المصادر المتبقية للقمامة البحرية إلى النقل البحري والاستكشاف الصناعي ومنصات النفط البحرية وصيد الأسماك والاستزراع المائي (GESAMP, 2016; 2019)، فضلا عن فقدان الحاويات وأوزان الصابورة والبضائع على سبيل المثال، والتخلص منها عمداً. وفي مناطق الصيد الشائعة الاستخدام، تتألف القمامة البحرية الكبيرة برمتها من معدات الصيد المتروكة أو المفقودة أو المهملة (Pham and others, 2014). وكمية تلك القمامة غير معروفة بشكل جيد، على الرغم من أن بعض التقديرات متاحة (على سبيل المثال 640 000 طن في السنة، وفقاً لما ذكره Macfadyen and others, 2009)، ويتصل حوالي 70 في المائة (حسب الوزن) من المواد البلاستيكية الكبيرة العائمة في عرض المحيط بصيد الأسماك (Eriksen and others, 2014). ويُقدر أيضا أن 5,7 في المائة من جميع شباك الصيد، و 8,6 في المائة من جميع الشراك، و 29 في المائة من جميع الخيوط تضيع في جميع أنحاء العالم كل عام (Richardson and others, 2019).

وتدخل الجزيئات البلاستيكية الدقيقة، مثل الحبيبات الدقيقة أو الحبيبات الصناعية، إلى البيئة البحرية مباشرة، في حين أن الجزيئات البلاستيكية الثانوية تنجم عن تجوية وكشط وتفتت المنتجات البلاستيكية أحادية الاستخدام (مثل أدوات المائدة، والصواني، والقش، وأعقاب السجائر، والأغطية، والقوارير البلاستيكية، وأكياس التسوق، وما إلى ذلك)، والمنسوجات الصناعية والملابس، والطلاء والدهانات، والإطارات (انظر الشكل الثاني). وتشير الدراسات الحديثة إلى أن نقل وترسب الجزيئات البلاستيكية في الغلاف الجوي قد يمثل أيضاً مساراً هاماً (Rochman, 2018).

الشكل الثاني

مصادر البلاستيك التي تدخل عبر الأنهار (الأخضر)، والسواحل (البرتقالي) والمدخلات المباشرة (الأزرق)، ومن خلال الغلاف الجوي (الأحمر) إلى البيئة البحرية



المصدر: مقتبس بتصرف من GESAMP (2016).

وتشمل الآثار الأكثر شيوعاً للقمامة البحرية على الحياة البحرية التشبك وابتلاع القمامة البحرية البلاستيكية (GESAMP, 2016; 2019). ويمثل التشبك تهديداً أساسياً للحيوانات البحرية الأكبر حجماً، مثل المفترِسات العليا. والابتلاع شائع لدى مجموعة أوسع من الكائنات البحرية، بما في ذلك الثدييات البحرية والسلاحف والطيور البحرية والأسماك وأنواع اللافقاريات، حيث تتواجد المواد البلاستيكية بأحجام مختلفة. وتشمل الآثار الأخرى للقمامة البحرية البلاستيكية التغيرات في المجتمعات البحرية، حيث تتحول الهياكل إلى موائل جديدة (Reisser and others, 2014)، عبر عدة مستويات من التنظيم البيولوجي (Rochman and others, 2018)، أو عن طريق غزو البيئة البحرية من قبل الأنواع غير الأصلية، وتكاثر الطحالب الضارة ومسببات الأمراض، وتشتتها على الحطام العائم البشري المنشأ (Carlton and others, 2017; Viršek and others, 2017). ونتيجة لذلك، يمكن أن تزيد القمامة البحرية البلاستيكية من التبادل الجيني للبكتيريا

وانتشار مقاومة المضادات الحيوية (Arias- Andrés and others, 2018).

كما تخنق القمامة البحرية البلاستيكية الكائنات القاعية وتضر بها. ولا يقتصر مستوى التأثير المحتمل على الكائنات الحية فحسب، بل يشمل أيضا المجموعات المقيمة والنظام الإيكولوجي (Rochman and others, 2016). كما أكد المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات المعني بالتنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية التأثير السلبي للمواد البلاستيكية على التنوع البيولوجي، واحتمال حدوث اختلالات واضطرابات في تنوع النظم الإيكولوجية (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019). وبعد التسونامي الذي حدث عام 2011 في اليابان، انجرف 289 نوعًا من الكائنات الحيوانية العيانية والكائنات النباتيةُ العيانية إلى أمريكا الشمالية خلال ست سنوات فقط (Carlton and others, 2017)، وهو أمر نادر الحدوث، ويحمل عواقب محتملة على المدى الطويل (Murray and others, 2018).

وإلى جانب كون المواد والجزيئات البلاستيكية ملوثات فيزيائية، فهي غالباً ما تحتوي على إضافات كيميائية، مثل الفثالات ومثبطات اللهب المبرومَة (انظر الفصل 11) وتلتقط ملوثات أخرى. وتبين الدراسات المخبرية أنه يمكن للجزيئات البلاستيكية أن تضر بالكائنات العضوية والأنواع المقيمة بتركيزات أعلى من تلك الموجودة في الطبيعة. ومع ذلك، تشير أفضل الأدلة المتاحة إلى أن الجزيئات البلاستيكية لا تشكل حتى الآن خطراً إيكولوجياً واسع النطاق (مقارنةً بالمخاطر التي تشكلها على فرادى الكائنات الحية)، باستثناء في بعض المياه الساحلية والرواسب (SAPEA, 2019).

والصحة البشرية شاغل رئيسي، على الرغم من المعرفة المحدودة للتأثيرات من قبيل الإصابات والحوادث أو من خلال إمكانية التلوث بعد الإطلاق المحتمل للمواد الكيميائية (SAPEA, 2019) أو بسبب وجود جزيئات بلاستيكية في المأكولات البحرية، وهناك القليل من الدراسات المناسبة المتعلقة بتقييم المخاطر. وقد تدفع تلك الشواغل الناس إلى تغيير سلوكهم (مثل العادات السياحية أو الحد من استهلاك الأغذية البحرية).

ومنذ التقييم العالمي الأول، أتيح المزيد من البيانات، ونتيجة لذلك، فإن دراسات النمذجة وتقييم المدخلات النهرية والتكنولوجيات الجديدة مثل أجهزة الاستشعار الآلية، بما في ذلك أجهزة الاستشعار الهوائية والسواتل، والنهج الجديدة للنظام الإيكولوجي مثل تقييم المخاطر للأنواع البحرية والمجتمعات السمكية (Everaert and others, 2018)، تحسن فهم الكيفية التي يمكن بها للقمامة البحرية والمواد البلاستيكية، والجزيئات البلاستيكية، خصوصا المواد البلاستيكية النانوية، أن تسبب ضررا.

ومن أجل تحسين دعم عمليات التقييم والرصد، قد تدعم النُهج التقنية الجديدة، باستخدام أدوات مثل الطائرات الصغيرة الموجهة عن بعد أو الأنظمة عن بعد وأجهزة الاستشعار الآلية (Maximenko and others, 2019)، والمؤشرات الجديدة، تنفيذ الرصد المنسق لاتجاهات القمامة البحرية، وتحسين كفاءة النهج والتدابير العالمية (GESAMP, 2019). وتكنولوجيا الاستشعار عن بعد هي النهج الوحيد الذي يمكن استخدامه لرصد المناطق الساحلية الكبيرة أو البحرية المفتوحة في عدة عمليات استبانة مكانية، وهي تساعد بالتالي على تلبية متطلبات المؤشر 14-1-1 من أهداف التنمية المستدامة[1]. وتنظر وكالات الفضاء في كل من طرق الاستشعار البصري والاستشعار عن بعد من أجل اختبارها وإمكانية تطبيقها في الرصد المنتظم (Topouzelis and others, 2019; Martínez-Vicente and others, 2019). ومن حيث فهم آثار المواد البلاستيكية على الحياة البرية والبيئة، فإن تقييم المخاطر هو أيضاً أداة واعدة، من خلال المساعدة في وضع نموذج للتفاعل بين الأنواع الحيوانية والبلاستيك. ويتزايد توسع نطاق استخدام ذلك النهج، وإن كان ثمة حاجة إلى القيام بالمزيد بشأن تحديد كمية أثر تفاعل المواد البلاستيكية المبتلعة، لا سيما من حيث الفتك وشبه الفتك (مثل التغييرات في التغذية والتكاثر والنمو)

[1] انظر قراري الجمعية العامة 70/1 و 71/313، المرفق.

Schuyler and others, 2016; Wilcox and) .(others, 2018

1-4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

وضع العديد من برامج البحار الإقليمية استراتيجيات أو خططا مواضيعية للقمامة البحرية. وقد أنشئ الفريق العامل المعني بمؤشرات البحار الإقليمية بموجب اتفاقيات وبروتوكولات وخطط عمل البحار الإقليمية الصادرة عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة، وقد وضع مجموعة أساسية من 22 مؤشراً من مؤشرات البحار الإقليمية بشأن القمامة البحرية. والعمل جار لوضع منهجيات مشتركة للمؤشرات، بالاستناد إلى برامج الرصد في كل منطقة (GESAMP, 2019). وقد قامت بعض الصكوك أو الهيئات المعنية باتفاقيات البحار الإقليمية (مثل هيئة التنسيق المعنية بالبحار في شرق آسيا، واتفاقية منع التلوث البحري الناجم عن الإغراق من السفن والطائرات، واتفاقية منع التلوث البحري من مصادر برية، وخطة العمل الخاصة بحماية البيئة البحرية والتنمية المستدامة للمناطق الساحلية للبحر الأبيض المتوسط) بتحديث خطط العمل، أو النظر في تحديثها، لتشمل مرافق استقبال الموانئ من أجل تحسين إدارة المسائل الإدارية والقانونية، وإنفاذ ومراقبة ورصد النظم والهياكل الأساسية والبدائل اللازمة لجمع ومعالجة النفايات التي تولدها السفن. ويقدم الجدول 1 لمحة عامة عن حالة المعارف في مختلف أحواض المحيطات في العالم.

1-5 - الاتجاهات

لا يزال من الصعب فهم العوامل المرتبطة بالتغيرات في كميات القمامة البحرية وتأثيرها وحجم هذه التغيرات بسبب عدم توحيد طرائق جمعها وتحليلها. وبالتالي فإنه من الصعب مقارنة الأعداد أو المستويات بدقة في مواقع مختلفة ومع مرور الوقت. وعلاوة على ذلك، غالباً ما تتناول التقارير عنصراً محدداً من عناصر البيئة البحرية، مثل أنواع القمامة وآثارها، دون إيلاء اهتمام للتغيرات البيئية الطبيعية (GESAMP, 2019)، مما يضعف الفهم الكامل لحالة كثافات القمامة البحرية وتغيراتها وآثارها.

ويوجز الجدول 2 المعلومات المتاحة عن الشواطئ وقيعان البحار والقمامة البحرية العائمة والمبتلعة في جميع أنحاء العالم. ويمكن الحصول على معلومات إضافية من البوابة الإلكترونية الخاصة بالقمامة البحرية[2]. وفي حين أن عدة دراسات للنمذجة تتنبأ باتجاهات متزايدة (Kako and others, 2104; Everaert and others, 2018; Lebreton and others, 2018)، فيمكن موازنتها من خلال تدابير الحد. ولم تُظهر معظم الأعمال المستندة إلى المسوح المنتظمة أي اتجاه، بخلاف حالات محددة مثل الجزر النائية في القطب الجنوبي (Barnes and others, 2009)، والبلاستيك الذي يبتلعه طائر النوء في جنوب المحيط الأطلسي (Petry and Benemann, 2017)، أو ميزات محددة مثل التيارات المتقاربة فوق الدائرة القطبية الشمالية (Tekman and others, 2017). ويمكن تفسير الزيادة في المناطق النائية على أنها انتقال طويل الأجل من المناطق المتضررة إلى المناطق التي يكون فيها النشاط البشري إما محدوداً للغاية أو منعدماً. وقد تجلت اتجاهات التناقص في حالات معينة، مثل ابتلاع القمامة، وخصوصا فيما يتعلق بالحبيبات الصناعية. كما اقترح (Brandon and others, 2019 و Wilcox and others, 2019) زيادة في الجزيئات البلاستيكية المترسبة في كاليفورنيا والجزيئات البلاستيكية العائمة في شمال المحيط الأطلسي، فيما يتعلق بإنتاج البلاستيك في جميع أنحاء العالم. ويتمثل التحدي الآن في فهم أفضل لكيفية تدوير البلاستيك عبر النظم الإيكولوجية البحرية، وأين يذهب وكيف يتحلل.

[2] انظر https://litterbase.awi.de/litter.

الجدول 1

لمحة عامة عن حالة المعارف المتعلقة بالقمامة البحرية في مختلف أحواض المحيط العالمي

الحوض	المصادر/التوزيع	الأهمية	الدوران	الآثار
المحيط المتجمد الشمالي	البلاستيك والجزيئات البلاستيكية في الجليد البحري، والمياه السطحية والعميقة، ورواسب البحار العميقة والكائنات الحية (Kanhai and others, 2018; Peeken and others, 2018).	هناك كميات قليلة من الحطام البحري؛ حجم الجزيئات البلاستيكية أعلى بعدة مرات في الجليد البحري (Cózar and others, 2017; Barrows and others, 2018). هناك معدل انتشار عالٍ لمعدات الصيد الشبحية وأثرها في مناطق صيد الأسماك.	ينتقل الحطام إلى الشمال عبر الفرع السطحي للدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي.	هناك تركيزات منخفضة الجزيئات البلاستيكية في سمك القد القطبي (Boreogadus saida)، والأسقلبين الواسع العينين ((Triglops nybelini (Kühn and others, 2018; Morgana and others, 2018) وفي 11 نوعا من اللافقاريات القاعية (Fang and others, 2018). ويتراكم البلاستيك من جانب سمك قرش غرينلاند (Somniosus microcephalus) (Leclerc and others, 2012; Nielsen and others, 2014).
شمال المحيط الأطلسي وبحر البلطيق	وجدت القمامة والجسيمات الدقيقة في جميع مكونات البيئة البحرية؛ وهناك بيانات رصد منذ عام 1988 في شمال شرق المحيط الأطلسي (Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 2017) ومنذ عام 2005 على طول ساحل الولايات المتحدة الأمريكية.	تنتشر القمامة على الشواطئ في المنطقة البحرية الخاضعة لاتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي[1] في حدود مئات القطع في كل 100 متر (الحد الأقصى: 090 6). وتنتشر القمامة على نطاق واسع في قاع البحر (Maes and others, 2018)؛ ومعدات الصيد المهجورة والمفقودة هي أهم أنواع القمامة في بحر البلطيق.	تنتقل النفايات السطحية من المناطق المأهولة في شمال شرق المحيط الأطلسي إلى القطب الشمالي. وتنتقل القمامة من جنوب شرق المحيط الأطلسي عبر التيار الاستوائي إلى غرب المحيط الأطلسي ومن شمال غرب المحيط الأطلسي إلى منطقة الدوامة المحيطية في شمال المحيط الأطلسي (Van Sebille and others, 2015).	هناك العديد من الأنواع التي ابتلعت القمامة أو الجزيئات البلاستيكية؛ وجود قطع بلاستيك في معدة 94 في المائة من الطيور في بحر الشمال. ويعد التشبك (الذي يؤثر، مثلا، على الفقم والسلاحف البحرية والطيور واللافقاريات) نمطا شائعا في شمال المحيط الأطلسي.
البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود	تتراوح كمية النفايات الصلبة البلدية بين 208 و760 كغم للفرد الواحد في السنة؛ وهناك 250 بليون من الجسيمات طافية على السطح (Collignon and others, 2012)؛ وأعلى تركيز في جميع أنحاء العالم للجزيئات البلاستيكية العائمة (64 مليون قطعة/كلم^2، (Van der Hall and others, 2017) والقمامة في قاع البحر (1,3 مليون قطعة/كم^2 (Pierdomenico and others, 2019)؛ وتتضرر شواطئ البحر الأسود وقاع البحر إلى حد كبير من معدات الصيد المتروكة أو المفقودة.	البحر الأبيض المتوسط هو أحد من أكثر المناطق تضررا في جميع أنحاء العالم (Ioakeimidis and others, 2017)؛ وتمثل خمسة أنواع من المنتجات البلاستيكية أحادية الاستخدام (أدوات المائدة/الصواني/القش، أعقاب السجائر، الأغطية، الزجاجات البلاستيكية وأكياس التسوق) ما يزيد على 60 في المائة من جميع أنواع القمامة البحرية.	البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود هما حوضان مغلقان، تصب فيهما أنهار كبيرة هامة (النيل، بو، الدانوب) (Lechner and others, 2014; Lebreton and others, 2017)؛ وهما وجهتان سياحيتان ترتفع فيهما حركة الملاحة البحرية.	يرد وصف لجميع أنواع الآثار في البحر الأبيض المتوسط، بما في ذلك الابتلاع من قبل العديد من الأنواع، والتشبك، وإطلاق المواد الكيميائية، وانجراف أنواع مختلفة.

الحوض	المصادر/التوزيع	الأهمية	الدوران	الآثار
جنوب المحيط الأطلسي	تنجم جميع أنواع القمامة في جنوب المحيط الأطلسي من المناطق المكتظة والأنهار الكبيرة؛ وتقتصر المواد البلاستيكية البحرية على المحيط الأطلسي المداري (Eriksen and others, 2014)؛ وهناك شظايا بلاستيكية صلبة وأغشية بلاستيكية ورقاقات طلاء وألياف وخيوط في جميع الجزر (Ivar do Sul and others, 2014)؛ وهناك قمامة عالية الكثافة في قاع البحر العميق في الجنوب الشرقي (Woodall and others, 2015)، وتسودها الأصناف أحادية الاستخدام والجزيئات البلاستيكية.	توجد القمامة بتركيزات عالية جداً محلياً، ولكن الحوض ليس هو المنطقة الأكثر تضرراً. وترتفع كثافة المواد البلاستيكية الكبيرة في جزر البحر الكاريبي مقارنة بالجزر الأخرى في حوض المحيط الأطلسي؛ والمصادر تتصل اتصالاً مباشراً بقدر أكبر بالمهن البشرية منها بمصائد الأسماك (Ivar do Sul and others, 2014).	يعد النقل إلى الجزر النائية دافعاً هاماً، إلى جانب مخطط الدوران العام، المرتبط بتيارات الدوران الأرضي ووجود دوامات محيطية جنوب المحيط الأطلسي (Monteiro and others, 2018).	على الرغم من عدم وجود بيانات من الجزء الشرقي، يرد وصف جميع أنواع التأثيرات المبينة في جنوب المحيط الأطلسي، بما في ذلك الابتلاع من قبل العديد من الأنواع، والتشبك، وإطلاق المواد الكيميائية، وانجراف أنواع مختلفة.
المحيط الهندي	تعد جنوب شرق آسيا والهند من المصادر الرئيسية للقمامة البحرية (Jambeck and others, 2015; Lebreton and others, 2017). والبيانات المتاحة حديثة جداً أو من جنوب أفريقيا والهند.	عدد الجسيمات السطحية في المحيط الهندي ووزنها من البلاستيك، والتي يوجد جزء كبير منها في خليج البنغال والجزء الأوسط من الحوض، أكبر منها في جنوب المحيط الأطلسي وجنوب المحيط الهادئ مجتمعَين (Eriksen and others, 2014)؛ وترتفع كثافة القمامة في قاع البحار العميقة بعيداً عن السواحل (Woodall and others, 2015)، وتسودها معدات الصيد، ولكنها مشتتة التوزيع في الجزء الجنوبي الشرقي (Woodall and others, 2014)؛ كما يوجد البلاستيك والجزيئات البلاستيكية في البحار المجاورة للمحيط الهندي، بما في ذلك البحر الأحمر (Arossa and others, 2019)؛ وتنخفض كثافة البولي إيثيلين والبوليبروبلين في مياه البحر والرواسب في الخليج الفارسي (Abayomi and others, 2017).	تنتقل القمامة البحرية المغرقة أينما كانت، بسبب طبيعة التيارات، إلى الدوامات المحيطية في جنوب المحيط الهندي (Van Sebille and others, 2015)، وكذلك إلى الجزء الغربي عن طريق الدوران المتبقي (Veerasingam and others 2016)، وتصل من ثم إلى الجزر النائية وغير المأهولة؛ وتشتد كثافة الملاحة غرب المحيط الهندي وبحر العرب من قبل سفن الشحن التجارية وسفن الصيد وانتشار معدات الصيد المفقودة وإغراق القمامة (Woodall and others, 2015).	البيانات محدودة؛ وتشمل الآثار المبينة الابتلاع من جانب العديد من الأنواع (مثل الأسماك، واللافقاريات، والسلاحف البحرية)، والتشبك (السلاحف البحرية والطيور)، وإطلاق المواد الكيميائية، وانجراف مختلف الأنواع.
شمال المحيط الهادئ	إلى جانب البحر الأبيض المتوسط، فإن شمال غرب المحيط الهادئ هو أكثر المناطق تضرراً (Chiba and others, 2018)؛ شواطئ البحار القارية في المحيط الهادئ وشرق آسيا محاطة ببلدان ذات توسع اقتصادي سريع؛ ومدخلات عالية من بلدان مثل الصين وإندونيسيا والفلبين وفيتنام (United Nations Environment Programme and GRID-Arendal, 2016).	تتأثر منطقة شمال المحيط الهادئ بشكل غير متناسب بالبلاستيك (Eriksen and others, 2014) المتأتي من مصادر برية وغالباً مصادر بحرية في الجزر المرتفعة الكثافة السكانية (Filho and others, 2019). وتمثل معدات الصيد المتروكة أو المفقودة أو المهملة 46 في المائة من كتلة القمامة التي يزيد حجمها عن 5 سم، والتي تشكل ثلث الكتلة الإجمالية للقمامة العائمة (Lebreton and others, 2018). وتصل كثافة القمامة البحرية إلى ملايين القطع/كلم^2 (Eriksen and others, 2014; van Sebille and others, 2015)، وتسودها المواد البلاستيكية: 90 في المائة من القطع الصغيرة.	إلى جانب مخطط الدوران العام، المرتبط بتيارات الدوران الأرضي ووجود الدوامات المحيطية شمال الأطلسي، فإن الكوارث الطبيعية مثل تسونامي أو الزلازل تعمل كمحركات لتوليد القمامة.	تُكتشف جميع أنواع التأثيرات، بما في ذلك التشبك والابتلاع من قبل الكائنات البحرية بما في ذلك الطيور والسلاحف البحرية والثدييات، في أعمق اللافقاريات في خندق ماريانا (Jamieson and others, 2019). وفي بعض المناطق، وبسبب مصائد الأسماك (ألاسكا) أو انجراف القمامة (هاواي)، يؤثر التشبك بشكل خطير على النظم الإيكولوجية البحرية، مثل الشعاب والغابات المرجانية أو الحيوانية، أو الفئات غير المستهدفة، مثل زعنفيات الأقدام (Claro and others, 2019).
جنوب المحيط الهادئ	مقارنةً بأحواض المحيطات الأخرى، هناك القليل نسبياً من المعلومات الجديدة عن بيانات تركيزات البلاستيك، وهي معلومات مأخوذة أساساً من أستراليا وشيلي.	توجد أعلى تركيزات القمامة على الشواطئ (347,3 ± 239,4 قطعة/م^2، بحد أقصى يبلغ 671,6 قطعة لكل م^2) في جزيرة هندرسون (Lavers and Bond, 2017)؛ وفي Isla Salas y Gómez، على مقربة من وسط منطقة الدوامة المائية شبه المدارية في جنوب المحيط الهادئ، تقل مستويات القمامة بكثير (<1 قطعة/كم^2) (Miranda-Urbina and others, 2015)؛ يوجد أعلى عدد مسجل من البلاستيك العائم في الدوامة المائية شبه المدارية في جنوب المحيط الهادئ - أكثر من 000 390 قطعة/كلم^2 (بحد أقصى 000 50 قطعة/كلم^2) (Miranda-Urbina and others, 2015; Eriksen and others, 2018).	تشير مختلف النماذج الأوقيانوغرافية ومجموعات البيانات التجريبية إلى أن أعداد القمامة البحرية وتركيزاتها في الدوامة المائية شبه المدارية في جنوب المحيط الهادئ أقل من الدوامات المائية شبه المدارية الأخرى في نصف الكرة الشمالي (Van Sebille and others, 2015). وعلى الصعيد المحلي، قد تؤدي الأنهار أيضًا دوراً مهماً في توزيع القمامة البحرية (Gaibor and others, 2020).	هناك ما مجموعه 97 نوعا مختلفا من الحيوانات، بما في ذلك السلاحف والأسماك والطيور البحرية والثدييات ومرجان الفطر، إما مُبتلَعة أو متشبكة بالبلاستيك (Thiel and others, 2018; Markic and others, 2018). وهناك أدلة على الابتلاع في المناطق الأقرب إلى الدوامات المحيطية شبه المدارية (Thiel and others, 2018)؛ وتُبتلع الجزيئات البلاستيكية في مزدوجات الأرجل الشديدة العمق (Jamieson and others, 2019).

الحوض	المصادر/التوزيع	الأهمية	الدوران	الآثار
المحيط الجنوبي	توجد في المحيط الجنوبي الكثافة الأدنى للقمامة البلاستيكية في العالم، بسبب النشاط البشري الضيق النطاق؛ وتوجد القمامة البحرية على نطاق محلي جدا؛ وتبلغ المدخلات المحتملة من حوالي 44-500 كغم من الجزيئات البلاستيكية في العقد (Waller and others, 2017)؛ وتتولّد الجزيئات البلاستيكية عن تحلل قطع البلاستيك الكبيرة أو تنقل عبر حدود المنطقة القطبية (الجبهة القطبية).	توجد الجزيئات البلاستيكية في ترسبات منطقة الجزر الآتية من جزيرة مجاورة لأنتاركتيكا (Barnes and others, 2009) وفي ترسبات أعماق البحار في بحر ويديل (Van Cauwenberghe and others, 2013)، وفي المياه السطحية لقطاع المحيط الهادئ (Waller and others 2017; Isobe and others, 2015; 2017) وفي الترسبات الضحلة والطحالب الكبيرة في مواقع في جزيرة الملك جورج بالقرب من محطات البحث العلمي (Waller and others 2017)؛ وتوجد تركيزات تتراوح بين 0,100 و 0,514 غرام/كم^2 في الجبهة القطبية الجنوبية، وتتراوح بين 000 46 و000 99 جسيم/كم^2 جنوب خط العرض 60 درجة جنوباً، مع ارتفاع التركيزات في المناطق الساحلية لبحر روس (Cincinelli and others, 2017; Cózar and others, 2014; Isobe and others, 2017)؛ وهناك مواد بلاستيكية في الترسبات الآتية من خليج تيرا نوفا، يبلغ إجماليها 661 1 قطعة (3,14 غ) تحوي أليافاً أكثر شيوعاً (Munari and others, 2017)؛ وفي شباك الجر السطحية في شبه جزيرة أنتاركتيكا، هناك قمامة تقدر بـ 794 1 قطعة/كم^2، أي بمتوسط وزن قدره 27,8 غ/كم^2، غير ناشئة عن خطوط عرض أدنى من 58 درجة جنوبا؛ تتوافر شظايا الطلاء بمعدل يزيد بـ 30 مرة عن الجزيئات البلاستيكية (Lacerda and others, 2019).	يشيع انتقال القمامة من المياه الشمالية إلى القارة المتجمدة الجنوبية.	كانت هناك مخلفات المواد البلاستيكية الكبيرة ومخلفات الصيد على الشواطئ وفي مستعمرات الطيور البحرية في محطة أبحاث جزيرة الطيور منذ فصل الصيف الجنوبي 1993/1992 (Barnes and others, 2009)؛ ويبتلع الجسيمات البلاستيكية 12 نوعًا من الطيور البحرية، وغالبيتها من جانب طيور القطرس الهائمة والقطرس الرمادية الرأس ومؤخراً في طيور البطريق (Bessa and others, 2019)؛ وكانت هناك حالات التقاء للثدييات البحرية بالقمامة البحرية – وبشكل أساسي تشبك فقمة الفراء في أنتاركتيكا بشرائط التغليف البلاستيكية والخيوط الاصطناعية وشباك الصيد؛ وقد انخفض عدد الحوادث بقدر كبير منذ سن تشريعات في أواخر الثمانينات تحظر إلقاء المواد البلاستيكية في البحر، وإدخال تحسينات على عملية التخلص من شرائط التغليف (Barnes and others, 2009).

(أ) United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No. 42279.

الجدول 2

اتجاهات القمامة البحرية في مختلف مواقع ومكونات البيئة البحرية (تجميع البيانات من التقارير والمؤلفات العلمية)

المكان	المواقع/الأنواع	الفترة (المدة)	الطرائق	الاتجاهات	الملاحظات	المرجع
شرق غرينلاند	جزيئات بلاستيكية مبتلعة (طيور الأوك الصغيرة، Alle alle)	2005 و 2014	مجمعة من الطيور الحية في أعشاش	لا يوجد اتجاه زمني واضح		Amélineau and others, 2016
شرق غرينلاند	جزيئات بلاستيكية تحت السطح	2005 و 2014	شبكة WP-2، جر عمودي 50- م إلى السطح	زيادة كبيرة		Amélineau and others, 2016
شمال المحيط الأطلسي/الدائرة القطبية الشمالية، مضيق فرام	قاع البحر العميق، محطتان في 2 500 م، 79–79°35' شمالاً	2014-2002	كاميرا مقطورة	زيادة واضحة في كثافة القمامة ووفرة المواد البلاستيكية الصغيرة الحجم	إمكانية الانتشار من أوروبا إلى حوض شمال الأطلسي والقطب الشمالي	Tekman and others, 2017

المكان	المواقع/الأنواع	الفترة (المدة)	الطرائق	الاتجاهات	الملاحظات	المرجع
شمال شرق المحيط الأطلسي	78 شاطئا	2001–2011	اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي؛ بروتوكول التوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية	لا توجد اتجاهات واسعة النطاق	الديناميات المائية؛ العوامل المتصلة بالمناخ بالنسبة للتغيرات المحلية القصيرة الأجل	Schulz and others, 2013
شمال شرق المحيط الأطلسي (Rockall Trough)	ابتلاع جزيئات بلاستيكية في اللافقاريات القاعية في أعماق البحار (>000 2 متر)	1976–2015	زلاجات قاعية فوقية شباك جر من نوع Agassiz	لا توجد اتجاهات للوفرة الإجمالية أو أنواع البوليمرات	نوعان	Courtene-Jones and others, 2019
شمال المحيط الأطلسي	عائمة/تحت السطح الأرض	1957–2016	قمامة عالقة في نظام التسجيل المقطور المستمر للعوالق، 725 16 عملية جر	زيادة منذ عام 1957؛ لا اتجاهات منذ عام 2000؛ ولا تغيير في مياه القطب الشمالي	6,5 ملايين ميل بحري	Ostle and others, 2019
بحر الشمال، مياه المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية	قاع البحر، 17–150 محطة/سنة	1992–2017	نظام تصنيف التوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية	لم يتم كشف أي اتجاه	الوحدة: وجود البلاستيك	Maes and others, 2018
بحر الشمال/هولندا	الطيور (فولمار، 973 عينة عالقة)	1979–2012	بروتوكول اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال المحيط الأطلسي الدوري (الكتلة والعدد)	زيادة حتى منتصف تسعينات القرن العشرين؛ مستقرة في العقد الماضي؛ انخفاض كبير في الحبيبات		Van Franeker and Lavender Law, 2015
مياه أيرلندا	الحوتيات (العالقة والمصيدة عرضاً)	1990–2015	محتوى المعدة	لا يوجد اتجاه لابتلاع القمامة والتشبك		Lusher, 2015
بحر البلطيق	2 377 عملية جر؛ 53 رحلة بحرية	2012–2017	التوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية؛ المسوح الدولية للجرافات في بحر البلطيق	زيادة في المواد البلاستيكية في السنتين الأخيرتين؛ لا يوجد اتجاه للقمامة الناجمة عن الصيد	البلاستيك – 35 في المائة من القمامة	Zablotski and Kraak, 2019
بحر البلطيق	245 محطة؛ جزيئات بلاستيكية عائمة/مُبتلعة – سمك الرنجة الأطلسي والسبرات (814 عينة)	1987–2015	عينات العوالق والصيد بشباك الجر، ومحتوى المعدة	لا تغير في الجزيئات البلاستيكية العائمة أو المبتلعة		Beer and others, 2018
الدوامات المحيطية شبه الإستوائية في شمال المحيط الأطلسي	جزيئات بلاستيكية عائمة	1986–2008	6 136 شبكة سطحية من طراز Neuston، شبكة –335 مليمكرون	لا يوجد اتجاه	جمعية التعليم البحري، عينات محفوظة للعوالق	Lavender Law and others, 2010
الدوامات المحيطية شبه الإستوائية في شمال المحيط الأطلسي	جزيئات بلاستيكية عائمة (624 2 عملية جر)	1987–2012	شباك سطحية من طراز Neuston، شبكة –335 مليمكرون	لا يوجد تغير كبير في المواد البلاستيكية المستخدمة، وانخفاض كبير للغاية في المواد البلاستيكية الصناعية	مواصلة أعمال Lavender ((Law and others, 2010	Van Franeker and Lavender Law, 2015
شمال شرق البحر الأدرياتيكي	قاع البحر، 67 محطة	2011–2016	شباك جر مخروطية	انخفاض في إجمالي القمامة؛ لا يوجد اتجاه للبلاستيك	50 في المائة من البلاستيك مصدره الصيد/تربية المائيات	Strafella and others, 2019
فرنسا، البحر الأبيض المتوسط	قاع البحر؛ الجروف والأخاديد	1994–2017	الصيد بشباك الجر، 902 1 عملية جر، نظام تصنيف التوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية	لم تطرأ زيادة منتظمة بل مستويات أعلى في الفترة 1999–2001 ومنذ عام 2012	زيادة البلاستيك ليبلغ نسبة 62 في المائة	Gerigny and others, 2019

المكان	المواقع/الأنواع	الفترة (المدة)	الطرائق	الاتجاهات	الملاحظات	المرجع
إسبانيا، البحر الأبيض المتوسط	جروف قاع البحار، 323 1 عملية جر	2007–2017	الجر، نظام تصنيف التوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية	لا يوجد اتجاه زمني، وانخفاض في بحر ألبوران	مشروع برنامج المسح الدولي لشباك الجر القاعية في البحر الأبيض المتوسط (Medits)	García-Rivera and others, 2018
غرب البحر الأبيض المتوسط	القمامة المبتلعة؛ السلاحف البحرية	1995–2016	نظام تصنيف التوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية	انخفاض طفيف	195 عينة	Domènech and others, 2019
جزر الباليار	العائمة	2005 –2015	قوارب التنظيف على الشاطئ/في عرض البحر	لا يوجد اتجاه (جميع أنواع القمامة)؛ زيادة في الصيف	عمليات التنظيف	Compa and others, 2019
جنوب البرازيل	الطيور (النوء أبيض الذقن، 122 عينة، عالقون)	1990– 2014	محتوى المعدة	زيادة في الشظايا والقطع؛ انخفاض في الحبيبات العذراء		Petry and Benemann, 2017
الدوامة المائية شبه المدارية في شمال المحيط الهادئ	جزيئات بلاستيكية عائمة	2001–2012	2 500 شبكة سطحية من طراز Neuston، شبكة –335 مليمكرون	لا يوجد اتجاه زمني واضح	تباين مكاني وزماني مُربك	Lavender Law and others, 2014
مقاطعة تايوان الصينية	قمامة الشاطئ، 541 عملية تنظيف	2001–2016	عمليات التنظيف	لا يوجد اتجاه زمني	بيانات من عمليات تنظيف سواحل المحيطات	Walther and others, 2018
الصين	الرصد الوطني والشواطئ وسطح البحر وقاعه	2011–2018	بروتوكولات الإدارة الحكومية لشؤون المحيطات	لا يوجد اتجاه		Ministry of Ecology and Environment, China, 2019
الصين	23 موقعاً (شواطئ ومياه مجاورة؛ عائمة وفي قاع البحر)	2007–2014	خطة عمل شمال غرب المحيط الهادئ؛ بروتوكولات الإدارة الحكومية لشؤون المحيطات	لا يوجد اتجاه واضح	تزايد النسبة المئوية للبلاستيك في القمامة في قاع البحار	Zhou and others, 2016
شيلي	الشواطئ (جميع السواحل)؛ 3 مسوح، 69 شاطئا	2006–2016	العلوم التشاركية، الفئات الرئيسية	لا يوجد اتجاه	ثلاث سنوات من أخذ العينات	Hidalgo-Ruz and others, 2018
إكوادور	الشواطئ (26 موقعا)	2018–2020	العلوم التشاركية (400 متطوع)	لا يوجد اتجاه	أخذ العينات لمدة سنة واحدة	Gaibor and others, 2020

6-1 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

يمثل التلوث البحري الأثر الأهم الناجم عن استخدام البلاستيك في المنتجات والتغليف (UNEP, 2014)، ولكن من المهم التأكيد على صعوبة تحديد الأثر الكمي الاقتصادي للنفايات البحرية. واستناداً إلى أرقام متأتية من عام 2011، فإن التكاليف الاقتصادية للمواد البلاستيكية البحرية، فيما يتعلق برأس المال الطبيعي البحري، مخمنة بشكل متحفظ بما يتراوح بين 300 3 و 000 33 دولار للطن سنوياً (Beaumont and others, 2019). وفي حين أن مدخلات البلاستيك في المحيطات محدودة في المناطق الساحلية الأوروبية (Jambeck and others, 2015)، فإن التكاليف المقدرة لتنظيف القمامة البحرية في المناطق الساحلية يمكن أن تصل إلى 630 مليون يورو سنوياً (Crippa and others, 2019). وفي الآونة الأخيرة (McIlgorm and others, 2020) كان هناك زيادة قدرها 9 أضعاف في التكاليف الاقتصادية المباشرة للقمامة البحرية من عام 2009 إلى عام 2015، لتصل إلى 10,8 مليار دولار.

وإلى جانب الآثار غير المباشرة (أي التأثير على التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية)، ربما تكون القمامة على الشواطئ أكثر الآثار المباشرة وضوحاً، وهي تضر بالقيمة التراثية للمناطق الساحلية ويمكن ترجمتها كنفقات مالية للتنظيف (UNEP, 2019). ويجب النظر في الأضرار والتكاليف التي ستلحق بالنظم الإيكولوجية البحرية والخدمات البحرية في المستقبل على الرغم من الفهم الفعلي المحدود للآثار الضارة على هيكل النظام الإيكولوجي البحري وأدائه.

ويمكن أن تؤدي القمامة البحرية أيضاً إلى زيادة تكاليف قطاع الشحن وأنشطة الترفيه، بما في ذلك اليخوت (أي المحركات المضرة، والمراوح المتشابكة، وخسارة الناتج وتكاليف الإصلاح) (Hong and others, 2017)، ولكن الأضرار والتكاليف الاجتماعية المرتبطة بها تمتد أيضا إلى قطاعات أخرى مثل الاستزراع المائي ومصائد الأسماك. ومن شأن إزالة 10 في المائة من أواني الصيد المتروكة فقط توفير إيرادات إضافية تقدر بمبلغ 831 مليون دولار سنوياً لقطاع مصائد القشريات على الصعيد العالمي (Scheld and others, 2016).

وتوجد معظم الجزيئات البلاستيكية في الجهاز الهضمي للكائنات البحرية التي لا يستهلكها البشر عادةً، باستثناء المحار والأسماك الصغيرة التي يتم استهلاكها بالكامل. وإلى جانب الحوادث والإصابات، لا يوجد دليل على أن لتركيزات الجزيئات البلاستيكية تأثير سلبي على صحة الأسماك والمحار أو الأرصدة التجارية (Barboza and others, 2018). ولا تتم معالجة الصلات بين الجزيئات البلاستيكية والصحة البشرية بما فيه الكفاية، كما إن الثغرات المعرفية تكون أكبر عندما يتعلق الأمر بالمواد البلاستيكية النانوية (< 1 ميكرون)، ولا سيما استيعابها وسلوكها (GESAMP, 2016؛ انظر أيضًا الفصل 8) وكيف يمكن أن تمر عبر الحواجز البيولوجية عبر آليات مختلفة (Wright and Kelly, 2017). ونظراً لعدم وجود بيانات مجدية عن السمية، خلصت الهيئة الأوروبية لسلامة الأغذية إلى أنه لا يمكن حالياً تقييم مخاطر المواد البلاستيكية الكبيرة والجزيئات البلاستيكية على الصحة البشرية (European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain, 2016). وعلاوة على ذلك، هناك مؤشرات على أن ابتلاع البشر للألياف البلاستيكية الدقيقة عن طريق استهلاك المأكولات البحرية الملوثة لا يمثل سوى مساهمة ضئيلة في تلوث سلة الغذاء الإجمالية بالجزيئات البلاستيكية (Catarino and others, 2018).

ولم يتم تقييم الأثر الاجتماعي والاقتصادي بشكل جيد للقمامة البحرية وتكلفتها المحتملة على القطاعات والأنشطة الرئيسية في البيئة البحرية والساحلية أو تلك التي تعتمد عليها، مما أدى إلى سوء تسعير قيم النظم الإيكولوجية والاستيعاب الخارجي لتكاليف التلوث. كما أن النهج المتبعة في تحديد قيمة للقمامة البحرية غير معروفة جيدا. وينبغي أن تركز الجهود على تقييم التكاليف البيئية والاجتماعية والاقتصادية للأضرار الناجمة عن القمامة البحرية وتحليل التكلفة-المنافع لتدابير منع القمامة البحرية والحد منها (انظر الجدول 3).

الجدول 3

القمامة البحرية فيما يتعلق بـ: القطاعات الاقتصادية؛ والمصادر والكميات والآثار

المصدر: UNEP (2019).

1-7 - أهمية أهداف التنمية المستدامة وغيرها من الأطر

تم التعهد بالتزامات عالمية بشأن القمامة البحرية في سياق الجمعية العامة وجمعية البيئة للأمم المتحدة، وكذلك اتفاقية التنوع البيولوجي[3]، وفي إعلان مجموعة الدول السبع الحديث (خطة عمل مكافحة القمامة البحرية) وإعلانات مجموعة العشرين (خطة عمل بشأن القمامة البحرية) (United Nations Environment Assembly (UNEA)). وفي عام 2016، اعتمدت جمعية الأمم المتحدة للبيئة القرار 2/11 لمكافحة القمامة البلاستيكية البحرية والجزيئات البلاستيكية[4]، وفي عام 2019، نشرت المبادئ التوجيهية لرصد وتقييم القمامة البلاستيكية في المحيط[5].

وترتبط القمامة البحرية ارتباطا مباشرا بالهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة المتعلق بحفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة. وتصنَّف الغاية 14-1 حالياً كمؤشر من المستوى الثالث، لا تتوافر بشأنه أي منهجية أو معايير محددة دولياً (UNEA, 2019). ولإحراز تقدم في قياس المؤشر 14-1-1[6]، يُقترح اتباع أساليب أكثر اتساقاً لتشجيع وضع وتنفيذ برامج الرصد الإقليمية أو العالمية وتيسير تبادل النتائج. ومن شأن هذه الأساليب أن تساعد على نقل المؤشر 14-1-1 من المستوى الثالث إلى المستوى الثاني (الذي توجد له منهجية ومعايير واضحة من الناحية المفاهيمية، ولكن البيانات لا تُنتج بانتظام).

وتتعلق الجزيئات البلاستيكية الدقيقة والنانوية أيضاً بالهدف 12 المتعلق بضمان أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة. وينبغي أيضاً ذكر الهدف 11، بما أن القمامة البحرية البلاستيكية تنشأ أيضاً من سوء إدارة نفايات المستوطنات الحضرية، في حين ترتبط النفايات الصلبة التي تنتهي في المحيط ارتباطاً مباشراً بالهدف 6، حيث تنتقل القمامة البلاستيكية والجزيئات البلاستيكية بواسطة مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار التي تساء إدارتها.

وفي عام 2019، استعرضت مجموعة السبع الأنشطة الجارية في إطار اتفاقيات البحار الإقليمية، وحددت أولويات لاتخاذ مزيد من الإجراءات، وضمان التنسيق الفعال من خلال هيئات الأمم المتحدة لمعالجة الرصد والآثار والعواقب الاجتماعية والاقتصادية على صحة الإنسان والكائنات الحية؛ ومشاركة القطاع في وضع وتنفيذ الاستجابات بشأن إدارة النفايات والوقاية منها؛ وفي إطار اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود[7]، اعتمدت الأطراف أيضاً تعديلات على مرفقاتها، لإدخال بعض النفايات البلاستيكية في نطاق تلك الاتفاقية، وذلك، في جملة أمور، لمعالجة آثار البلاستيك على البيئة البحرية[8].

وإلى جانب العديد من الخطط الوطنية، فإن السياسات الأقاليمية، مثل استراتيجية الاتحاد الأوروبي بشأن البلاستيك لعام 2018 ومختلف توجيهاتها الملزمة قانوناً (التوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية (EC/56/2008)، والتوجيه المتعلق بمرافق الاستقبال المينائية (EU/883/2019)، والتوجيه الخاص بالمواد البلاستيكية أحادية الاستخدام (EU/904/2019)[9] هي بمثابة مثال جيد على نُهج معالجة القمامة البحرية، مع مراعاة مبادئ اقتصاد التدوير، وتنفيذ العديد من التدابير في الوقت الحالي (مثل المواد الجديدة، ومعالجة مياه الصرف الصحي، والحظر، والمسؤولية الممتدة للمنتِج).

---

3 United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.

4 انظر وثيقة جمعية الأمم المتحدة للبيئة التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP/EA.2/Res.11.

5 تقرير ودراسات فريق الخبراء المشترك المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية رقم 99.

6 انظر قرار الجمعية العامة 71/313، المرفق.

7 United Nations, *Treaty Series*, vol. 1673, No. 28911.

8 انظر برنامج الأمم المتحدة للبيئة، الوثيقة UNEP-CHW.14-28. انظر أيضاً www.basel.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP14/tabid/7520/Default.aspx.

9 انظر https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32008L0056، و https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/883/oj، و https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904.

وقد أُطلقت مبادرات كثيرة لإدراج إجراءات علمية وسياسية واجتماعية واقتصادية في المشاريع، من منظور الفرد والنظام العالمي على السواء. وعلى سبيل المثال، تهدف الدورة الإلكترونية المفتوحة الحاشدة المجانية بشأن القمامة البحرية إلى تشكيل شبكة عالمية من الجهات الفاعلة المشارِكة بنشاط في التصدي لتحديات القمامة البحرية[10]. كما تمكّن الأدوات الجديدة مثل التطبيقات النقالة المواطنين من تسجيل البيانات عن موقع ونوع القمامة الموجودة على السواحل والممرات المائية في قواعد البيانات العلمية. وتشمل الأدوات الفعالة الأخرى، مثل الشبكة الأوروبية للأرصاد والبيانات البحرية المتاحة للجمهور (EMODnet)[11]، خرائط رقمية للقمامة، مما يوفر أداة شاملة للسياسات البحرية والمجتمع ككل.

وقد فرض أكثر من 60 بلداً حظراً وضرائباً للحد من النفايات البلاستيكية أحادية الاستخدام (UNEP, 2018)، غالباً من دون بيانات أو مقاييس أو رصد لتقييم فعالية وعواقب هذه الإجراءات. وتشمل التدابير فرض حظر على بعض المواد (مثل الأكياس البلاستيكية)، وفرض ضرائب أو نظام الايداع والاستعادة واتفاقات طوعية على مستوى القطاع.

وقد تم بالفعل تنفيذ مجموعة متنوعة من التدابير القائمة (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016)، بما في ذلك وسم المعدات؛ وتدابير دولة الميناء؛ وجمع مواد على الشاطئ؛ والدفع لاستعادة المعدات؛ وتحديد موقع المعدات المفقودة والإبلاغ عنها بشكل أفضل؛ والتخلص وإعادة التدوير؛ وإيجاد بدائل للمنتجات البلاستيكية أحادية الاستخدام، وخاصة صناديق السمك من البوليسترين؛ والخطط لرفع الوعي.

وعملا بالاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن لعام 1973، بصيغتها المعدلة ببروتوكول عام 1973 الملحق بها[12]، تشمل الجهود المبذولة لمعالجة القمامة البحرية إنشاء قاعدة بيانات لمرافق الاستقبال في الموانئ، بوصفها وحدة من نماذج النظام العالمي المتكامل للمعلومات عن النقل البحري التابع للمنظمة البحرية الدولية.

1-8 - التوقعات

إن إدارة تلوث القمامة البحرية مسألة بالغة التعقُّد وتتطلب نهجا متكاملا يشمل العلوم والتشريعات والاقتصادات ومحو الأمية بشأن المحيطات والتعليم والمشاركة الاجتماعية والتعاون الدولي فيما يتعلق ببناء القدرات ونقل التكنولوجيا، فضلا عن الدعم التقني والمالي على مستويات متعددة، من المستوى العالمي إلى المستوى الإقليمي فالمحلي، نظرا لتنوع الجهات الفاعلة والمصادر والمواد والجوانب الاجتماعية والاقتصادية والأطر التنظيمية ذات الصلة. وبدون تحسين السياسات الدولية والتعبئة، سوف يزداد التلوث البلاستيكي سوءاً (Jambeck and others, 2015). ويُقدَّر أنه إذا لم تتحسن أنماط الاستهلاك الحالية وممارسات إدارة النفايات، سيكون هناك حوالي 12 بليون طن من القمامة البلاستيكية في مدافن القمامة والبيئة الطبيعية بحلول عام 2050 (Geyer and others, 2017). ولن تتوقف العواقب على الجانب الاقتصادي فقط، وسوف يكون الأثر البيئي هائلا.

وهناك مجموعة متنوعة من الخيارات للتعامل مع المستويات الحرجة من القمامة البحرية، وبعضها يشمل نُهج لمعالجة هذه المسألة، مع فهم أنها لا تنطبق جميعها على كل البلدان أو تُدعم من قبلها، وبعضها لا يراعي الآثار الضارة: الحد من استهلاك البلاستيك؛ ودعم التصميم والابتكار الإيكولوجي (وخاصة البحث في مسائل نهاية دورة حياة البلاستيك وبدائله)؛ وكفاءة استخدام الموارد وتحسين إدارة النفايات والمياه؛ وأهداف إعادة التدوير الفعالة والقابلة للتطبيق على المدى الطويل فيما يتعلق بالنفايات البلدية ونفايات التغليف

10 انظر https://sustainablehighereducation.com/2019/03/22/mooc2019.
11 انظر www.emodnet-bathymetry.eu/approach.
12 United Nations, *Treaty Series*, vol. 1340, No. 22484.

والبلاستيك؛ وزيادة استخدام أدوات السياسة العامة وتدابير الرقابة، بما في ذلك الحوافز والضرائب وغيرها من التدابير التنظيمية، مثل مخططات حظر أو توسيع نطاق مسؤولية المنتج؛ واعتماد مبادرات إعادة التصنيع وتنسيق الاستثمارات في مجال السياسات في قطاع النفايات (Ten Brink and others, 2018). وهناك أيضا حاجة إلى إحكام تنظيم ومراقبة الاتجار بالنفايات على الصعيد العالمي، ولا سيما الخردة البلاستيكية.

ويمثل التلوث البلاستيكي أيضا مدخلاً للتثقيف البيئي الفعال. ويتمثل التحدي في تغيير نظرة الناس إلى هذه المسألة وفهمهم لها، بحيث يمكن للناس أن يروا التلوث البلاستيكي كوسيط للتعليم والوعي ومحو الأمية، فضلا عن إيجاد استراتيجيات محتملة للتغلب على الحواجز السياسية والاقتصادية والثقافية. وفي سياق علم القمامة البحرية، قد تكون الأهداف مرتبطة بالأهداف ذات الصلة بالسياسات، وبالتالي تزيد من حوافز المواطنين (GESAMP, 2019).

1-9 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات

بالنسبة للجزيئات البلاستيكية، تشمل الثغرات الرئيسية في المعارف القياس الكمي للجزيئات البلاستيكية في البيئة البحرية باستخدام أساليب ومعلومات موحدة عن كيفية تحلل البلاستيك في مختلف مكونات البيئة البحرية وعن وجود المواد البلاستيكية النانوية وتأثيرها. ويلزم إجراء مزيد من البحوث بشأن دور النفايات البلاستيكية بوصفها وسيط لنقل مسببات الأمراض، ومقاومة المضادات الحيوية والمواد الكيميائية والتكسينات البيولوجية، وإمكانية انتشار الأمراض بين الأحياء البحرية والسكان. وأخيرا، يشكل عدم وجود رصد وطني وإقليمي كاف لكميات وآثار القمامة البحرية، بما في ذلك المواد البلاستيكية في العديد من البلدان، عقبة رئيسية في معالجة هذه المسألة وتقييم فعالية التدابير المتخذة بالفعل.

وقد صُمِّمت برامج حديثة (في إطار مؤسسة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية، وجامعة بالتيمور، والتوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية) للإجابة على بعض الأسئلة العلمية المتعلقة بالعوامل التي تحكم توزيع القمامة البرية وكمية القمامة التي تتدفق من البر إلى البحر. ومن المتوقع أن تشمل نواتج هذه المبادرات تقديرات تستند إلى بيانات معدلات التسرب إلى البحر، ولكن أيضا لمساعدة البلدان على فهم أين يمكن استهداف التدخلات الفعالة على نحو أفضل لمنع دخول القمامة إلى المحيط. ومع وضع منهجيات مختلفة لقياس تسرب البلاستيك إلى المجاري المائية والمحيطات، سواء من النفايات التي أسيء إدارتها أو في شكل جزيئات بلاستيكية، هناك حاجة إلى مواءمة هذه النهج المختلفة.

والأهم من ذلك، عدم وجود بنى تحتية وسياسات كافية فيما يتعلق بإعادة التدوير أو بإدارة مياه الصرف الصحي والنفايات الصلبة (UNEP, 2017). وبالإضافة إلى ذلك، وعلى الرغم من إمكانية أن تكون الأطراف المعنية غير الشرعية ناشطة في مجال جمع النفايات الصلبة واستعادتها، فإن التشريعات ضعيفة، وهناك فوارق كبيرة بين البلدان التي فيها قطاعات غير نظامية وتصنيع غير قانوني وأسواق سوداء، مما يحد من تنفيذ تدابير الحد قيد الاستخدام وإدارة النفايات ومنعها (UNEP, 2019). غير أن هناك اتفاقا عاما ومجموعة كبيرة من المبادرات من جانب جميع أصحاب المصلحة بشأن تنفيذ أنماط أكثر استدامة للإنتاج والاستهلاك، بما في ذلك اقتصاد التدوير، الذي يهدف إلى القضاء على النفايات والاستخدام المستمر للموارد، عن طريق تشجيع إعادة الاستخدام والتبادل والإصلاح وإعادة التصنيع، وإعادة التدوير لإنشاء نظام مغلق. وتدعم الإجراءات الأخيرة التي اتخذتها جمعية الأمم المتحدة للبيئة في دورتها الرابعة (UNEA, 2019) إلى حد كبير هذا النهج من خلال القرارات المتعلقة بالاستهلاك والإنتاج المستدامين وممارسات الأعمال التجارية، وإدارة النفايات والمنتجات البلاستيكية أحادية الاستخدام.

وتشمل الثغرات الإضافية ضعف الإنفاذ، والجمع المنفصل، والتفاوتات الإقليمية القوية بين المناطق الحضرية والريفية، وسوء إدارة مياه الأمطار. وتشمل التدابير الأساسية تلك التي تهدف إلى تأمين مدافن القمامة، وتطوير إدارة نفايات الموانئ، وتعزيز أفضل الممارسات لقطاع صيد الأسماك، وتحسين النقل البحري للحد من خسائر الحاويات أو انسكابات الجزيئات البلاستيكية الأولية.

ويمكن أن يكون الإدراك بأن انخفاض استهلاك البلاستيك ينبغي أن يؤدي إلى انخفاض في توليد النفايات البلاستيكية والحد من العوائق التي تعترض معالجة القمامة البحرية والجزيئات البلاستيكية مرتبطاً بأنماط الاستهلاك والإنتاج غير المستدامة. والتعاون مع القطاع الخاص والصناعة ضروري لتعزيز التحول نحو الحلول المستدامة. وقد تكون عدم كفاية الحوافز الاقتصادية سبباً وراء التحديات المتصلة بتغيير السلوكيات. وأخيراً، فإن تصميم المنتجات والعمليات الكيميائية التي تقلل أو تقضي على استخدام أو إنتاج المواد الخطرة، يتسم بأهمية خاصة بالنسبة لمنتجي ومستعملي البلاستيك على حد سواء (انظر الجدول 4).

الجدول 4

موجز الثغرات في المعارف ومجال بناء القدرات

الثغرات في المعارف
نقص المعارف المتعلقة بالأسباب الجذرية للقمامة البحرية. وعدم تركيز البحث على مصادر التلوث البلاستيكي ومصيره.
الجزيئات البلاستيكية والمواد البلاستيكية النانوية: محدودية أساليب المحاسبة الدقيقة والأدوات التحليلية المتعلقة بالإنتاجية وحد الكشف والدقة والجودة.
تعقّد تحديد البوليمر واستغراقه لوقت طويل بالنسبة للجسيمات بحجم ميكرومتر.
تجزؤ المعارف العلمية (حجم التلوث البلاستيكي، والجزيئات البلاستيكية، والأساس العلمي والتقني للرصد، والتنسيق بشأن البيانات، وسمية المواد البلاستيكية، وتقييم مخاطرها ومصيرها).
الآثار غير المعروفة على صحة الإنسان الناتجة عن ابتلاع مأكولات بحرية ملوثة بالبلاستيك.
قلة المعارف المتعلقة بمساهمة وآثار القمامة البحرية المتصلة بمعدات الصيد المتروكة أو المفقودة أو المهملة والاستزراع المائي.
محدودية المعرفة المتعلقة بتحلل المواد البلاستيكية ورشح المواد المضافة أو غيرها من الفئات الكيميائية في بيئات مختلفة.
عدم تطور نطاق ومستوى تفصيل النماذج الحسابية بشكل كاف.
الثغرات في المعارف المتعلقة بالآثار الاقتصادية للمواد البلاستيكية على مصائد الأسماك والسياحة والنقل البحري. وعدم فهم الصلات بين تدفقات القمامة البحرية والاقتصاد الإقليمي بشكل جيد.
ضرورة مواصلة دراسة أثر القمامة البلاستيكية البحرية على تغير المناخ من خلال الظواهر المتطرفة، واحتمال إطلاق الانبعاثات، أو من خلال الحد من قدرة المحيطات على العمل كبالوعة للكربون.
صعوبة تطبيق المسؤولية الممتدة للمنتجين في بعض البلدان، وخاصة البلدان الأرخبيلية.
انعدام الوعي العام وتغيير السلوك ونماذج اقتصاد التدوير، ووجود اختلافات في مستويات التعليم حسب البلدان.
الثغرات في مجال بناء القدرات
عدم وجود عمليات رصد في أنحاء كثيرة من العالم.
صعوبات تقنية في تحديد أماكن التراكم وأنواع محددة من القمامة (معدات الصيد المتروكة أو المفقودة أو المهملة).
أوجه القصور التكنولوجية. (أي أوجه القصور في الهياكل الأساسية لإدارة النفايات). وجوب أن تكون السياسات المتينة متصلة بإدارة النفايات المستدامة بيئياً والفعالة، والقدرة على إعادة التدوير، واستبدال المواد.
ضرورة إدراج كلفة المواد البلاستيكية على البيئة في منهجيات التقييم الاقتصادي.
عدم وجود عملية متكاملة لاتخاذ القرارات على مختلف المستويات والتنسيق في وضع وتنفيذ البرامج بما في ذلك التدابير التي تستهدف الأولويات الإقليمية.
ضعف إنفاذ التدابير.
عدم كفاية أو عدم كفاءة الهياكل الأساسية والسياسات لمعالجة النفايات؛ وعدم وجود إدارة للنفايات في أجزاء كثيرة من العالم.
الفوارق الإقليمية الكبيرة بين المناطق الحضرية والريفية.
سوء إدارة مياه الأمطار.
عدم كفاية البنى التحتية لجمع النفايات وإدارتها وإعادة تدويرها ومرافق الاستقبال المرفئية.
يجب تحسين القدرة على إعادة التدوير.
ضرورة التعاون والتنسيق مع القطاع الخاص وقطاع البلاستيك للحد من إنتاج البلاستيك والطلب عليه واستهلاكه وتحويل.
وجوب تعزيز الوعي والإعلام والتثقيف.

2 - إغراق النفايات في البحر، بما في ذلك القمامة المتولدة من السفن وحمأة مياه المجارير

2-1 - مقدمة

الإغراق هو أي تصريف متعمد في البحر للفضلات أو المواد الأخرى من السفن أو الطائرات أو الأرصفة أو غير ذلك من التركيبات الاصطناعية، وفقا للفقرة 5 (أ) من المادة 1 من اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[13]، واتفاقية منع تلوث البحار الناجم عن رمي النفايات ومواد أخرى فيها لعام 1972 (اتفاقية لندن)، وبروتوكول لندن الملحق بها لعام 1996.

وقد أثر إغراق مواد مثل المواد المجرفة وحمأة مياه المجارير والنفايات الصناعية ونفايات الأسماك وتصريفات السفن والتركيبات الصناعية والمواد الكيميائية العضوية وغير العضوية والمواد المشعة والمتفجرات الحربية والمواد الكيميائية العسكرية على النظم الإيكولوجية البحرية وخلق تحديات بيئية (Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR), 2010b; IMO, 2018). وبالإضافة إلى اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، ولمعالجة التحديات البيئية الناجمة عن إغراق النفايات، تنص اتفاقية لندن وبروتوكول لندن على أحكام لمراقبة العمليات غير النظامية لإغراق النفايات وحرقها في البحر. وقد تم تعديل هذه المتطلبات التنظيمية في عدة مناسبات (IMO, 2018). وبالإضافة إلى ذلك، وضعت بلدان كثيرة مبادرات ونهجا إقليمية لمراقبة وتقييم أنشطة إغراق النفايات. كما اتخذت مبادرات في إطار اتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة[14] واتفاقية بازل لمعالجة مراقبة نقل النفايات الخطرة عبر الحدود والتخلص منها، وكذلك لحماية صحة الإنسان والبيئة من الملوثات العضوية الثابتة[15].

2-2 - الحالة المسجلة في التقييم العالمي الأول للمحيطات

أوجز الفصل 24 من التقييم العالمي الأول، بشأن التخلص من النفايات الصلبة (United Nations, 2017b)، النظام التشريعي المتعلق بالإغراق والإنجازات المرحلية الدولية الهامة، مثل اعتماد اتفاقية لندن وبروتوكول لندن. وقُدمت لمحة عامة عن التقنيات التنظيمية ومجاري النفايات المشمولة في كلا الصكين، فضلاً عن الجهود المبذولة لفهم كمية وطبيعة النفايات وغيرها من المواد المغرقة. كما حدد التقييم شواغل بشأن نقص الإبلاغ من جانب العديد من الأطراف المتعاقدة في اتفاقية لندن وبروتوكول لندن، مما أدى إلى صعوبات في استخلاص صورة واضحة عن تقييم تنفيذ النظام وفهم حالة إغراق النفايات.

2-3 - التغيرات في حالة إغراق النفايات في البحر

حظر بروتوكول لندن إغراق جميع النفايات، باستثناء عدد محدود من الفئات مثل: (أ) المواد المجروفة؛ (ب) حمأة مياه المجارير؛ (ج) نفايات الأسماك أو المواد الناتجة عن العمليات الصناعية لتجهيز الأسماك؛ (د) السفن والمنصات أو غيرها من الهياكل التي هي من صنع الإنسان في البحر؛ (ه) المواد الجيولوجية الخاملة وغير العضوية؛ (و) المواد العضوية الطبيعية المنشأ؛ (ز) الأصناف الضخمة التي تتألف أساسا من الحديد والصلب والخرسانة والمواد غير الضارة المماثلة التي تتعلق الشواغل بشأنها بالتأثير المادي؛ (ح) عزل تدفقات ثاني أكسيد الكربون في قاع البحر في التكوينات الجيولوجية تحت قاع البحار (IMO, 2018).

13 United Nations, *Treaty Series*, vol. 1833, No. 31363.
14 المرجع نفسه، vol. 2256, No. 40214.
15 المرجع نفسه، vol. 1673, No. 28911.

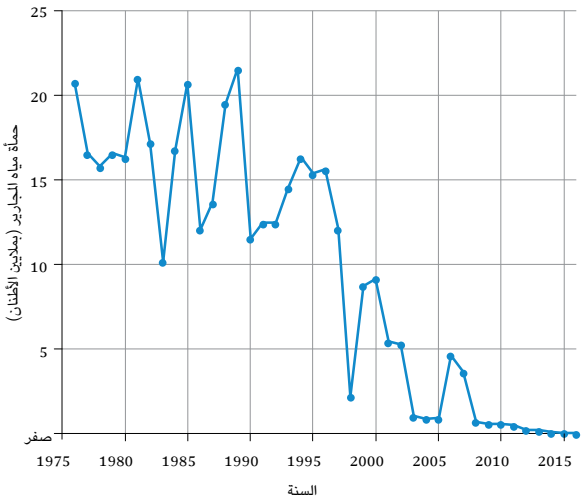
ويمكن فهم التغييرات في الوضع العام لإغراق النفايات من خلال مراجعة البيانات المنشورة عن إغراق النفايات والتصاريح الصادرة بموجب اتفاقية لندن وبروتوكول لندن (IMO, 2019). وتقدم الفروع التالية نظرة عامة لكل فئة من فئات التخلص من النفايات الصلبة.

2-3-1 - إغراق حمأة مياه المجارير

يؤثر إغراق حمأة مياه المجارير على نوعية الرواسب وتجمّع قاع البحار والنباتات والحيوانات المائية، وبوجه عام على النظام الإيكولوجي البحري بأكمله. ويمكن أن تؤدي الأحمال الغذائية المفرطة الناجمة عن عمليات تصريف مياه المجارير إلى انخفاض محتوى الأكسجين في المياه، والتسبب بوفيات في الحياة البحرية، وتدمير الموائل والنظم الإيكولوجية بأكملها (انظر الفصل 10). وأبلغ ما مجموعه 13 طرفا متعاقدا عن تصريف حمأة مياه المجارير خلال الفترة من 1976 إلى 2016، بكمية إجمالية قدرها 393x 610 أطنان (IMO, 2019). ويبين الشكل الثالث انخفاض الإغراق بشكل كبير إلى درجة أن أطرافاً متعاقدة كثيرة تحظر هذا النشاط وأن عدداً قليلاً جداً منها يبلغ عن عمليات التصريف. وفي عام 2011، تم إغراق ما مجموعه 0,6 مليون طن، في حين انخفضت الكمية إلى 0,00041 مليون طن فقط في عام 2016.

الشكل الثالث

كمية حمأة مياه المجارير المغرقة



المصدر: IMO, 2019

وفي عام 2016، نشرت المنظمة البحرية الدولية تقريراً عن حالة المعرفة الحالية فيما يتعلق بالقمامة البحرية المغرقة في البحر بموجب اتفاقية لندن وبروتوكول لندن. وقد سعت إلى استعراض ما إذا كانت حمأة مياه المجارير أو المواد المجروفة تحتوي على قمامة بحرية، رهنا بأنواع القمامة والممتلكات والكميات. وخلص الاستعراض إلى أن هذا التقييم صعب حالياً بسبب النقص العام في البيانات، والاختلافات في المنهجيات والإبلاغ، وعدم وجود عينات منهجية في المكان والزمان (IMO, 2016a).

2-3-2 - التخلص من السفن في البحر

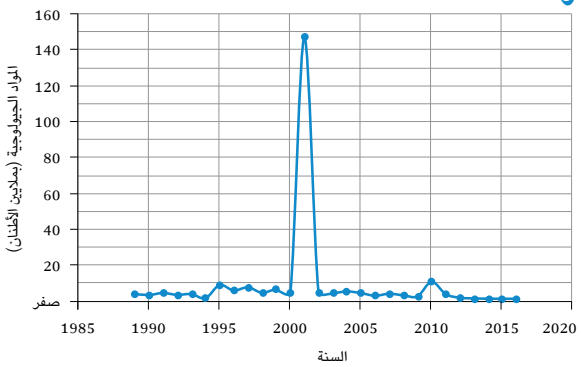
أفاد ما مجموعه 22 طرفا في اتفاقية لندن وبروتوكول لندن عن التخلص من 758 سفينة في الفترة 1976-2010 (IMO, 2016a). وقد تم التخلص من بعض هذه السفن لإنشاء شعاب (Hess and others, 2001) ولكن في حالات أخرى، لا تسمح الأطراف المتعاقدة بإغراق السفن إلا عندما تنتفي خيارات التخلص من النفايات في البر وعندما يتم إغراق هذه السفن في مياه أعمق وليس لأغراض إنشاء شعاب مرجانية. وتشمل وسائل التخلص الأخرى من السفن مواد التجارب العلمية (IMO, 2016b).

2-3-3 - إغراق النفايات العضوية وغير العضوية

يتم التخلص من النفايات العضوية وغير العضوية في البحر منذ زمن طويل، حيث تُحمل أساسا من البر، وتُنقل إلى عرض البحر للتخلص منها بواسطة السفن والمنصات. وما زالت دول عديدة تستخدم المحيطات كمستودع مستمر لبعض النفايات المُنتَجة داخل حدودها. وأبلغ ما مجموعه 15 من الأطراف المتعاقدة في اتفاقية لندن وبروتوكول لندن عن التخلص من المواد الجيولوجية الخاملة وغير العضوية في البحر خلال الفترة 1983-2010، بما مجموعه $315\ 227 \times 10^6$ أطنان (IMO, 2016a). وفي عام 2011، تم إغراق 3,82248 مليون طن، منها 1,453725 مليون طن في عام 2013، و 1,229620 مليون طن في عام 2016 (انظر الشكل الرابع).

الشكل الرابع

كمية المواد الجيولوجية الخاملة غير العضوية المرخصة



المصدر: IMO) 2019).

أبلغ أيضا ما مجموعه 17 طرفا متعاقدا في اتفاقية لندن وبروتوكول لندن عن التخلص من المواد العضوية ذات منشأ طبيعي في البحر خلال الفترة من 1977 إلى 2010، بكمية إجمالية، بما فيها البضائع الفاسدة (التي تتكون من مواد عضوية ذات منشأ طبيعي) تبلغ 628 610 37x طن (IMO, 2016a). وقد أبلغت سبعة أطراف متعاقدة عن التخلص من بضائع فاسدة في البحر (المجموع 833 31x106 أطنان) في الفترة من 2003 إلى 2010 (IMO, 2016a).

2-3-4 - إغراق النفايات الصناعية والمواد الكيميائية الحربية

أبلغ ما مجموعه 23 طرفاً متعاقداً عن التخلص من نفايات صناعية في البحر في الفترة من 1976 إلى 1995 (232x10^6 أطنان)، بما في ذلك السفن التي تم التخلص منها، ونفايات المتفجرات في خرسانات، والحمأة، وأحماض النفايات أو القلويات، ونفايات صناعة الماشية، والغبار الزجاجي، والغبار الصناعي، والسيراميك، والذخيرة، وأنابيب الخرسانة، وركام الهدم، وهيدروكبريتيت الصوديوم، والحمأة التي تحتوي على الفلزات الثقيلة والفلوريد، ونفايات إنتاج أكسيد التيتانيوم، ونفايات إنتاج الكلوروفينول، ونفايات إنتاج الكروم، والبارود، والرماد المتطاير، ونفايات التخمير، ونفايات تعدين البوتاسيوم (IMO, 2019).

ولا تزال المتفجرات الحربية والمواد الكيميائية العسكرية المغرقة في البحر منذ الحرب العالمية الأولى تشكل خطرا كبيرا على النظام الإيكولوجي البحري وعلى مختلف مستخدمي البحر (انظر الشكل الخامس). وتظهر العينات البيئية عادة تركيزات منخفضة من مركبات الذخائر في المياه والرواسب (بالترتيب التالي نانوغرام/لتر وميكغرام/كغم، على التوالي)، وتبدو المخاطر الإيكولوجية منخفضة عموما (Helsinki Commission, 2013; OSPAR, 2010a). ومع ذلك، فإن العمل الذي تم مؤخراً يوضح إمكانية حدوث تأثيرات جينية استقلابية وشبه مميتة على الكائنات المائية (Beck and others, 2018).

الشكل الخامس

التوزيع العالمي للمواقع البحرية الموثقة التي أغرقت فيها الذخائر في البحر

المصدر: التوزيع العالمي للمواقع البحرية الموثقة التي أغرقت فيها الذخائر في البحر، إنتاج مشترك بين مركز جيمس مارتن لدراسات عدم الانتشار ومعهد ميدلبري للدراسات الدولية في مونتيري (www.nonproliferation.org/chemical-weapon-munitions-dumped-at-sea).

وعلاوة على ذلك، فإن وقوع الذخائر في شباك الصيادين، وتفاعل المتفجرات مع الهياكل الأساسية للغواصات أو المنشآت البحرية، فضلا عن المواد ذات الصلة التي تطفو على السطح، يمكن أن يؤدي إلى حدوث حرائق أو انفجارات عرضية (OSPAR, 2010a).

2-3-5 - الترميد في البحر

الترميد في البحر هو التخلص من النفايات في البحر باستخدام سفن ترميد مصممة خصيصاً لذلك، عن طريق حرق مركبات الكلور العضوي والنفايات السامة الأخرى التي يصعب التخلص منها. وقد حظرت التعديلات المدخلة على اتفاقية لندن التي دخلت حيز النفاذ في عام 1994 ترميد النفايات الصناعية في البحر، ولكن الترميد لم يتوقّف حتى عام 2000 (IMO, 2016a).

2-4 - العوامل المرتبطة بالتغيرات

يتناول هذا الفرع عوامل شتى أدت إلى تغييرات في ممارسات الإغراق، وهي: (أ) العوامل التي أدت إلى زيادة أنشطة الإغراق في الماضي، (ب) الإجراءات المستمرة المتخذة للتخفيف من حدة تلك المسألة البيئية الخطيرة. وكانت هذه المجتمعات المحلية تتخلص من النفايات في المحيطات والبحار على مدى قرون، مفترضةً أن أسس إغراق النفايات هذه ملائمة وآمنة لتفادي التلوث البري. وأدت عوامل مثل الجهل والإهمال وعدم وجود نظم سليمة للتخلص من النفايات دورا هاما في ممارسات إغراق النفايات الضارة، وكذلك عدم وجود أنظمة صارمة ورصد صارم.

وقد أدى تحسين الفهم العلمي، والوعي بين الأوساط العلمية، وزيادة مشاركة الحكومات، إلى جانب تزايد الشواغل العالمية، إلى زيادة الحاجة إلى صكوك دولية لتنظيم إغراق النفايات في المحيطات (IMO, 2018). وبالإضافة إلى اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، فإن التدابير التنظيمية المتخذة في إطار اتفاقية لندن وبروتوكول لندن هي عوامل هامة في تحسين حالة الإغراق.

وقد وضعت مبادئ توجيهية عامة وشاملة لجميع النفايات التي يمكن التفكير في إغراقها في البحر (OSPAR, 2016; IMO, 2018). كما تم وضع واستكمال توجيهات بشأن التنفيذ الوطني لبروتوكول لندن، وهي تقدم موجزاً لأنواع الإجراءات التي ينبغي للدول أن تنظر فيها على الصعيد الوطني. واستناداً إلى المسائل المتعلقة بنقص الإبلاغ التي تم تسليط الضوء عليها في التقييم العالمي الأول، اتخذت الأطراف المتعاقدة في بروتوكول لندن واتفاقية لندن إجراءات إضافية لمعالجة الوضع، بما في ذلك اعتماد خطة استراتيجية (IMO, 2019).

2-5 - آثار التغيرات على العناصر الأخرى للنظام البحري والتفاعلات معها

إن آثار المواد التي يتم تصريفها في النظام الإيكولوجي البحري هي في صميم مسألة إغراق النفايات الصلبة على الصعيد العالمي. ونظرا للطبيعة الدينامية للمحيط، فإن تحديد مصير مختلف المواد المغرقة مهمة صعبة. كما إن وجود مصادر تلوث مختلفة والتعقيد المرتبط بتعقب ملوثات محددة يجعل من الصعب تحديد المدى الذي يسهم به إغراق النفايات في البحر في الآثار الإيكولوجية والآثار الملاحَظة. وبوجه عام، تتوقف آثار الإغراق على نوع وكمية ونوعية النفايات، فضلا عن خصائص المناطق المتأثرة في المحيط. وبالإضافة إلى ذلك، يسهم امتداد فترة الممارسات المتعلقة بالإغراق في هذه الآثار الإيكولوجية. ولفهم هذه الديناميات، من الضروري فهم الآثار المحتملة لفئات النفايات الرئيسية على المكونات البحرية، وكذلك كيفية تؤدي التغييرات في ممارسات الإغراق إلى الحد من هذه المشاكل (IMO, 2018).

ويمكن أن يكون لإغراق النفايات الصلبة في المحيطات والبحار آثار متباينة على النظام الإيكولوجي البحري ونباتاته وحيواناته، وكذلك على البشر الذين يعتمدون على مصادر المياه المالحة. ويمكن أن تشمل هذه الآثار التلوث الكيميائي (انظر الفصل 11)، وتلوث المغذيات وفرط المغذيات (انظر الفصل 10)، وتدهور نوعية المياه، واستنفاد مستويات الأكسجين في المياه، وخنق المخلوقات البحرية، وانخفاض الغطاء النباتي المغمور بالمياه، وتسميم ووفاة النباتات والحيوانات المحيطية، ومخاطر على صحة الإنسان. وفي حين توجد مسارات مختلفة للتلوث وما يرتبط بها من مصادر، فإن لإجراءات إغراق النفايات الصلبة نصيباً من المسؤولية عن العبء على المحيطات والبحار (IMO, 2018).

2-6 - الآثار البيئية والاجتماعية - الاقتصادية الناجمة عن التغيرات المستمرة في النظام

تحدث تحولات غير مرغوب فيها في المحيط لحالات النظام الإيكولوجي نتيجة لتضافر القوى الخارجية التي تؤثر على النظام وقدرته على الصمود. ومع تراجع القدرة على الصمود، يصبح النظام الإيكولوجي ضعيفاً، ونتيجة لذلك، يمكن أن تتسبب الأحداث الخارجية الأصغر تدريجياً في حدوث تحولات. وهكذا، فإن الأعمال البشرية المنشأ التي تؤدي إلى تقلبات تزيد من احتمال حدوث تحولات غير مرغوب فيها في النظام الإيكولوجي (Scheffer and others, 2001).

وكما أن هناك معرفة محدودة بالعواقب الاجتماعية والاقتصادية، فإن الأمر نفسه ينطبق عند تقييم عواقب التغير المستمر في هذا النظام. ويمكن أن تتسبب التحولات في حالة النظام الإيكولوجي بخسائر كبيرة من حيث الموارد الإيكولوجية والاقتصادية. وقد تعتمد استعادة حالة مرغوبة على التدهور الذي يؤثر على النظام وتتطلب تدخلاً جذرياً ومكلفاً. ويشير أحد التقديرات إلى أن إزالة القمامة من مجاري المياه المستعملة في جنوب أفريقيا ستكلف حوالي 279 مليون دولار في السنة (Lane and others, 2007). وفيما يتعلق بأنشطة الإغراق الأخرى، هناك ثغرات كبيرة في المعرفة بالعواقب الاجتماعية والاقتصادية والأدوات القائمة على السوق.

2-7 - الصلة بأهداف التنمية المستدامة

ترتبط مسألة إغراق النفايات ارتباطاً وثيقاً بالهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة، ولا سيما الغايتين 14-1 و 14-ج. وفي سياق هذا الفصل، ترتبط المرامي ذات الصلة بالهدف 14 أيضا بالهدف 12 المتعلق بضمان أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة، وكذلك الهدف 11 بشأن جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة. وقد تم الاضطلاع بقدر كبير من العمل لزيادة دعم إدماج أهداف التنمية المستدامة ضمن القطاعات، مما قد يكون له أثر إضافي على الإغراق في البحر. وعلى وجه الخصوص، فإن الشراكة العالمية بشأن إدارة النفايات (UNEP, 2010) هي حلقة هامة من نقاط التقارب والتكامل، لا سيما وأن مجالاتها المواضيعية الستة تشمل الإدارة المتكاملة للنفايات والقمامة البحرية وتقليل النفايات إلى أدنى حد. وعملا باتفاقية لندن، تشمل الجهود المبذولة لمعالجة القمامة البحرية إنشاء قاعدة بيانات لمرافق الاستقبال في الموانئ، بوصفها وحدة من نماذج النظام العالمي المتكامل للمعلومات عن النقل البحري التابع للمنظمة البحرية الدولية.

2-8 - التوقعات

ترتبط العوامل المحركة للتغيير فيما يتعلق بالإغراق بالتعديلات التي تطرأ على أنماط الإنتاج والاستهلاك للمواد المغرقة حاليا في المحيط. وفي حين أن مجاري النفايات المختلفة والمتميزة مشمولة باتفاقية لندن وبروتوكول لندن، يرتبط كل مجرى بقطاعات ومحركات منفصلة قد تؤدي إلى التغيير. ولذلك، ينبغي أن تشمل أنماط الإنتاج والاستهلاك المتغيرة مختلف أصحاب المصلحة من مجموعة متنوعة من الصناعات.

وتوفر الخطة الاستراتيجية، التي اعتُمدت في عام 2016 في الاجتماع الاستشاري الثامن والثلاثين للأطراف المتعاقدة في اتفاقية لندن والاجتماع الحادي عشر للأطراف المتعاقدة في بروتوكول لندن، بعض المؤشرات على التنمية على المدين القريب والمتوسط فيما يتعلق بالإغراق (IMO, 2018). وتحدد الخطة أربعة اتجاهات استراتيجية. ويهدف الاتجاه الاستراتيجي الأول إلى تشجيع التصديق على بروتوكول لندن أو الانضمام إليه، ويحدد هدفاً يتمثل في زيادة المعدل السنوي للتصديقات الجديدة أو الانضمام بشكل كبير. ويهدف الاتجاه الاستراتيجي الثاني إلى تعزيز التنفيذ الفعال لبروتوكول لندن واتفاقية لندن من خلال تقديم المساعدة والدعم التقنيين للأطراف المتعاقدة، ووضع توجيهات وتدابير لدعم التنفيذ من خلال معالجة العوائق التنظيمية والعلمية والتقنية، وتشجيع وتيسير تحسين الامتثال، بما في ذلك الإبلاغ، فضلاً عن تشجيع وتيسير مشاركة

الأطراف المتعاقدة في أعمال الصكين. ويهدف الاتجاه الاستراتيجي الثالث إلى تعزيز عمل بروتوكول لندن واتفاقية لندن خارجيا، ويهدف الاتجاه الاستراتيجي الرابع إلى تحديد ومعالجة القضايا الناشئة في البيئة البحرية في إطار الصكين. وتحقيقاً لتلك الغاية، تم وضع عدة أهداف متدرجة، حيث ينبغي أن تفي 100 في المائة من الأطراف المتعاقدة بالتزاماتها المتعلقة بتقديم التقارير بحلول عام 2030، وينبغي أن تكون لها سلطة وطنية وهيئة تشريعية أو تنظيمية مناسبة لتنفيذ اتفاقية لندن وبروتوكول لندن.

وتتمثل الأهداف المستقبلية في إطار كل من اتفاقية لندن وبروتوكول لندن بتنظيم تخصيب المحيطات والهندسة الجيولوجية واستعراض آثار تكنولوجيات "الهندسة الجيولوجية" البحرية الجديدة. ويُتوخى القيام بمزيد من العمل على أساس التعاون بين المنظمة البحرية الدولية (في إطار بروتوكول لندن) والأمم المتحدة وفريق الخبراء المشترك المعني بالجوانب العلمية لحماية البيئة البحرية، بشأن تدمير أو استعادة مخلفات المناجم والموائل والقمامة البحرية، من أجل سد الثغرات في الإطار القانوني الدولي. كما سيتم إطلاق الإبلاغ السهل عبر الإنترنت وإنشاء قاعدة بيانات واستعراض أنشطة الرصد. وأخيرا، ستتم معالجة الآثار البيئية للذخائر الكيميائية المتبقية المغرقة سابقاً في البحر.

2-9 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وفي مجال بناء القدرات

منذ اعتماد اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار واتفاقية لندن وبروتوكول لندن، أدخلت الدول الساحلية أنظمة للتخلص من النفايات الصلبة في البحر، وتم إحراز تقدم ملحوظ (IMO, 2018). ولكن نظراً إلى نقص الإبلاغ الكبير من جانب العديد من الأطراف المتعاقدة وعدم وجود بيانات منشورة، من الصعب تتبع التنفيذ وفهم المدى الحالي للتحدي القائم.

وتشمل الثغرات المعرفية ما يلي:

- نطاق تأثيرات السفن المغرقة المصنوعة من البلاستيك المقوى بألياف زجاجية
- الآثار الاجتماعية والاقتصادية لجميع مجاري النفايات التي يسمح بإغراقها، بما في ذلك الآثار المتبقية من أنشطة الإغراق
- فهم آثار السياسات ذات الصلة على أنشطة الإغراق والآثار البيئية البحرية (مثل سياسات النفايات)
- فهم مدى تأثير القمامة البحرية
- الآثار التراكمية للأنشطة الحالية والسابقة وأنشطة الإغراق والتلوث السائد من مصادر أخرى

وتشمل الثغرات في مجال بناء القدرات ما يلي:

- رصد أنشطة الإغراق (والإبلاغ عنها)
- فهم آثار الأنشطة البرية على كمية مجاري النفايات المغرقة في المحيطات
- تقنيات جديدة لإدارة المخاطر المرتبطة بإغراق الذخائر، ووضع مبادئ توجيهية بشأن مصادفة الذخائر (مثل الأفراد العاملين في صناعة صيد الأسماك، وتقنيات الإزالة الآمنة ورصد الآثار المحتملة للذخائر المغرقة)
- استحداث بدائل مستدامة للإغراق في المحيطات أو منع الحاجة إلى الإغراق عن طريق تغيير أنماط الإنتاج

وفي حين أن إغراق معظم مجاري النفايات المسموح بها قد انخفض بدرجة كبيرة، فإن مجاري النفايات الأخرى قد تزداد. كما أن المناطق المتباعدة في العالم تزداد ترابطاً لأن قرارات الاستهلاك والإنتاج والإدارة تؤثر على المواد والنفايات والطاقة وتدفقات المعلومات في بلدان أخرى، مما يمكن أن يولد مكاسب اقتصادية إجمالية بالتوازي مع تحويل التكاليف الاقتصادية والبيئية في الوقت ذاته. ومع توقع بناء أكثر من 60 في المائة من الهياكل الأساسية الحضرية بحلول عام 2050، فإن فهم دور أنشطة الإغراق الناجمة عن أنشطة البناء والتنمية الحضرية أمر بالغ الأهمية. وينبغي النظر في الآثار البرية والبحرية لتلك الأنشطة على البيئة البحرية.

المراجع

Abayomi, Oyebamiji, and others (2017). Microplastics in coastal environments of the Arabian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 124, No. 1, pp. 181–188. http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.011.

Addamo, A.M., and others (2017). *Top Marine Beach Litter Items in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-79-87711-7. http://doi.org/10.2760/496717.

Amélineau, Françoise, and others (2016). Microplastic pollution in the Greenland Sea: background levels and selective contamination of planktivorous diving seabirds. *Environmental Pollution*, vol. 219, pp. 1131–1139.

Arias-Andrés, María, and others (2018). Microplastic pollution increases gene exchange in aquatic ecosystems. *Environmental Pollution*, vol. 237, pp. 253–261.

Arossa, Silvia, and others (2019). Microplastic removal by Red Sea giant clam (Tridacna maxima). *Environmental Pollution*, vol. 252, part. B.

Barboza, Luís Gabriel Antão, and others (2018). Marine microplastic debris: an emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 133, pp. 336–348.

Barnes, David K.A., and others (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, No. 1526, pp. 1985–1998.

Barrows, Abigail, and others (2018). Marine environment microfiber contamination: global patterns and the diversity of microparticle origins. *Environmental Pollution*, vol. 237, pp. 275–284.

Beaumont, Nicola J., and others (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 142, pp. 189–195.

Beck, Aaron J., and others (2018). Spread, behavior, and ecosystem consequences of conventional munitions compounds in coastal marine waters. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 141.

Beer, Sabrina, and others (2018). No increase in marine microplastic concentration over the last three decades: a case study from the Baltic Sea. *Science of the Total Environment*, vol. 621, pp. 1272–1279.

Bessa, Filipa, and others (2019). Microplastics in gentoo penguins from the Antarctic region. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 14191. https://doi.org/10.1038/s41598-019-50621-2.

Brandon, Jennifer A., and others (2019). Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. *Science Advances*, vol. 5, No. 9. https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0587.

Carlton, James T., and others (2017). Tsunami-driven rafting: transoceanic species dispersal and implications for marine biogeography. *Science*, vol. 357, No. 6358, pp. 1402–1406.

Catarino, A.I., and others (2018). Low levels of microplastics (MP) in wild mussels indicate that MP ingestion by humans is minimal compared to exposure via household fibres fallout during a meal. *Environmental Pollution*, vol. 237, pp. 675–684

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.

Cincinelli, Alessandra, and others (2017). Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere*, vol. 175, pp. 391–400.

Claro, Francoise, and others (2019). Tools and constraints in monitoring interactions between marine litter and megafauna: Insights from case studies around the world. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 141, pp. 147–160.

Collignon, Amandine, and others (2012). Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, No. 4, pp. 861–864. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.01.011.

Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR) (2010a). *Overview of Past Dumping at Sea of Chemical Weapons and Munitions in the OSPAR Maritime Area: 2010 Update*. London.

_____(2010b). Quantities of dredged material dumped. In *Quality Status Report 2010*. https://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00433_supplements/p00433_suppl_3_total_annual_amounts.pdf.

_____(2016). OSPAR annual report on dumping and placement of wastes or other matter at sea in 2014. Environmental Impacts of Human Activities Series.

_____(2017). *Marine Litter chapter*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/marine-litter.

Compa, Montserrat, and others (2019). Spatio-temporal monitoring of coastal floating marine debris in the Balearic Islands from sea-cleaning boats. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 141, pp. 205–214.

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.

Cózar A., and others (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 111, No. 28, pp. 10239–10244.

Cózar, A., and others (2017). The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. *Science Advances*, vol. 3, No. 4, p. e1600582.

Crippa, Maurizio, and others (2019). *A Circular Economy for Plastics: Insights from Research and Innovation to Inform Policy and Funding Decisions*. M.D. Smet and M. Linder, eds. Brussels: European Commission.

Domènech, F., and others (2019). Two decades of monitoring in marine debris ingestion in loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, from the western Mediterranean. *Environmental Pollution*, vol. 244, pp. 367–378.

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, p. e111913.

Eriksen, Marcus, and others (2018). Microplastic sampling with the AVANI trawl compared to two neuston trawls in the Bay of Bengal and South Pacific. *Environmental Pollution*, vol. 232, pp. 430–439.

European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal*, vol. 14, No. 6, e04501.

Everaert, Gert, and others (2018). Risk assessment of microplastics in the ocean: modelling approach and first conclusions. *Environmental Pollution*, vol. 242, pp. 1930–1938.

Fang, Chao, and others (2018). Microplastic contamination in benthic organisms from the Arctic and sub-Arctic regions. *Chemosphere*, vol. 209, pp. 298–306.

Filho W., and others (2019). Plastic debris on Pacific islands: ecological and health implications. *Science of the Total Environment*, vol. 670, pp. 181–187, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.181.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to Food Security and Nutrition for All*. Rome.

Gaibor, Nikita, and others (2020). Composition, abundance and sources of anthropogenic marine debris on the beaches from Ecuador: a volunteer-supported study. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 154, art. 111068. http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111068.

García-Rivera, Santiago, and others (2018). Spatial and temporal trends of marine litter in the Spanish Mediterranean seafloor. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 137, pp. 252–261.

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.

Geyer, Roland, and others (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, vol. 3, No. 7, p. e1700782.

Helsinki Commission (2013). *Chemical Munitions Dumped in the Baltic Sea. Report of the Ad Hoc Expert Group to Update and Review the Existing Information on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea*. Baltic Sea Environment Proceeding (BSEP), No. 142.

Hess, Ronald W., and others (2001). *Disposal Options for Ships*. Santa Monica, California: RAND Corporation. www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1377.html.

Hidalgo-Ruz, Valeria, and others (2018). Spatio-temporal variation of anthropogenic marine debris on Chilean beaches. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 126, pp. 516–524.

Hong, Sunwook, and others (2017). Navigational threats by derelict fishing gear to navy ships in the Korean seas. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 119, No. 2, pp. 100–105. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul. 2017.04.006.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019). *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services: Summary for Policymakers*. J. Brondizio, S. Settele and H.T.N. Díaz, eds. Bonn: IPBES secretariat. www.ipbes.net/global-assessment-biodiversity-ecosystem-services.

International Maritime Organization (IMO) (2016a). *Overview of Statistics of Dumping Permits for the Period from 1972–2010 for the Twentieth Anniversary of the Adoption of the London Protocol*. Final Report on Permits Issued in 2010, LC 38-7-1.

_____(2016b). *Review of the Current State of Knowledge Regarding Marine Litter in Wastes Dumped at Sea under the London Convention and Protocol*. Final Report.

_____(2018). *Report of the Forty-First Meeting of the Scientific Group of the London Convention and the Twelfth Meeting of the Scientific Group of the London Protocol,* LC/SG 41/16.

_____(2019). *London Convention and Protocol Overview of Statistics of Dumping Permits for the Period 1976 to 2016 (2019)*. Direct Communication from the Secretariat for London Convention/Protocol and Ocean Affairs.

Ioakeimidis C., and others (2017). Occurrence of marine litter in the marine environment: a world panorama of floating and seafloor plastics. In *Hazardous Chemicals Associated with Plastics in Environment*. H. Takada and H.K. Karapanagioti, eds. Handbook of Environmental Chemistry Series, vol. 78. Cham, Switzerland: Springer, pp. 93–120. https://link.springer.com/chapter/10.1007/698_2017_22.

Isobe, Atsuhiko, and others (2015). East-Asian seas: a hot spot of pelagic microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 101, No. 2, pp. 618–623.

Isobe, Atsuhiko, and others (2017). Microplastics in the Southern Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 114, No. 1, pp. 623–626.

Ivar do Sul, Juliana A., and others (2014). Microplastics in the pelagic environment around oceanic islands of the Western Tropical Atlantic Ocean. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 225, No. 7, art. 2004.

Jambeck, Jenna R., and others (2015). Plastic waste inputs from land intothe ocean. Science, vol. 347, No. 622, pp. 768–771.

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, art. 180667.

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2016). *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: Part 2 of a Global Assessment*. P.J. Kershaw and C.M. Rochman, eds. GESAMP Report and Studies Series, No. 93. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.

_____ (2019). *Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter and Microplastics in the Ocean*. P.J. Kershaw and F. Galgani, eds. GESAMP Report and Studies Series, No. 99.

Kako, Shin'ichiro, and others (2014). A decadal prediction of the quantity of plastic marine debris littered on beaches of the East Asian marginal seas. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 81, No. 1, pp. 174–184.

Kanhai, La Daana K., and others (2018). Microplastics in sub-surface waters of the Arctic Central Basin. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 130, pp. 8–18. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.011.

Kühn, Fabienne, and others (2018). Plastic ingestion by juvenile polar cod (*Boreogadus saida*) in the Arctic Ocean. *Polar Biology,* vol. 41, pp. 1269–1278. https://doi.org/10.1007/s00300-018-2283-8.

Lacerda, Ana L.D.F., and others (2019). Plastics in sea surface waters around the Antarctic Peninsula. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 3977.

Lane, S.B., and others (2007). Regional overview and assessment of marine litter related activities in the West Indian Ocean region. *Report to the United Nations Program*.

Lavender Law, Kara, and others (2010). Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. *Science*, vol. 329, No. 5996, pp. 1185–1188. http://doi.org/10.1126/science.1192321.

Lavender Law, Kara, and others (2014). Distribution of surface plastic debris in the eastern Pacific Ocean from an 11-year data set. *Environmental Science and Technology*, vol. 48, No. 9, pp. 4732–4738.

Lavender Law, Kara, and others (2017). Plastics in the marine environment. *Annual Review of Marine Science*, vol. 9, pp. 205–229.

Lavers, Jennifer L., and Alexander L. Bond (2017). Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 23, pp. 6052–6055.

Lebreton, L., and others (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, vol. 8, art. 15611.

Lechner, Aaron, and others (2014). The Danube so colourful: a potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. *Environmental Pollution*, vol. 188, pp. 177–181.

Leclerc, Lisa-Marie E., and others (2012). A missing piece in the Arctic food web puzzle? Stomach contents of Greenland sharks sampled in Svalbard, Norway. *Polar Biology*, vol. 35, No. 8, pp. 1197–1208. https://doi.org/10.1007/s00300-012-1166-7.

Lusher, Amy (2015). Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. In *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, pp. 245–307.

Macfadyen, Graeme, and others (2009). *Abandoned, Lost or Otherwise Discarded Fishing Gear.* UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 185 and FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 523. Rome: FAO.

Maes, Thomas, and others (2018). Below the surface: twenty-five years of seafloor litter monitoring in coastal seas of North West Europe (1992–2017). *Science of the Total Environment*, vol. 630, pp. 790–798. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.245.

Markic, Ana, and others (2018). Double trouble in the South Pacific subtropical gyre: increased plastic ingestion by fish in the oceanic accumulation zone. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 136, pp. 547–564.

Martínez-Vicente, Víctor, and others (2019). Measuring marine plastic debris from space: initial assessment of observation requirements. *Remote Sensing*, vol. 11, No. 20.

Maximenko, Nikolai, and others (2019). Toward the Integrated Marine Debris Observing System. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 447. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00447.

Ministry of Ecology and Environment, China (2019). *Bulletin of Marine Ecological Environmental Status of China in 2018*. http://hys.mee.gov.cn/dtxx/201905/P020190529532197736567.pdf.

McIlgorm, A., and others (2020). *Update of 2009 APEC report on Economic Costs of Marine Debris to APEC Economies*. A report to the APEC Ocean and Fisheries Working Group by the Australian National Centre for Ocean Resources and Security (ANCORS). Australia: University of Wollongong.

Miranda–Urbina, Diego, and others (2015). Litter and seabirds found across a longitudinal gradient in the South Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 96, Nos. 1–2, pp. 235–244.

Monteiro, Raqueline C.P., and others (2018). Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, vol. 238, pp. 103–110.

Morgana, Silvia, and others (2018). Microplastics in the Arctic: a case study with sub–surface water and fish samples off Northeast Greenland. *Environmental Pollution*, vol. 242, pp. 1078–1086.

Munari, Cristina, and others (2017). Microplastics in the sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Marine Pollution Bulletin*, vol. 122, Nos. 1–2, pp. 161–165.

Murray, Cathryn Clarke, and others (2018). The influx of marine debris from the Great Japan Tsunami of 2011 to North American shorelines. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 132, pp. 26–32.

Nielsen, Julius, and others (2014). Distribution and feeding ecology of the Greenland shark (*Somniosus microcephalus*) in Greenland waters. *Polar Biology*, vol. 37, No. 1, pp. 37–46. https://doi.org/10.1007/s00300–013–1408–3.

Ostle, Clare, and others (2019). The rise in ocean plastics evidenced from a 60–year time series. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, art. 1622.

Peeken, Ilka, and others (2018). Microplastics in the marine realms of the Arctic with special emphasis on sea ice. *Arctic Report Card*, vol. 2018, pp. 89–99.

Petry, Maria V., and Victória R.F. Benemann (2017). Ingestion of marine debris by the white–chinned petrel (*Procellaria aequinoctialis*): is it increasing over time off southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin*, vol. 117, Nos. 1–2, pp. 131–135.

Pham, Christopher, and others (2014). Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PLOS One*, vol. 9, No. 4, p. e95839.

Pierdomenico, Martina, and others (2019). Massive benthic litter funnelled to deep sea by flash–flood generated hyperpycnal flows. *Scientific Reports*, vol. 9, art. 5330. www.nature.com/articles/s41598–019–41816–8.

PlasticsEurope (2019). *Plastics: The Facts 2018 – An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. Brussels.

Reisser, Julia, and others (2014). Millimeter–sized marine plastics: a new pelagic habitat for microorganisms and invertebrates. *PLOS One*, vol. 9, No. 6, p. e100289.

Richardson, Kelsey, and others (2019). Estimates of fishing gear loss rates at a global scale: a literature review and meta-analysis. *Fish and Fisheries*, vol. 20, No. 6, pp. 1218–1231. https://doi.org/10.1111/faf.12407.

Rochman, Chelsea M. (2018). Microplastics research: from sink to source. *Science*, vol. 360, No. 6384, pp. 28–29.

Rochman, Chelsea M., and others (2016). The ecological impacts of marine debris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology*, vol. 97, No. 2, pp. 302–312. https://doi.org/10.1890/14–2070.1.

Scheffer, Marten, and others (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, vol. 413, No. 6856, pp. 591–596.

Scheld, Andrew, and others (2016). The dilemma of derelict gear. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 19671. https://doi.org/10.1038/srep19671.

Schmidt, Christian, and others (2017). Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environmental Science and Technology*, vol. 51, No. 21, pp. 12246–12253. https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.7b02368.

Schulz, Marcus, and others (2013). A multi-criteria evaluation system for marine litter pollution based on statistical analyses of OSPAR beach litter monitoring time series. *Marine Environmental Research*, vol. 92, pp. 61–70.

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.

Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA) (2019). *A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society*. Berlin. https://doi.org/10.26356/microplastics.

Strafella, P., and others (2019). Assessment of seabed litter in the Northern and Central Adriatic Sea (Mediterranean) over six years. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 141, pp. 24–35.

Tekman, Mine B., and others (2017). Marine litter on deep Arctic seafloor continues to increase and spreads to the North at the HAUSGARTEN observatory. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 120, pp. 88–99.

Ten Brink, Patrick, and others (2018). Circular economy measures to keep plastics and their value in the economy, avoid waste and reduce marine litter. *Economics.* Discussion paper, No. 2018-3, pp. 1–15. www.economics-ejournal.org/economics/discussionpapers/2018-3.

Thiel, Martin, and others (2018). Impacts of marine plastic pollution from continental coasts to subtropical gyres: fish, seabirds, and other vertebrates in the SE Pacific. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 238.

Topouzelis, Konstantinos, and others (2019). Detection of floating plastics from satellite and unmanned aerial systems (Plastic Litter Project 2018). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 79, pp. 175–183. https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.03.011.

United Nations (2017a). *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.

United Nations Environment Assembly (UNEA) (2019). *Resolutions and Decisions Adopted by the Committee of the Whole of the United Nations Environment Assembly at Its Fourth Session on 11 – 15 March 2019. Ministerial Declaration, Resolutions and Decisions for UNEA 4.* https://environmentassem bly.unenvironment.org/proceedings-report-ministerial-declaration-resolutions-and-decisions-unea-4.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2010). *Global Partnership on Waste Managem*ent.

_____(2014) *Valuing Plastics: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry*. Nairobi.

_____(2017). *Marine Litter Socio Economic Study*. Nairobi.

_____(2018). *Single-Use Plastics: A Roadmap for Sustainability*. Nairobi.

_____(2019). *State of the Environment and Development in the Mediterranean. UNEP MAP.* Information document of the 21st Meeting of the Contracting Parties to the Barcelona Convention. Naples, Italy, 2–5 December 2019. UNEP/MED IG.24/Inf.11. Nairobi.

United Nations Environment Programme and GRID-Arendal (2016). *Marine Litter Vital Graphics.* Nairobi.

Van Cauwenberghe, Lisbeth, and others (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*, vol. 182, pp. 495–499.

Van der Hall, N., and others (2017). Exceptionally high abundances of microplastics in the oligotrophic Israeli Mediterranean coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 116, pp. 151–155.

Van Emmerick, Tim, and others (2018). Methodology to characterize riverine macroplastic emission into the ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 372. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00372.

Van Franeker, Jan A., and Kara Lavender Law (2015). Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. *Environmental Pollution*, vol. 203, pp. 89–96.

Van Sebille, Erik, and others (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, vol. 10, No. 12, p. 124006.

Veerasingam, S., and others (2016). Characteristics, seasonal distribution and surface degradation features of microplastic pellets along the Goa coast, India. *Chemosphere*, vol. 159, pp. 496–505.

Viršek, Manca Kovač, and others (2017). Microplastics as a vector for the transport of the bacterial fish pathogen species *Aeromonas salmonicida*. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 125, Nos. 1–2, pp. 301–309.

Waller, Catherine, and others (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: an emerging areaof research. *Science of the Total Environment*. vol. 598, pp. 220–227. https://doi.org/10.1016/j.scito tenv.2017.03.283.

Walther, Bruno A., and others (2018). Type and quantity of coastal debris pollution in Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 135, pp. 862–872.

Wilcox, Chris, and others (2018). A quantitative analysis linking sea turtle mortality and plastic debris ingestion. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, p. 12536. https://doi.org/10.1038/s41598-018-30038-z.

Wilcox, Chris, and others (2019). Abundance of Floating Plastic Particles Is Increasing in the Western North Atlantic Ocean. *Environmental Science and Technology*, vol. 54, No. 2, pp. 790–796. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04812.

Woodall, Lucy C., and others (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, vol. 1, No. 4, art. 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.

Wright, Stephanie, and Franck Kelly (2017). Plastic and human health: a micro issue? *Environmental Science. and Technology*, vol. 51, No. 12, pp. 6634–6647. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423.

Zablotski, Yury, and Sarah B.M. Kraak (2019). Marine litter on the Baltic seafloor collected by the international fish-trawl survey. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 141, pp. 448–461. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.014.

Zhou, Changchun, and others (2016). Assessment of marine debris in beaches or seawaters around the China seas and coastal provinces. *Waste Management*, vol. 48, pp. 652–660.

الفصل 13

التغيرات في التحات والترسب

المساهمون: كا ثانه فو (عضو رئيسي ومنظم اجتماعات)، وبوليت بينو، وترانغ مينه دونغ، ومات إليوت، وفرانك هول، وروشانكا راناسينغ، وماتيو دي شيبر، وجوشوا توهومواير (عضو رئيسي مشارك).

النقاط الرئيسية

- يمكن أن يؤدي التحات الساحلي إلى تراجع السواحل وتدمير الموائل وفقدان الأراضي، مما يتسبب في آثار إيكولوجية واجتماعية واقتصادية سلبية كبيرة على المناطق الساحلية العالمية.
- تحدد ميزانية الرواسب والجيولوجيا المورفولوجيا والديناميات الساحلية التي تؤثر على طبيعة النظم الإيكولوجية الساحلية وصحتها. وتغير الأنشطة البشرية، التي تؤثر على ديناميات الرواسب، سواء على الساحل أو على اليابسة، أنماط التحات والترسب التي تحدث بصورة طبيعية.
- يتزايد على الصعيد العالمي سحب أو انقطاع إمدادات الرواسب إلى الساحل وعلى امتداده، من خلال السدود الموجودة في منابع الأنهار، واستخراج الرمال الساحلية والنهرية، والبنى التحتية الساحلية. ويعزز انخفاض إمدادات الرواسب تراجع خط الساحل.
- تشهد المنحدرات تحاتا تدريجيا، بخلاف السواحل الرملية أو الموحلة، وهو ما يعود بدرجة كبيرة إلى مزيج من أوجه عدم استقرار الظروف الجيوتقنية، والعوامل الجوية المؤثرة في الجانب العلوي للمنحدر وحركة الأمواج المؤثرة في الجانب السفلي للمنحدر.
- تكشف نتائج البحوث الحديثة العهد أن خط الساحل في 15 في المائة تقريبا من جميع الشواطئ الرملية في جميع أنحاء العالم آخذ في التراجع على مدى السنوات الـ 33 الماضية باتجاه متوسط يبلغ مترا واحدا في السنة أو أكثر، في حين أن حالة نصف الشواطئ الرملية في العالم تقريباً مستقرة في الوقت الراهن.
- يرتبط العديد من المناطق التي لوحظ فيها تقدم خط الساحل عبر التاريخ بعمليات الاستصلاح والحجز الناجمة عن الهياكل الساحلية. فتلك الأنشطة البشرية تغير الديناميات الساحلية، مما يؤدي عادة إلى التحات بفعل انصراف التيار.
- يمكن لآثار تغير المناخ، بما في ذلك ارتفاع مستوى سطح البحر والزيادات المحتملة في تواتر وحدة العواصف المدارية وخارج المدارية الشديدة، أن تعجل التحات الساحلي. وتترتب على الأنشطة البشرية آثار أقوى على مناطق الدلتا والسواحل المتلاصقة، مع احتمال أن تكون لها آثار شديدة على النظم الساحلية الأخرى مثل الألسنة الرملية والجزر الحاجزة ومصاب الأنهار التي تهيمن عليها الأمواج.

1 - مقدمة

نوقش بإيجاز في الفصل 26 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a) التحات الساحلي والأضرار اللاحقة بالممتلكات الساحلية. غير أن هذا الفصل تضمن مناقشة محدودة للأسباب الأوسع نطاقاً، والتوزيعات الجغرافية وتأثيرات تحات وترسب السواحل، والآثار الناجمة عن زيادة استخدام هياكل حماية السواحل، وتأثيرات التحات الساحلي على النظم الإيكولوجية الساحلية، والقدرة على تصور تحات وترسب السواحل والتنبؤ بحصولهما.

ويتناول هذا الفصل الثغرات المذكورة أعلاه، مع التركيز بشكل خاص على الاتجاهات والتغيرات في أنماط تحات وترسب السواحل خلال الفترة 2010-2020، وفقا لحالة خط الأساس التي جرى وصفها في التقييم العالمي الأول (United Nations, 2017c). وتشمل الجوانب التي نظر فيها التغيرات في إدارة الأنهار التي تبدل إمدادات الرواسب إلى السواحل؛ واستخراج الرمال والتجريف والتخلص من المواد المجروفة؛ والتغيرات في البنى التحتية الساحلية التي تؤثر على عمليات نقل الرواسب الساحلية؛ وتحات وترسب السواحل فيما

يتعلق بالنظم الإيكولوجية الساحلية والمحيطية والاقتصادات الاجتماعية (الموارد الطبيعية أو رأس المال، وسبل العيش، والرفاهية)؛ وممارسات الإدارة لمنع تحات وترسب السواحل؛ والتطورات في مجال المعرفة والقدرات التي أسهمت في تقييم التغيرات التي تحصل في حالة معينة.

2 - التغيرات في حالة تحات وترسب السواحل

تشمل العوامل التي تؤثر على تحات وترسب السواحل خصائص تتعلق بالرواسب الساحلية، والتبادلات بين اليابسة والساحل والجرف، والاستجابات الجيومورفية للتأثيرات المحيطية. وقد تؤثر الأنشطة البشرية على تحات وترسب السواحل وتتأثر بهما تأثيراً كبيراً على حد سواء (Hapke and others, 2013; Angamuthu and others, 2018; Mentaschi and others, 2018).

وأجري تقييم حديث للتغير الحاصل في إمدادات الرواسب إلى مناطق الدلتا باستخدام نُهج تعتمد التصوير الساتلي مع مراعاة محاصرة الرواسب في السهول الفيضية أو مصاب الأنهار (Nyberg and others, 2018)؛ والتوزيع النسبي بين الجرف والساحل؛ وحركة الرواسب النهرية مقارنة بالمواد الموجودة في الموقع على السواحل الموحلة أو الرملية أو الصخرية. وتشمل العوامل التي تؤثر على استجابات خط الساحل لتوافر الرواسب والتي تتغير بحسب الموقع الجغرافي، الأطر الجيولوجية الأساسية، وحركة الأمواج، والديناميات المائية لحركة المد والجزر، والعمليات الهوائية، وتفاعلات التغيرات المورفولوجية البيئية، كما هي الحال بالنسبة إلى الكثبان الرملية أو أشجار المنغروف (Moore and others, 2018).

ويمكن أن تحدث آثار واسعة النطاق بسبب الأنشطة البشرية إذا تعطل نقل الرواسب على طول الشواطئ بسبب تركيب الهياكل الساحلية أو استخراج الرمال (Hapke and others, 2013; International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2016) وعلاوة على ذلك، تشمل المناطق الساحلية المنخفضة التي توصف بأنها عرضة لتأثير الارتفاع المرتقب لمستوى سطح البحر بشكل سريع، والأراضي الرطبة الساحلية، والسواحل الحاجزة، والدلتات، والجزر الصغيرة (Nicholls and others, 1999).

ولم يتوافر حتى وقت قريب تقييم موثوق به على نطاق عالمي لحالات حدوث الشواطئ الرملية أو لمعدلات تغير شكل خطها الساحلي. ومن خلال استخدام الصور الساتلية وتقنيات متقدمة لتحليل تجهيز الصور وموارد الحوسبة التي زاد توفرها، عرضت دراسة (Luijendijk and others, 2018a) تقييماً عالمياً يتضمن أحدث التطورات فيما يتعلق بحالات حدوث الشواطئ الرملية وتطورها باستخدام تحليل مؤتمت بالكامل للصور الساتلية على مدى 33 عاماً (1984-2016). وأظهر تحليل هذه الصور أن نسبة 31 في المائة من الخط الساحلي العالمي الخالي من الجليد مساحة رملية، مع الإفادة بوجود أعلى نسبة للشواطئ الرملية في أفريقيا (66 في المائة)، على الرغم من أن طبيعة وخصائص تلك الشواطئ التي جرى فحصها في الدراسة تتفاوت بشكل كبير.

2-1 - التغيرات في القوى المحركة

نشأت الحضارات الإنسانية وازدهرت في السهول الفيضانية والمناطق الساحلية الواقعة عند دلتات الأنهار الكبيرة في العالم، والتي يسكنها حاليا حوالي 2,7 بليون نسمة (Best, 2019). وأدت الزيادة السريعة في الطلب على المياه والغذاء والأراضي والطاقة إلى تدخلات بشرية، مثل بناء السدود الكبيرة، وإزالة الغابات، وتوسع الكثافة الزراعية، والتحضر، وبناء الهياكل الأساسية، واستخراج الرمال. ووضعت هذه الأنشطة البشرية تلك النظم تحت ضغط هائل، مما أدى إلى تغيرات واسعة النطاق لا رجعة فيها.

ووفقاً للجنة الدولية للسدود الكبيرة (2018)، يوجد على الصعيد العالمي 59 071 سداً يزيد ارتفاع كل منها على 15 متراً وخزانات مرتبطة بها يزيد حجمها على 3 ملايين متر مكعب. وأكبر كثافة للسدود التي تعمل بالطاقة الكهرومائية توجد موجودة في أمريكا الجنوبية وجنوب آسيا وأوروبا الشمالية. أما أكبر السدود، بما فيها السدود التي بنيت أو قيد الإنشاء أو المخطط لها، فتقع في حوض نهر الميكونغ وحوض نهر الأمازون وحوض نهر الكونغو (Kondolf and others, 2014؛ Warner and others, 2019).

ويمكن أن يؤدي بناء السدود والخزانات إلى خفض إمدادات الرواسب إلى الساحل بدرجات مختلفة (Slagel and Griggs, 2008)، وأحيانا بأكثر من 50 في المائة (Besset and others, 2019)، مما يؤدي إلى تحات الدلتات والسواحل المتلاصقة. ومن المتوقع أن يزداد انخفاض إمدادات الرواسب إلى السواحل إلى حد كبير في القرن الحادي والعشرين (Dunn and others, 2018) بنسبة تتراوح بين 50 و 100 في المائة (Kondolf and others, 2014؛ و Besset and others, 2019). ففي نهر اللؤلؤ، الصين، على سبيل المثال، أدى بناء سدين ضخمين (يانغتان و لونغتان) إلى خفض إمدادات الرواسب النهرية إلى الساحل بنسبة 70 في المائة خلال الفترة 1992–2013 (Ranasinghe and others, 2019). وبحسب ما تبين في دراسة (Kondolf and others, 2014)، فإن 140 سداً قد تم بناؤها أو يجري بناؤها أو من المقرر بناؤها على نهر الميكونغ أو روافده. وفي إطار مفهوم "حتمية المستقبل"، فإنه إذا تم بالفعل إنجاز 38 سداً مخططاً لها أو قيد الإنشاء، فستبلغ نسبة الانخفاض في الرواسب التراكمية في دلتا نهر الميكونغ 51 في المائة؛ أما إذا تم إنجاز جميع السدود المخطط لها والتي هي قيد الإنشاء، فسيحدث انخفاض في الرواسب التراكمية في دلتا نهر الميكونغ بنسبة 96 في المائة. والأمر من شأنه أن يؤدي إلى انحلال خطير في نظم المنغروف، ونتيجة لذلك، تعرض الساحل للتحات والنظام الإيكولوجي المحيط لتغيرات لا رجعة فيها. وفي المقابل، تبذل الدول جهودا كبيرة لإزالة السدود الضخمة، كما هي الحال بالنسبة لسد إلوا في ولاية واشنطن، الولايات المتحدة (Warrick and others, 2015).

وتستخدم الرمال المستخرجة من الأنهار والشواطئ وقيعان البحار الساحلية لاستصلاح الأراضي وتغذية الشواطئ وفي النشاط الصناعي (Bendixen and others, 2019). وهذا الأمر يزيل كميات كبيرة من الرمال التي من شأنها، لولا ذلك، أن تسهم في النقل الساحلي، ويؤدي بالتالي إلى نقص في الرواسب الساحلية (Montoi and others, 2017) ويؤثر على المورفولوجيا الساحلية (ICES, 2016; Abam and Oba, 2018). وفي الوقت الحاضر، يعتبر استخراج رمال الشواطئ وقيعان البحار الساحلية ممارسة شائعة في العديد من البلدان، مع إنها تعد غير قانونية أحيانا. ومن المعروف أن استخراج الرمال يحدث، بشكل عام، في 73 بلدا في خمس قارات قارات، على الرغم من عدم وجود أرقام موثوق بها عن هذه الممارسة في جميع أنحاء العالم (Jayappa and Deepika, 2018 ؛Peduzzi, 2014).

2-2 - التغيرات في عوامل الضغط

من الشائع أن يكون العامل الاقتصادي والنمو السكاني دافعين للهيمنة البشرية على المنطقة الساحلية، في موازاة تكاليف اجتماعية واقتصادية لإدارة السواحل وتأثيرات سلبية على خدمات النظام الإيكولوجي الساحلي. وعادة ما يواجه التوازن بين هذه الضغوطات تحديات بسبب الانقسامات على مستوى الولاية القضائية أو الاعتبارات الاقتصادية، إلى جانب الفوائد والتأثيرات التي تتفاوت في غالب الأحيان بحسب الموقع الجغرافي (فعلى سبيل المثال، يؤثر التراكم الناجم عن تكدس رواسب التيار الشاطئي والتحات الناجم عن انصراف التيار الشاطئي على مجتمعات محلية مختلفة)، أو تحدث في نطاق زمني مختلف (مثلاً، قد يؤدي بناء جدار بحري إلى تأخير الضغط الناجم عن التحات على مدى جيل، ولكنه قد يلزم فعليا أحد المجتمعات المحلية بالقيام لاحقا بإنشاءات إضافية أو أكبر).

وقد تتجاوز التغيرات المزمنة الناجمة عن التحات والترسب قدرة النظم الساحلية على التكيف. فبالنسبة إلى النظم الطبيعية، يمكن أن تؤدي هذه التغيرات إلى فقدان خدمات النظام الإيكولوجي (Xu and others, 2019). وقد تكون الأنشطة البشرية غير مراعية للديناميات

الساحلية، مثل البنى التحتية التي قد تتضرر أو تفقد وظيفتها بسبب تغير وضع الخط الساحلي أو قاع البحر. ويتوقف عموما إدراك الحاجة إلى الاستجابة للتحات أو الترسب على طبيعة الأنشطة البشرية في المنطقة الساحلية، على النحو التالي:

(أ) تمتد عادة المنشآت المرفئية، بما في ذلك أحواض الموانئ والقنوات الصالحة لوصول الملاحة، عبر الجزء الأكبر من المنطقة الساحلية النشطة، وكثيرا ما تتطلب المحافظة على وظائف الموانئ إدارة الرواسب الساحلية باستخدام حواجز الأمواج والجرف (انظر أيضا الفصل 14)؛

(ب) منذ خمسينيات القرن العشرين، حدث نمو حضري كبير على طول السواحل، حيث زاد عدد المدن الساحلية التي يزيد عدد سكانها على 100 000 نسمة من 472 مدينة في عام 1950 إلى 2129 مدينة في عام 2012 (Barragán 2015 and Andrés)؛ انظر أيضا الفصل 14؛

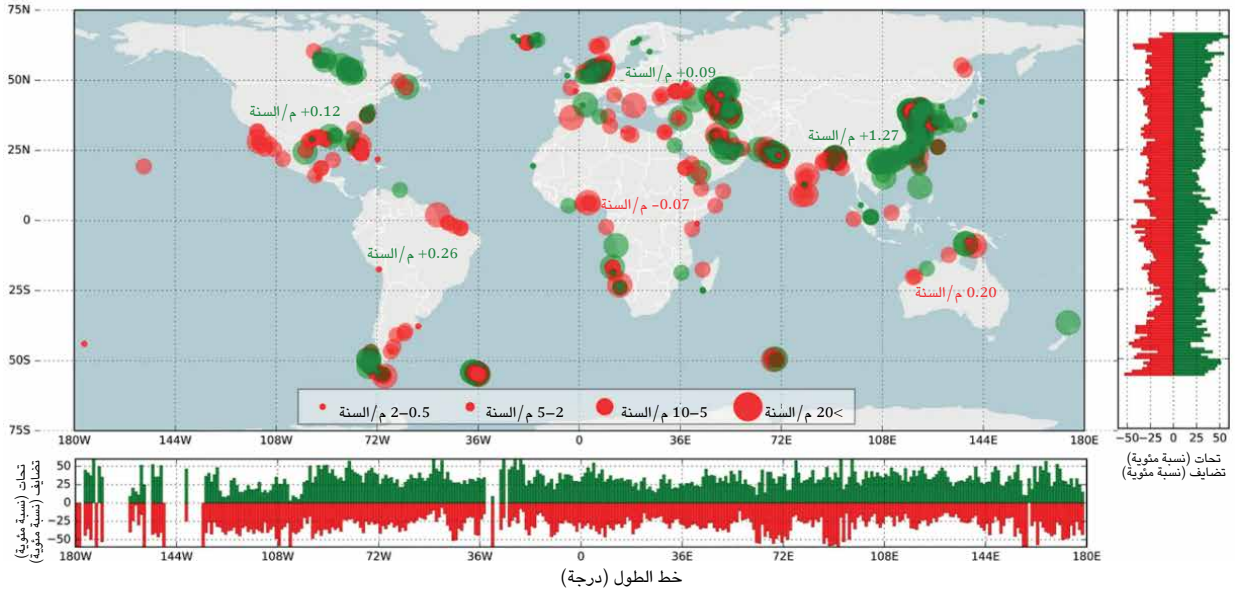
(ج) تختلف تدابير الاستجابة في إدارة المناطق الساحلية اختلافا كبيرا، تبعا للاعتبارات الاقتصادية والتشريعات والقيم الاجتماعية، وتصنف على نطاق واسع في استراتيجيات الحماية والتكيف وإدارة التراجع والتضحية (Williams and others, 2018)؛

(د) تتحدد عادة حساسية المنطقة الريفية تجاه التحات والترسب من خلال تأثيرهما على هياكل الصرف الصحي وهياكل التخفيف من حدة الفيضانات (Hou and others, 2016)؛ ونظراً لأن هذه الحالات تقع عادة في المنطقة فوق نطاق الشاطئ، فإن حساسية هذه الهياكل تجاه التغير الساحلي ليست ظاهرة دائماً.

2-3 - التغيرات في الحالة

أجرى Besset and others (2019) دراسة للتغيرات في المنطقة الساحلية في 54 منطقة من مناطق الدلتا المختارة من جميع أنحاء العالم على مدى 30 عاما، استنادا إلى المؤلفات المكتوبة وإلى تحليل الصور الساتلية. وتبين من الدراسة وجود تراجع عام في 29 منطقة من مناطق الدلتات، وتقدم في 18 خطا ساحليا، وعدم ظهور أي تغيير كبير في 7 منها. وتبين في الدراسة التي أجراها Luijendijk and others (2018a)، عن طريق استخدام صور ساتل لاندسات وخوارزميات التصنيفات الخاضعة للمراقبة للكشف عن الخطوط الساحلية، أنه خلال الفترة 1984-2016، كانت نسبة 24 في المائة من الشواطئ الرملية في العالم تتراجع بمعدل يزيد عن 0,5 متر في السنة، في حين كانت نسبة 28 في المائة منها تتقدم و 48 في المائة في حالة مستقرة. وتبين في الدراسة أيضا أن حوالي 4 في المائة من الشواطئ الرملية في العالم تتراجع بمعدلات تتجاوز 5 أمتار في السنة، بينما يتراجع حوالي 2 في المائة من الخطوط الساحلية الرملية العالمية بمعدلات تتجاوز 10 أمتار في السنة (انظر الشكل أدناه). وتشهد قارتا أستراليا وأفريقيا تحاتا صافياً (0,20 متر/السنة و 0,07 متر/السنة، على التوالي)، في حين أن جميع القارات الأخرى تشهد على ما يبدو تراكما صافيا. وفي الفترة 1984-2016، شهدت 8 في المائة و 6 في المائة و 3 في المائة من الشواطئ الرملية، على الصعيد العالمي، حالات تراكم بمعدلات 3 أمتار في السنة و 5 أمتار في السنة و 10 أمتار في السنة. وآسيا هي القارة التي يسجل فيها أكبر معدل للتقدم (1,27 متر/السنة)، وهو ما يُحتمل أن يعزى إلى استصلاح الأراضي على نطاق واسع في العقود القليلة الماضية. ويلاحظ أيضًا حدوث معدلات تحات عالية نسبيًا عند خطوط العرض جنوب خط الاستواء مباشرة، وترتبط بها خسائر كبيرة في الأراضي المجاورة لمصب نهر الأمازون.

النقاط الساخنة عالميا لتحات الشواطئ وتراكمها



المصدر: Luijendijk and others, 2018a، أُعيدت طباعته بموجب رخصة المشاع الإبداعي (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
ملاحظات: تشير الدوائر الحمراء (الخضراء) إلى التحات (التراكم) فيما يتعلق بالتصنيفات الدينامية للخطوط الساحلية الأربعة ذات الصلة (انظر الإيضاح). ويعرض شريطا الرسم البياني إلى اليمين وفي الأسفل الحالات النسبية لحدوث تحات (تراكم) في الخطوط الساحلية الرملية بحسب درجة خط العرض وخط الطول، على التوالي. وتمثل الأرقام الواردة في الرسم البياني الرئيسي متوسط معدل التغير بالنسبة لجميع الشواطئ الرملية في كل قارة.

ونتيجة لتغير المناخ، لا سيما مع الارتفاع المتوقع في مستوى سطح البحر وزيادة تواتر وحدة الأمواج القصوى، فمن المرجح أن تحدث تغيرات في أنماط تحات وترسب السواحل على الصعيد العالمي، كما يتضح من الجهود العديدة المبذولة لتصور التطور المتوقع للشواطئ في المستقبل على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي (Anderson and others, 2015؛ Antolinez and others, 2019؛ Castelle and others, 2014؛ Lond and Plant, 2012؛ Ranasinghe and others, 2012؛ Splinter and others, 2014؛ Vitousek and others, 2017؛ Dastgheib and Bamunawala and others, 2020؛ others, 2019؛ Athanasiou and others, 2020؛ Vousdoukas and others, 2020)؛ وفي الآونة الأخيرة، أشارت الملاحظات أيضا إلى تسارع في تحات الجرف الساحلي (Hurst and others, 2016؛ Sunamura and others, 2015؛ Castedo et al, 2017).

2-4 - التغيرات في التأثير

يشكل التحات الساحلي والتغيرات في الترسب مخاطر شديدة على البنى التحتية الساحلية والممتلكات والأنشطة الاقتصادية والنظم الإيكولوجية، ويتطلب التكيف استثمارات كبيرة. وهناك اتجاه نحو تزايد الضرر الناجم عن التحات الساحلي في مواقع محددة مما يؤثر بشدة على الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية والممتلكات الساحلية (Gopalakrishnan and others, 2016؛ Nguyen and others, 2018؛ Stronkhorst and others, 2018). وتكشف التوقعات أنها من المحتمل أن تزيد في المستقبل (Dunn and others, 2019).

ويمكن أن تكون التأثيرات في النظام الإيكولوجي الناجمة عن التحات الساحلي والتغيرات في الترسب كبيرة، لا سيما إذا حصل تحول من التراكم الطويل الأجل إلى التحات. وتكون الأراضي الرطبة الساحلية معرضة لخطر كبير، حيث إن العديد من هذه الأراضي قد تكوّن خلال الركود النسبي لمتوسط مستوى سطح البحر في أواخر العصر الحديث (Jones and others, 2019) وقد لا تصمد

حيال ارتفاع مستوى البحار في المستقبل (Myers and others 2019). ومن المعالم الجيومورفية الأخرى المتأثرة بأنماط التحات والترسب المتغيرة سواحل المنغروف والسواحل الحاجزة والجزر الصغيرة. ويوجد خطر كبير في أن يحدث اختلال إيكولوجي للكائنات الحية التي تستخدم حصريا المنطقة الساحلية كمكان للتعشيش أو الاحتضان، مع تزايد انتشار الخطوط الساحلية التي يشغلها الإنسان ويُعدل شكلها والتي تقلل أيضاً الناتج البيولوجي العام للمنطقة الساحلية، Rangel-Buitrago and others (2018b).

وستحدث تأثيرات اجتماعية واقتصادية كبيرة في المواقع التي يتزامن فيها التحات مع كثافة سكانية عالية. وقد جرت استبانة مشاكل قائمة في مواقع بالقرب من دلتات أنهار الغانج، والميكونغ، والأصفر، واليانغتسي، وفولتا، والمسيسيبي. أما بالنسبة لأجزاء أخرى من الساحل، فإن إدارة مخاطر التحات باستخدام التدخلات الهندسية تتطلب التزامات طويلة الأجل بإجراء أعمال الصيانة، بما في ذلك التكلفة المخصصة لتطوير أعمال التحصين الساحلية، حيث إن سلامة الناس وسبل عيشهم عرضة لخطر محدق فيما لو تدهورت حالة التحصينات.

وتبرز اختلافات محلية كبيرة بين المناطق فيما يتعلق بارتفاع مستوى سطح البحر وحالات العواصف. واستناداً إلى البيانات الساتلية على المدى الطويل، يشهد العالم زيادة في ارتفاع الموج إجمالا (Young and Ribal, 2019)، ولكن تفيد المعلومات عن وجود اختلافات إقليمية كبيرة، من تغيرات كبيرة في المحيط الجنوبي إلى آثار لا تذكر في بحر الشمال (De Winter and others, 2012). ومن المرجح أن تؤدي تلك الفوارق المكانية إلى فوارق إقليمية في التحات والترسب (Brown and others 2016).

2-5 - التغيرات في الاستجابة

تطورت الممارسات المتعلقة بإدارة تحات وترسب السواحل تدريجياً من الاستجابة بالكامل تقريبا للتغيرات الخارجية وصولا إلى الإقرار بالحاجة إلى تحقيق قدرة السواحل على الصمود، باستخدام الإدارة التكيفية وتقييم الساحل مع مراعاة منظور أكثر شمولاً وأطول أجلاً (Rangel-Buitrago and others, 2018b).

وأعقب الزيادة في الدراسات التي تتناول السواحل على نطاق أوسع، والتي تشكل تغيرا أوليا من تحقيق استقرار الحالة على النطاق المحلي إلى إجراء تقييم للتحات والتراكم على الصعيد الإقليمي، الإقرار بأن الظروف قد تكون متغيرة، مع إمكانية حدوث تفاعلات معقدة بين معالم الرواسب الساحلية (French 2016 and others؛ Psuty and others, 2018). وجرى تحديد أوجه الترابط بين إمدادات الرواسب الساحلية ونقلها على نطاقات واسعة، وقد تحدث على مدى مئات الكيلومترات، ومن المرجح أن تزداد تعقيدا بسبب الآثار المحتملة لارتفاع مستوى سطح البحر المتوقع حصوله وغير ذلك من الفوارق المدفوعة بتغير المناخ (Hapke and others, 2013). ولذلك، قد يؤدي تغير شكل الظروف إلى عدم التيقن إلى حد كبير حيال تغير الساحل في المستقبل، مما يعزز الحاجة إلى التخطيط لتحقيق قدرة الساحل على الصمود باستخدام تصميم تكيفي (Wright and Thom, 2019).

وتبينت النتيجة الرئيسية لفهم النظام الساحلي على نطاق واسع من خلال التغيرات في مستويات الإجراءات المطبقة لتغذية الشواطئ، باستخدام مفهوم محرك الرمال، على سبيل المثال، وهو ما يتعلق بوضع الرواسب عند الشاطئ وبالقرب من الشاطئ على حد سواء، مما يسمح للعوامل الهيدروديناميكية الطبيعية بإعادة توزيع الرواسب على طول الشاطئ على مدى فترة زمنية متواصلة (Stive and others, 2013; De Schipper and others, 2016; Luijendijk and others, 2018b).

وتشمل التطورات الحديثة العهد في استراتيجيات حماية السواحل تكملة نُهج الهندسة الهيكلية بأشكال "أكثر لطفا" أو "أكثر مراعاة للبيئة" لتحقيق الاستقرار الساحلي، تهدف على حد سواء إلى زيادة الفوائد الإيكولوجية الإضافية والاستفادة من الخصائص المرنة للنظم الطبيعية، مثل ما يتبين من قدرة الكثبان الساحلية

على التكيف أو من تجاوب الأراضي الرطبة الساحلية وغابات المنغروف في التعافي من الاختلالات (Narayan and others, 2016؛ Reguero and others, 2018).

ويبرز أيضا اتجاه نحو استخدام أطر التحليل الاحتمالي، بدلاً من النهج الحتمي التقليدي، تأخذ في الاعتبار أوجه عدم اليقين المرتبطة بتأثيرات تغير المناخ لتيسير اتخاذ القرارات على أساس الوعي بالمخاطر (Wainwright and others, 2014؛ Jongejan and others, 2016).

3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

لا يزال التحات الساحلي والتغيرات في الترسب يشكلان تهديدات خطيرة لسبل عيش ورفاه الأسر المعيشية التي تعتمد على الموارد الساحلية، ويلحقان الضرر بالنظم الإيكولوجية ويسببان إجهادا بيئيا. ويتجلى التقارب بين النظم البشرية والإيكولوجية، والمخاطر الناجمة عن التغيرات المتسارعة في التحات والترسب، في العديد من المناطق في جميع أنحاء العالم (Jones and others, 2019). وعلاوة على ذلك، تترتب على التحات والتغيرات في الترسب عواقب فيزيائية وكيميائية على نوعية المياه وصحة النظم الإيكولوجية المائية الهشة (Prosser and others, 2018).

ويمكن أن تترتب على التحات الساحلي والتغيرات في الترسب آثار خطيرة في تحقيق مجموعة متكاملة من الأولويات والأهداف العالمية المحددة في إطار خطة التنمية المستدامة لعام 2030، ولا سيما الهدفين 14 و 15[1]. وقد تلحق تلك العمليات الضرر بالبنى التحتية والموائل الساحلية وتزيد من المخاطر التي تتعرض لها المجتمعات الساحلية، فتضطر إلى التكيف و/أو إعادة توزيع الموارد.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

4-1 - شمال المحيط الأطلسي وبحر البلطيق والبحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال

إن سواحل شمال المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط والبحار المُجاورة كثيفة السكان ومتقدمة للغاية (Collet and Engelbert, 2013; Zhang and Leatherman, 2011; European Union, 2013; Neumann and others, 2015). وتشمل المناطق المعرضة بشدة للتغير الساحلي شاطئ هولندا المستصلح على نطاق واسع، وساحل البندقية المنحسر والجزر الحاجزة على طول الساحل الشرقي للولايات المتحدة، وسواحل خليج المكسيك. وتؤدي القيمة الاقتصادية العالية للمنطقة الداخلية والساحلية إلى قلة التساهل حيال التحات، وتشيع فيها التدخلات البشرية. وتشكل تغذية الشاطئ أكثر التدخلات شيوعا على طول الساحل الشرقي والخط الساحلي لخليج المكسيك. وقد لوحظ تحات واسع النطاق على طول ساحل الخليج، مرتبطا بانخفاض كبير في حمولة الرواسب من نهر الميسيسيبي (Blum, 2009؛ Thorne and others, 2008). كما استُبين انخفاض كبير في مدخلات الرواسب النهرية لأنظمة الأنهار الأوروبية الرئيسية التي تصب في البحر الأبيض المتوسط والتي تدعم المناطق الرطبة المنتجة.

[1] انظر قرار الجمعية العامة 1/70.

4-2 - جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى

تضم منطقة جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى مدنا ساحلية مكتظة بالسكان، مثل مدينة جواو بيسوا، البرازيل[2]؛ ونظما إيكولوجية ساحلية هامة، مثل غابات المنغروف في الأمازون؛ وكذلك مناطق ساحلية قليلة السكان، مثل سواحل العديد من الدول في جنوب شرق أفريقيا والساحل الجنوبي للأرجنتين (Zhang and Leatherman, 2011; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2009; Neumann and others, 2015). وتقتصر مدخلات الرواسب التي تنقلها الأنهار على المناطق القريبة من الأحواض الكبيرة، مثل نهر الأمازون ونهر بلاتا. ويتسبب انخفاض إمدادات الرواسب إلى السواحل بسبب بناء السدود في المنبع واستخراج رمال الشاطئ في تحات ساحلي خطير في أماكن مختلفة، مثل ساحل غانا وأماكن عديدة أخرى تقع على الساحل الجنوبي الغربي لأفريقيا والساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية. وعلى الصعيد المحلي، استخدمت العديد من القطاعات الساحلية الهياكل الصلبة لمكافحة التحات، ولا تزال تفضل استخدامها لهذا الغرض، مما أدى في كثير من الحالات إلى تفاقم المشكلة، كما هو الحال، على سبيل المثال، في كولومبيا (Rangel-Buitrago and others, 2018) والبرازيل (Bonetti and others, 2018).

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

تضم سواحل المحيط الهندي الساحل الشرقي لأفريقيا، والسواحل الجنوبية للشرق الأوسط، وجنوب آسيا، والأرخبيل الإندونيسي، والساحل الغربي لأستراليا وجزر المحيط الهندي، بما في ذلك مدغشقر وسري لانكا. وتضم دلتات الأنهار الرئيسية الغانج، والسند، وأيياروادي، وتشاو فرايا، وشط العرب، وزامبيزي، وليمبوبو، وكثير منها يتمتع بدينامية عالية ويجاور مناطق ترتفع فيها الكثافة السكانية (Neumann and others, 2015). وتضم أفريقيا وأستراليا والشرق الأوسط سواحل رملية قاحلة في الغالب، مع بحيرات شاطئية حاجزة ومصاب للأنهار، وتوجد، في بعض المناطق، سواحل شاسعة من المسطحات الملحية وهي خاصية تعود إلى ارتفاع مستوى سطح البحر في أواخر العصر الحديث، مما يحد من انتقال الرواسب النهرية إلى الساحل. وجرى تنفيذ مشاريع هندسية ساحلية كبيرة، بما في ذلك بناء جزر اصطناعية عن طريق التجريف والاستصلاح، على طول ساحلي الخليج الفارسي الغربي والجنوبي، ولا سيما على طول ساحل الإمارات العربية المتحدة (Peduzzi, 2014).

4-4 - شمال المحيط الهادئ

تضم سواحل شمال المحيط الهادئ الساحل الغربي لأمريكا الشمالية، والساحل الشرقي لآسيا وجزر شمال المحيط الهادئ التي تشمل الفلبين واليابان وهاواي، بالولايات المتحدة. وتوجد على الساحل الشرقي لآسيا والساحل الغربي للولايات المتحدة مناطق ذات كثافة سكانية عالية، وتقترن بتدخلات ساحلية كبيرة وبانخفاض في معدل الرواسب المتأتية من أنظمة الأنهار الرئيسية وهي نهر اللؤلؤ والنهر الأصفر والنهر الأحمر، وتدفق الأنهار إلى السواحل الغربية للولايات المتحدة (Neumann and others, 2015). وعلى سبيل المثال، في الساحل الغربي للولايات المتحدة، ينجم التحات الساحلي عن انخفاض في إمدادات الرواسب النهرية، والهياكل الساحلية، وتغير المناخ وتقلباته، مثل ظاهرة النينيو (Barnard and others, 2017; Hapke and others, 2009; Patsch and Griggs, 2007; Allan and Komar, 2006). وتتسم الجزر في شمال المحيط الهادئ بحساسية عالية إزاء التغيرات الساحلية المحتملة وتأثيرات الحوادث الشديدة، بما في ذلك الأعاصير المدارية والأمواج السونامية. كما تؤدي إزالة الغابات إلى زيادة وصول الرواسب النهرية إلى الساحل المرتبط بنهر فلاي، في بابوا غينيا الجديدة.

[2] انظر www.ibge.gov.br/en/cities-and-states/pb/joao-pessoa.html.

4-5 - جنوب المحيط الهادئ

تضم سواحل جنوب المحيط الهادئ الساحل الشرقي لأستراليا، والساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، وشواطئ جزر المحيط الهادئ، بما في ذلك نيوزيلندا وكاليدونيا الجديدة والعديد من الدول الجزرية والأرخبيلية، التي تتفاوت أحجام سكانها (United Nations, 2017b). وتتميز السواحل القارية بهيكلها الجيولوجي وكميات منخفضة نسبيا من الرواسب النهرية التي تصل إلى المحيط، مما يؤدي إلى تجزئة السواحل، بحيث يكون التبادل متقطعا فيما يتعلق بنقل الرواسب على طول الجرف (Thom and others, 2018). وتتجلى التغيرات في الإمدادات النسبية من الرواسب، من ثم، بشكل أوضح في أحواض ومنابع الرواسب الساحلية الإقليمية، إلى جانب احتمال أن تتعرض مواقع مصاب الأنهار والسواحل الحاجزة والأراضي الرطبة الساحلية لارتفاع مستوى سطح البحر. وعادة ما تكون تأثيرات التغير الساحلي التي جرى تحديدها في جميع أنحاء منطقة جنوب المحيط الهادئ عرضية، وترتبط بالعواصف الشديدة والأعاصير المدارية، مع توسع نطاق انتشار الضغط خلال المراحل التي يكون فيها متوسط مستوى سطح البحر مرتفعا.

وتضم سواحل جزر المحيط الهادئ كتل اليابسة البركانية والجبال البحرية والحجر الجيري الهضبي والجزر المرجانية. وتنخفض إنتاجية الرواسب، مما يؤدي إلى قدرة محدودة على التكيف الساحلي مع الارتفاع المتوقع لمستوى سطح البحر (Nunn and others, 2015)، ولا سيما بالنسبة للمناطق المنخفضة المستصلحة.

4-6 - المحيط المتجمد الشمالي والمحيط الجنوبي

في سياق تغير المناخ، مقترنا بارتفاع درجات حرارة الهواء وتراجع نطاق الجليد البحري وزيادة حركة الأمواج بسبب احتمال اشتداد حدة العواصف والمد والجزر الناجمين عن العواصف ومساحة سطح الماء، تشهد سواحل التربة الصقيعية في المحيط المتجمد الشمالي الآن تحاتا شديدا (Bull and others, 2019; Gibbs and Richmond, 2017; Tanski and others, 2016; Frederick and others, 2016; Fritz and others, 2015). وقد تضاعف معدل تحات سواحل منطقة القطب الشمالي في الولايات المتحدة منذ خمسينيات القرن العشرين حتى الوقت الراهن، ويبدو أن وتيرته تتسارع؛ ويتراجع، بصفة بخاصة، الخط الساحلي لبحر بوفورت في ألاسكا بمعدل يفوق 30 مترا في السنة (Frederick and others, 2016; Wobus and others, 2011). ويمكن أن يؤدي إطلاق الكربون العضوي في المحيط المتجمد الشمالي من جراء التحات الساحلي إلى تعزيز الاحترار العالمي (Tanski and others, 2016). كما يذوب الغطاء الجليدي في أنتاركتيكا بسرعة (Rignot and others, 2019; Gardner and others, 2018; Li and others, 2016).

5 - آفاق المستقبل

تشمل الأنشطة البشرية التي تؤثر في حدوث تحات وترسب السواحل النمو الكبير في عدد وحجم السدود القائمة على المجاري المائية الرئيسية، والتغيرات في استخدام الأراضي التي تؤدي إلى إزالة غابات مستجمعات الأمطار، وزيادة هيمنة الإنسان على المنطقة الساحلية، بالتزامن مع انتشار الهياكل الساحلية (Rangel-Buitrago and others, 2018a, 2018c). ولم يبلغ تقييم التغير الساحلي العالمي مرحلة نضج تكفي لوضع مقاييس للتغير الذي يحدثه الإنسان في الاتجاهات المزمنة. ومع ذلك، فإن النقاط الساخنة التي استُبين فيها انزياح الخط الساحلي، والتي ترتبط في معظمها بتحات وتراكم السواحل، هي مناطق ترتبط ارتباطا وثيقا بالنشاط البشري، الذي تنتج عنه

اتجاهات تقريبية على مدى 33 عاماً تتجاوز 5 أمتار في السنة لحوالي 4 في المائة من سواحل العالم (Luijendijk and others, 2018a). وبالمقارنة مع معرفتنا للظروف السابقة، لوحظ تحات ساحلي شديد في معظم الدلتات بسبب الانخفاض الكبير في أحمال الرواسب النهرية في الفترة من عام 1970 إلى عام 2014 (Besset and others, 2019). ومن المتوقع أن تؤدي حالات الانخفاض الإجمالي في إمدادات الرواسب النهرية إلى الساحل إلى الحد من استقرار السواحل المتجاورة المكونة بانصراف التيار، وأن يؤدي، بالنسبة لأجزاء من الساحل، إلى عكس الاتجاهات التراكمية على المدى الطويل، مما سيؤدي إلى زيادة الطلب على أعمال إدارة السواحل وخفض فعالية الأشغال القائمة، لا سيما تلك التي تسعى إلى إعادة توزيع إمدادات الرواسب. وفضلا عن ذلك، سيؤدي ذلك الوضع إلى زيادة انتشار الأشغال الساحلية، التي جرى تطويرها على مر التاريخ استجابة لزيادة مستويات سكان الساحل وما يقابلها من تدني مستوى التساهل حيال التغيرات الساحلية. وكما يتضح من رصد خط الساحل، تتيح زيادة معالجة الديناميات الساحلية ووضع قواعد صارمة للحصول على تصاريح استخراج الرمال فرصاً لتغيير مزمن كبير في الاتجاهات الساحلية، بما في ذلك التراكم والتحات على حد سواء (Williams and others, 2018؛ Bergillos and others, 2019). ومع ارتفاع مستوى سطح البحر وزيادة وتيرة وحدة الحوادث المناخية القصوى بسبب تغير المناخ، سيكون التحات الساحلي أكثر خطورة بالنسبة للجزر التي لا توجد فيها رواسب نهرية.

6 - الفجوات الرئيسية المتبقية في مجالي المعارف وبناء القدرات

في الوقت الحاضر، قد تراكمت معارف هامة بشأن التفاعل بين العمليات الدينامية الساحلية ونقل الرواسب. غير أن دقة النماذج المتعلقة بنقل الرواسب والتحات و/أو الترسب الساحلي لا تزال محدودة؛ ولذلك يلزم إجراء مزيد من البحوث. ويلزم أيضا توفير مزيد من المعلومات عن مقدار التحات الساحلي لتحديد استراتيجيات الإدارة المناسبة لتحات وترسب السواحل، بما في ذلك إدارة إمدادات الرواسب النهرية وسائر استراتيجيات الإدارة، مثل الحماية والتكيف والتراجع.

وعلى الرغم من حصول تطورات مهمة في مجموعات البيانات، لا سيما من خلال الصور الساتلية (Besset and others, 2019; Luijendijk and others, 2018a; Shirzaei and Bürgmann, 2018)، ففي العديد من المناطق، ولا سيما الدول النامية، لم تبلغ البيانات المتاحة بعد مرحلة النضج اللازمة لاتخاذ القرارات على الصعيدين المحلي والإقليمي، حيث يحتاج العديد من مجموعات البيانات إلى مزيد من التفسير الجوهري وتحسين دقة الاستبانة المكانية على صعيد العالم. ومن المطلوب تحقيق فهم أفضل لكيفية إسناد العمليات الدافعة وتحديد الاستجابات وكيف ستتغير تلك العمليات مع ارتفاع مستوى سطح البحر وتغير المناخ. وفضلا عن ذلك، يلزم وضع معدلات تحديد التحات أو الترسب كمّا في سياق العتبات المحددة للنظم الإيكولوجية الساحلية أو النظم المورفولوجية. ويتطلب تفسير التأثيرات الناجمة عن تغير إمدادات الرواسب النهرية وتطبيق استراتيجيات الدفاع الساحلي على حد سواء فهماً أفضل للأبعاد المكانية المرتبطة بإعادة توزيع الإمدادات المتوافرة من الرواسب على طول الشاطئ، لا سيما في الحالات التي يحدث فيها ذلك عبر الحدود الدولية.

المراجع

Abam, T.K.S., and Tamunotonye Oba (2018). Recent case studies of sand mining, utilization and environmental impacts in the Niger delta. *Journal of Environmental Geology*, vol. 2, No. 2.

Allan, J.C., and P.D. Komar (2006). Climate Controls on US West Coast Erosion Processes. *Journal of Coastal Research*, vol. 22, No. 3, pp. 511–529. http://doi.org/10.2112/03-0108.1.

Anderson, Tiffany R., and others (2015). Doubling of coastal erosion under rising sea level by mid-century in Hawaii. *Natural Hazards*, vol. 78, No. 1, pp. 75–103.

Angamuthu, Balaji, and others (2018). Impacts of natural and human drivers on the multi-decadal morphological evolution of tidally-influenced deltas. *Proceedings of the Royal Society A*, vol. 474, No. 2219, 20180396.

Antolínez, José A.A., and others (2019). Predicting climate driven coastlines with a simple and efficient multiscale model. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. https://doi.org/10.1029/2018JF004790.

Athanasiou, Panagiotis, and others (2020). Uncertainties in projections of sandy beach erosion due to sea level rise: an analysis at the European scale. *Scientific Reports*, vol. 10, art. 11895.

Bamunawala, Janaka, and others (2020). A Holistic Modeling Approach to Project the Evolution of Inlet-Interrupted Coastlines Over the 21st Century. *Frontiers in Marine Science*, https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00542.

Barnard, Patrick L., and others (2017). Extreme oceanographic forcing and coastal response due to the 2015–2016 El Niño. *Nature Communications*, vol. 8, art. 14365.

Barragán, Juan Manuel, and María de Andrés (2015). Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. *Ocean & Coastal Management*, vol. 114, pp. 11–20.

Bendixen, Mette, and others (2019). *Time Is Running out for Sand*. Nature Publishing Group.

Bergillos, R., and others (2019). Management of Coastal Erosion Under Climate Change Through Wave Farms. In *Ocean Energy and Coastal Protection*, ed. 1, pp. 59–73. New York: Springer International Publishing.

Besset, Manon, and others (2019). Multi-decadal variations in delta shorelines and their relationship to river sediment supply: an assessment and review. *Earth-Science Reviews*.

Best, Jim (2019). Anthropogenic stresses on the world's big rivers. *Nature Geoscience*, vol. 12, No. 1, pp. 7–21.

Blum, M.D., and H. Roberts (2009). Drowning of the Mississippi Delta due to Insufficient Sediment Supply and Global Sea-Level Rise. *Nature Geoscience*, vol. 2, No. 7, pp. 488–491. http://doi.org/10.1038/ngeo553.

Bonetti, J., and others (2018). Geoindicator-based assessment of Santa Catarina (Brazil) sandy beaches susceptibility to erosion. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 198–208.

Brown, Sally, and others (2016). Spatial variations of sea-level rise and impacts: An application of DIVA. *Climatic Change*, vol. 134, No. 3, pp. 403–416.

Bull, D.L., and others (2019). Development of a Tightly Coupled Multi-Physics Numerical Model for an Event-Based Understanding of Arctic Coastal Erosion. AGUFM, 2019, pp. C12B-04.

Castedo, R., and others (2017). The Modelling of Coastal Cliffs and Future Trends. In *Hydro-Geomorphology Models and Trends*, Dericks P. Shukla, ed. Croatia: InTech, http://doi.org/10.5772/intechopen.68445. Available at www.intechopen.com/books/hydro-geomorphology-models-and-trends/the-modelling-of-coastal-cliffs-and-future-trends.

Castelle, Bruno, and others (2014). Equilibrium shoreline modelling of a high-energy meso-macrotidal multiple-barred beach. *Marine Geology*, vol. 347, pp. 85–94.

Collet, C., and A. Engelbert (2013). Coastal regions: people living along the coastline, integration of NUTS 2010 and latest population grid. Statistics in focus 30, ISSN:2314–9647, Catalogue number: KS–SF–13–030–EN–N.

Dastgheib, Ali, and others (2018). Regional Scale Risk–Informed Land–Use Planning Using Probabilistic Coastline Recession Modelling and Economical Optimisation: East Coast of Sri Lanka. *Journal of Marine Science Engineering*, vol. 6, No. 4, 120; https://doi.org/10.3390/jmse6040120.

De Schipper, Matthieu A., and others (2016). Initial spreading of a mega feeder nourishment: Observations of the Sand Engine pilot project. *Coastal Engineering*, vol. 111, pp. 23–38.

De Winter, Renske C., and others (2012). The effect of climate change on extreme waves in front of the Dutch coast. *Ocean Dynamics*, vol. 62, No. 8, pp. 1139–1152.

Dunn, Frances E., and others (2018). Projections of historical and 21st century fluvial sediment delivery to the Ganges–Brahmaputra–Meghna, Mahanadi, and Volta deltas. *Science of the Total Environment*, vol. 642, pp. 105–116.

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.

European Union (2013). ESaTDOR European Seas and Territorial Development, Opportunities and Risks. ANNEX 4 to the Scientific Report: Baltic Sea Regional Profile.

Frederick, Jennifer M., and others (2016). The Arctic Coastal Erosion Problem. Sandia Report SAND2016–9762. Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico 87185 and Livermore, California 94550.

French, Jon, and others (2016). Appropriate complexity for the prediction of coastal and estuarine geomorphic behaviour at decadal to centennial scales. *Geomorphology*, vol. 256, pp. 3–16.

Fritz, M., and others (2015). Arctic coastal erosion and the transport of terrigenous material into the Arctic Ocean during the Holocene , XIX. INQUA–Congress, Nagoya, Japan, 26 July –2 August 2015.

Gardner, Alex S., and others (2018). Increased West Antarctic and unchanged East Antarctic ice discharge over the last 7 years. *The Cryosphere*, vol. 12, pp. 521–547, https://doi.org/10.5194/tc–12–521–2018.

Gibbs, A.E., and B.M. Richmond (2017). National assessment of shoreline change – Summary statistics for updated vector shorelines and associated shoreline change data for the north coast of Alaska, U.S.–Canadian border to Icy Cape: U.S. Geological Survey Open–File Report 2017–1107. https://doi.org/10.3133/ofr20171107.

Gopalakrishnan, Sathya, and others (2016). Economics of coastal erosion and adaptation to sea level rise. *Annual Review of Resource Economics*, vol. 8, pp. 119–139.

Hapke, Cheryl J., and others (2009). Rates and trends of coastal change in California and the regional behavior of the beach and cliff system. *Journal of Coastal Research*.

Hapke, Cheryl J., and others (2013). Geomorphic and human influence on large–scale coastal change. *Geomorphology*, vol. 199, pp. 160–170..

Hou, Xi Yong, and others (2016). Characteristics of coastline changes in mainland China since the early 1940s. *Science China Earth Sciences*, vol. 59, No. 9, pp. 1791–1802.

Hurst, M.D., and others (2016). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, No. 47, pp. 13336–13341. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1613044113.

International Council for the Exploration of the Sea (2016). Effects of extraction of marine sediments on the marine environment 2005–2011. Report (Scientific report). https://archimer.ifremer.fr/doc/00326/43700.

International Commission on Large Dams (2018). www.icold–cigb.org.

Jayappa, K.S., and B. Deepika (2018). Impacts of Coastal Erosion, Anthropogenic Activities and their Management on Tourism and Coastal Ecosystems: A Study with Reference to Karnataka Coast, India. In *Beach Management Tools – Concepts, Methodologies and Case Studies*, pp. 421–440. Springer.

Jones, Miriam C., and others (2019). Rapid inundation of southern Florida coastline despite low relative sea–level rise rates during the late–Holocene. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, pp. 1–13.

Jongejan, Ruben, and others (2016). Drawing the line on coastline recession risk. *Ocean & Coastal Management*, vol. 122, pp. 87–94.

Kondolf, G.M., and others (2014). Dams on the Mekong: cumulative sediment starvation. *Water Resources Research*, vol. 50, No. 6, pp. 5158–5169.

Li, Xin, and others (2016). Ice flow dynamics and mass loss of Totten Glacier, East Antarctica, from 1989 to 2015. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, pp. 6366–6373. https://doi.org/10.1002/2016GL069173.

Long, Joseph W., and Nathaniel G. Plant (2012). Extended Kalman Filter framework for forecasting shoreline evolution. *Geophysical Research Letters*, vol. 39, No. 13.

Luijendijk, Arjen, and others (2018a). The state of the world's beaches. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, p. 6641.

Luijendijk, Arjen, and others (2018b). The initial morphological response of the Sand Engine: A process–based modelling study. *Coastal Engineering*, vol. 119, pp. 1–14.

Mentaschi, Lorenzo, and others (2018). Global long–term observations of coastal erosion and accretion. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 12876.

Montoi, Jayawati, and others (2017). A Study on Tuaran River Channel Planform and the Effect of Sand Extraction on River Bed Sediments. *Transactions on Science and Technology*, vol. 4, No. 4, pp. 442–48.

Moore, Laura J., and others (2018). The role of ecomorphodynamic feedbacks and landscape couplings in influencing the response of barriers to changing climate. In *Barrier Dynamics and Response to Changing Climate*, pp. 305–336. Springer.

Myers, Monique R., and others (2019). A multidisciplinary coastal vulnerability assessment for local government focused on ecosystems, Santa Barbara area, California. *Ocean and Coastal Management*, vol. 182. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104921.

Narayan, Siddharth, and others (2016). The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature–based defences. *PloS One*, vol. 11, No. 5, e0154735.

Neumann, B., and others (2015). Future coastal population growth and exposure to sea–level rise and coastal flooding: a global assessment. *PloS One*, vol. 10, No. 6, e0131375. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131375.

Nguyen, A.T., and others (2018). Tourism and beach erosion: valuing the damage of beach erosion for tourism in the Hoi An World Heritage site, Vietnam. *Environment, Development and Sustainability* https://doi.org/10.1007/s10668–018–0126–y.

Nicholls, Robert 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.

Nunn, Patrick, and others (2015). Regional coastal susceptibility assessment for the Pacific Islands: Technical Report. Australian Government and Australian Aid, Canberra.

Nyberg, Björn, and others (2018). The distribution of rivers to terrestrial sinks: implications for sediment routing systems. *Geomorphology*, vol. 316, pp. 1–23.

Patsch, K., and G. Griggs (2007). Development of Sand Budgets for California's Major Littoral Cells. Institute of Marine Sciences, University of California, Santa Cruz.

Peduzzi, Pascal (2014). Sand, rarer than one thinks. *Environmental Development*, vol. 11, pp. 208–218.

Prosser, Diann J., and others (2018). Impacts of coastal land use and shoreline armoring on estuarine ecosystems: an introduction to a special issue. *Estuaries and Coasts*, vol. 41, No. 1, pp. 2–18.

Psuty, Norbert P., and others (2018). Responding to coastal change: creation of a regional approach to monitoring and management, northeastern region, USA. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 170–182.

Ranasinghe, Roshanka, and others (2019). Disentangling the relative impacts of climate change and human activities on fluvial sediment supply to the coast by the world's large rivers: Pearl River Basin, China. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 9236.

Ranasinghe, Roshanka, and others (2012). Estimating coastal recession due to sea level rise: beyond the Bruun rule. *Climatic Change*, vol. 110, pp. 561–574.

Rangel-Buitrago, Nelson, and others (2018a). Preface to the special issue: Management strategies for coastal erosion processes. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 1–3. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.11.020.

Rangel-Buitrago, Nelson, and others (2018b). Risk Assessment to Extreme Wave Events: The Barranquilla–Cienaga, Caribbean of Colombia Case Study. In *Beach Management Tools – Concepts, Methodologies and Case Studies*, pp. 469–496. Springer.

Rangel-Buitrago, Nelson, and others (2018c). How to make integrated coastal erosion management a reality. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 290–299.

Reguero, Borja G., and others (2018). Comparing the cost effectiveness of nature-based and coastal adaptation: a case study from the Gulf Coast of the United States. *PloS One*, vol. 13, No. 4, e0192132.

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. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1812883116.

Shirzaei, M., and R. Bürgmann (2018). Global climate change and local land subsidence exacerbate inundation risk to the San Francisco Bay Area. *Science Advances*, vol. 4, No. 3, eaap9234. https://doi.org/10.1126/sciadv.aap9234.

Slagel Matthew J., and Gary B. Griggs (2008) Cumulative Losses of Sand to the California Coast by Dam Impoundment. *Journal of Coastal Research,* No. 243, pp. 571–584. https://doi.org/10.2112/06-0640.1.

Splinter, Kristen D., and others (2014) A generalized equilibrium model for predicting daily to interannual shoreline response. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, vol. 119, No. 9, pp. 1936–1958.

Stive, Marcel J.F., and others (2013). A new alternative to saving our beaches from sea-level rise: The Sand Engine. *Journal of Coastal Research*, vol. 29, No. 5, pp. 1001–1008.

Stronkhorst, J., and others (2018). Regional coastal erosion assessment based on global open access data: a case study for Colombia. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 22, pp. 787–798. https://doi.org/10.1007/s11852-018-0609-x.

Sunamura, T. (2015). Rocky coast processes: with special reference to the recession of soft rock cliffs. *Proceedings of the Japan Academy, Series B: Physical and Biological Sciences*, vol. 91, No. 9, pp. 481–500. http://doi.org/10.2183/pjab.91.481.

Tanski, G., and others (2016). Erosion of ice-rich permafrost coasts and the release of dissolved organic carbon into the Arctic Ocean.

Thom, Bruce G., and others (2018). National sediment compartment framework for Australian coastal management. *Ocean & Coastal Management*, vol. 154, pp. 103–120.

Thorne, Colin R., and others (2008). Current and Historical Sediment Loads in the Lower Mississippi River. European Research Office of the U.S. Army, London, England under contract number 1106-EN-01, from School of Geography, University of Nottingham.

United Nations (2017a). Chapter 26: Land–sea physical interaction. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). Chapter 36D: South Pacific Ocean. 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.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2009). *African Oceans and Coasts*. M. Odido M. and S. Mazzilli S., eds. IOC Information Document 1255. UNESCO Office Nairobi and Regional Bureau for Science in Africa.

Vitousek, Sean, and others (2017). A model integrating longshore and cross–shore processes for predicting long–term shoreline response to climate change. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, vol. 122, No. 4, pp. 782–806.

Vousdoukas, Michalis I., and others (2020). Sandy coastlines under threat of erosion. *Nature Climate Change*, vol. 10, pp. 260–263.

Wainwright, David J., and others (2014). An argument for probabilistic coastal hazard assessment: Retrospective examination of practice in New South Wales, Australia. *Ocean & Coastal Management*, vol. 95, pp. 147–155.

Warner, Jeroen, and others (2019). The Fantasy of the Grand Inga Hydroelectric Project on the River Congo. *Water*, vol. 11, No. 3, p. 407.

Warrick, Jonathan A., and others (2015). Large–scale dam removal on the Elwha River, Washington, USA: source–to–sink sediment budget and synthesis. *Geomorphology*, vol. 246. http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.01.010.

Williams, A.T., and others (2018). The management of coastal erosion. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 4–20.

Wobus, Cameron, and others (2011). Thermal Erosion of a Permafrost Coastline: Improving Process–Based Models Using Time–Lapse Photography. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, vol. 43, No. 3, pp. 474–484.

Wright, Lynn Donelson, and Bruce G. Thom (2019). Promoting Resilience of Tomorrow's Impermanent Coasts. In *Tomorrow's Coasts: Complex and Impermanent*, Lynn Donelson Wright and C. Reid Nichols, eds., pp. 341–353. Springer.

Xu, Weihua, and others (2019). Hidden loss of wetlands in China. *Current Biology*, vol. 29, No. 18, pp. 3065–3071.

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.

Zhang, K., and S. Leatherman (2011). Barrier Island Population along the U.S. Atlantic and Gulf Coasts. *Journal of Coastal Research*, vol. 27, No. 2, pp. 356–363. https://doi.org/10.2112/JCOAS TRES–D–10–00126.1.

الفصل 14

التغيرات في البنى التحتية الساحلية والبحرية

المساهمون: كا ثانه فو (عضو رئيسي ومنظم اجتماعات)، وبوليت بينو، وترانغ مينه دونغ، ومات إليوت، وفرانك هول، وروشانكا راناسينغ، وماتيو دي شيبر، وجوشوا توهومواير (عضو رئيسي مشارك).

النقاط الرئيسية

- إن البنى التحتية الساحلية والبحرية ضرورية لاستخدام الموارد الطبيعية والبيئة الساحلية والبحرية، واستغلالها وحمايتها، من أجل التنمية الاجتماعية والاقتصادية.
- بوجه عام، يمكن أن يكون تطوير البنية التحتية الساحلية، إذا جرى تصميمه وإعداده بشكل جيد، مستداما إيكولوجيا واقتصاديا واجتماعيا، وأن يؤدي إلى زيادة قدرة السواحل على الصمود وإلى تحقيق النمو الاقتصادي المستدام.
- يمكن أن تؤثر البنية التحتية على النظم الطبيعية واستخدامها، وأن تثير ضغوطاً ونزاعات أو أن تهيء ظروفاً مؤاتية.
- بين عامي 2010 و 2020، كانت هناك اتجاهات متصاعدة في البنية التحتية البحرية والساحلية المطورة أو المجددة أو المستكملة حديثا.
- تتمثل أهم التغيرات في استصلاح الأراضي الساحلية والبحرية، لا سيما في بلدان شرق آسيا، لأغراض التنمية الحضرية الساحلية الجديدة، والطرق، والهياكل الدفاعية الساحلية، ومرافق الموانئ والمرافئ والمرافق السياحية.
- يمكن أن تتسبب البنى التحتية الساحلية والبحرية، تبعا للحالة المعنية، في إلحاق أضرار كبيرة بالنظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية أو قد تحد من تلك الأضرار.
- يمكن للنهج الجديد المتبع في تطوير البنية التحتية الساحلية، المعروف باسم "تطوير البنية التحتية الزرقاء" أن يوائم بين حماية/وتطوير المناطق الساحلية، وكذلك حماية الموائل والبيئة، مما يقلل من الضرر الإيكولوجي.
- يؤدي تطوير البنية التحتية الساحلية والبحرية بوجه عام إلى إيجاد فرص جديدة لسكان المناطق الساحلية ويوفر الدعم للمناطق الساحلية لتحقيق التنمية المستدامة في المجالين الاجتماعي والاقتصادي.

1 - مقدمة

1-1 - النطاق

يتناول هذا الفصل التغيرات في البنية التحتية الساحلية والبحرية خلال الفترة من 2010 إلى 2020 انطلاقا من خط الأساس المبين في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017).

1-2 - التقييم العالمي الأول للمحيطات

تتناول الفصول 17-19 و 26-28 و 30 من التقييم العالمي الأول البنى التحتية الساحلية والبحرية، بما في ذلك: مرافق استقبال النفايات في الموانئ وعملياتها وآثارها على البيئة البحرية المحلية في جميع أنحاء العالم ومساهمتها في النشاط الاقتصادي؛ والفجوات في المعرفة وبناء القدرات في الموانئ، بما في ذلك تحسين المهارات التشغيلية؛ ومرافق استقبال النفايات؛ والقدرة على فحص المواد المجروفة من أجل إعادة ترسيبها بشكل آمن في البحر؛ وتاريخ الاتصالات البحرية وكابلات الطاقة وتطورها وحالتها الراهنة؛ وتأثير الاتصالات البحرية وكابلات الطاقة على البيئة البحرية؛ والتهديد الذي تشكله البيئة البحرية على الكابلات؛ وبناء القدرات فيما يتعلق بتمرير الكابلات البحرية بشكل آمن وحل أي مطالب متضاربة مع الأطراف الأخرى؛ واستصلاح الأراضي، بما في ذلك الوضع الحالي والاتجاهات والتأثيرات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية؛ والسياحة والاستجمام إلى جانب

البنى التحتية ذات الصلة، مثل الطرق والموانئ والمرافئ والمطارات، وغيرها من البنى التحتية الساحلية؛ والسياحة المستدامة وبناء القدرات لإدارة السياحة؛ وتحلية المياه والبنى التحتية الساحلية ذات الصلة؛ ومرافق البحوث العلمية عن المحيطات والسواحل؛ وتأثيرات البيئة الساحلية المبنية في الحياة البرية؛ وتتزايد أيضا الاستثمارات المالية في استراتيجيات التكيف والتخفيف على نطاق جميع القطاعات، من التأمين إلى الحماية الساحلية.

ويتضح من التقييم العالمي الأول أن المسائل المتعلقة بالبنية التحتية البحرية والساحلية تحتاج إلى المعالجة بطريقة أكثر منهجية. وسيسد هذا الفصل الثغرات ويقدم بيانات إضافية لتقييم الاتجاهات في البنى التحتية البحرية والساحلية، لا سيما للفترة من 2010 إلى 2020.

2 - التغير الموثق في حالة البنى التحتية البحرية والساحلية

2-1 - التغيرات في الأراضي المستقطعة من البحر

يحول استصلاح الأراضي الساحلية والبحرية مناطق المحيطات إلى أراضٍ بطرق عديدة، بما في ذلك ملء الفراغات بالمواد أو النفايات المجروفة من الأراضي أو حواجز المباني. وذلك هو الحال غالباً بالنسبة للمدن الساحلية والجزرية الكثيفة التحضر والتي تحتاج إلى مساحات أكبر. واستعرضت دراسة (Sengupta and others, 2018) استصلاح الأراضي منذ منتصف الثمانينيات حتى الوقت الراهن في 16 مدينة ساحلية ضخمة باستخدام صور أداة رسم الخرائط المواضيعية عبر ساتل لاندسات. وتبلغ المساحة الإجمالية للأراضي المستصلحة في هذه المدن الضخمة، البالغ عددها 16 مدينة، 1 249,8 كيلومترا مربعا، معظمها في الصين، حيث تغيرت السياسات في عام 2018. غير أنه استنادا إلى الاتجاهات الحالية، من المتوقع أن يزداد استصلاح الأراضي في المستقبل القريب على الصعيد العالمي.

2-2 - نطاق التحصينات الأرضية الجديدة المنشأة في مواجهة البحر، ونطاق التحصينات البحرية المهملة

تشمل الاستراتيجيات الشائعة للتأقلم مع التحات الساحلي الحماية الصلبة أو المراعية للبيئة (تثبيت التحصينات القائمة أو إقامة تحصينات جديدة)، والتكيف، وإدارة التراجع، والتضحية (أي عدم التدخل النشط) (Williams and others, 2018).

وجرى تطوير أبسط طريقة لحماية السواحل، وتتمثل في استخدام الهياكل الصلبة، من حماية خط الساحل إلى حماية السطح، وهي تهدف، بالإضافة إلى منع المد العاصفي وارتفاع مستويات المد، إلى حماية الشواطئ الرملية التي تقل فيها إمدادات الرواسب إلى السواحل. وتشمل تحصينات الهياكل الساحلية التقليدية الصلبة الجدران البحرية، والسواتر، وحواجز الأمواج من مختلف الأنواع، وكواسر الأمواج البرية والمنفصلة، والأراضي الرأسية، التي تحمي الشواطئ من انقضاض الأمواج أو تحور منحى الأمواج القريبة من الشاطئ وما يرتبط بها من عمليات نقل للرواسب لإيجاد توازن جديد للرواسب في السواحل يحبذ الترسب بدلا من التحات.

ولا يمكن للهياكل الدفاعية الساحلية المصممة بشكل غير صحيح أو المتقادمة أن تعمل على نحو سليم، وقد تتعرض للإهمال أو تخضع للتصليح. أما أسباب تدهور الهياكل الدفاعية الساحلية فتشمل الأضرار الناجمة عن التآكل؛ وغرق الهيكل بسبب تصفية الأساسات تحت تأثير حركة الأمواج؛ وتعرِّي الأسس؛ وتدافع الأمواج فوق البنية البحرية؛ وقوة الأمواج التي تضرب الهياكل؛ وارتفاع مستوى سطح البحر بسبب تغير المناخ. ومن الصعب جدا اتخاذ قرارات بشأن إزالة هياكل الحماية

الساحلية المتردية لأنها قد تأوي بالفعل موائل مستوطنة لها قيمة بيئية طبيعية ومن الصعب التنبؤ بالآثار المترتبة على إزالتها. ولذلك، في كثير من الحالات، يتم الإبقاء على الهياكل الساحلية المتردية فحسب.

وتتميز الحلول المستمدة من الطبيعة لحماية السواحل، بما في ذلك الأراضي الرطبة الاصطناعية أو المستنقعات المالحة، وتغذية الشواطئ، وإنشاء شعاب المحار، وإعادة تنمية أشجار المنغروف وحمايتها، بالقدرة على النمو مع مستوى سطح البحر وزيادة سعة تخزين ثاني أكسيد الكربون (Davis and others, 2015). ومع ذلك، يمكن للهياكل الدفاعية الساحلية الصلبة في السواحل المتآكلة، بسبب انخفاض إمدادات الرواسب، أن تصد بفعالية المخاطر الطبيعية فيما تكفل في الوقت نفسه حماية البيئة والموائل الطبيعية عندما تستخدم بالاقتران مع الحواجز الطبيعية أو النظم الطبيعية، مثل أشجار المنغروف أو الشعاب المرجانية. ويمكن أن يطلق على تلك الهياكل تسمية "البنى التحتية الزرقاء" (Kazmierczak and Carter, 2010; Edwards and others, 2013).

2-3 - نطاق التنمية الساحلية، بما في ذلك التنمية لأغراض السياحة: الطرق، ومواقع المدن، ومرافق السياحة والاستجمام، والشواطئ الاصطناعية، وغيرها من هياكل التنمية الساحلية

أصبحت تنمية السواحل على طول مصاب الأنهار والخطوط الساحلية بؤراً ساخنة للانفجار السكاني ونقاط اجتذاب لمختلف الصناعات، فضلاً عن الأنشطة غير الصناعية مثل التنمية السكنية والسياحية والترفيهية. وتحولت العديد من المدن الساحلية إلى مدن ضخمة في غضون سنوات قليلة نتيجة للأنشطة الاجتماعية والاقتصادية (Blackburn and others, 2013).

وإن الطلب العالمي على العيش في الواجهات البحرية يجعل تلك المناطق تتطور لتصبح مدنا مكتظة بالسكان ولديها شبكات طرق وأعمال تجارية. ويؤدي أيضا وجود مجموعات سكانية أكثر ثراءً إلى جانب الطلب على السياحة والاستجمام في المناطق الساحلية والبحرية إلى تطور سريع للسياحة الساحلية ومدن الاستجمام، كما هي الحال في سواحل وجزر آسيا والمحيط الهادئ. وتتطلب السياحة الساحلية أيضا إنشاء العديد من الشواطئ الاصطناعية في جميع أنحاء العالم، مثل شاطئ وايكيكي في هاواي، بالولايات المتحدة الأمريكية، والشواطئ في سنغافورة.

2-4 - استراتيجيات تكيف المجتمعات المحلية الساحلية في التعامل مع ارتفاع مستوى سطح البحر

سيؤدي تغير المناخ وارتفاع مستوى سطح البحر إلى زيادة التعرض للمخاطر الطبيعية على السواحل (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019). وسيتعين أن تحدد استراتيجيات التكيف المخاطر وأن تضع وتنفذ نُهجا إدارية للتقليل من المخاطر التي يتعرض لها الأفراد والمجتمعات المحلية وفئات المجتمع والنظم الإيكولوجية على الساحل وفي البحر إلى مستوى مقبول. ومن بين استراتيجيات التكيف الشائعة المذكورة في الفرع 2-2، يتطلب التأقلم والحماية إنشاء البنى التحتية أو تحديث القائم منها، في كثير من الحالات بالاقتران مع استعادة الموائل الساحلية أو النظم الإيكولوجية.

كما يتأثر تحديث البنية التحتية الساحلية بعوامل اقتصادية. فعلى سبيل المثال، تقع 5 من أبرز 10 موانئ في العالم، تعد الأكثر عرضة لارتفاع مستوى سطح البحر، في شرق وجنوب شرق الولايات المتحدة. وفي حين تعمل هذه الموانئ على إعادة تشييد البنية التحتية وفقا لمعايير أعلى، يجب عليها أن تحقق التوازن بين المتطلبات التي تقتضيها الزيادات المتوقعة في التجارة الدولية والحاجة إلى التصدي لارتفاع مستوى سطح البحر وللظواهر الجوية القصوى الأشد والأكثر تكراراً على حد سواء.

2-5 - التغيرات في منشآت الموانئ والمرافئ وأحواض السفن وإدارتها، بما في ذلك أعمال التجريف

وفقاً لمؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية، يتوسع نطاق النقل بالحاويات بشكل سريع: في عام 2017، زاد بمعدل 6 في المائة، أو 42,3 مليون وحدة مكافئة لعشرين قدماً (United Nations Conference on Trade and Development, 2018). واشتدت حدة المنافسة في الموانئ أيضاً، مما أتاح فرصاً لخطوط النقل البحري لتحسين المهارات الإدارية وزيادة القدرة التفاوضية والنفوذ.

أما المناطق التي تتسم بأعلى مستوى من حيث حجم الحاويات في الميناء فهي آسيا (63 في المائة) والأمريكتان (16 في المائة). وبقياس الوزن الإجمالي لجميع البضائع المتعامل بها بالطن، فإن في آسيا، وبشكل رئيسي في الصين، 8 موانئ من بين أكبر 10 موانئ في العالم. وتتفاوت مستويات الأرباح تفاوتاً كبيراً بين الموانئ، ولكن المعدلات المتوسطة لحجم الأرباح تشير إلى أنه لا يُكسب سوى 4 دولارات مقابل كل طن من البضائع (United Nations Conference on Trade and Development, 2018). ويتم تصنيف الموظفين بحسب القواعد التقليدية التي لم تُجسّد بعد التحول التكنولوجي في أساليب العمل ومجموعات المهارات. وفيما يجري التخطيط لعدد قليل من الموانئ الكبيرة الجديدة أو تشييدها، اقترح إجراء 80 في المائة من العمليات التجارية العالمية، بعد عام 2020، عن طريق الموانئ البحرية، مما سيتطلب مرافق إضافية. ويتزايد أيضا الاهتمام بالموانئ في المياه العميقة قبالة الشاطئ، مثل ميناء النفط البحري في لويزيانا.

ونظراً لزيادة أساطيل الصيد العالمية (Rousseau and others, 2019)، حصلت زيادة في عدد موانئ الصيد في الماضي، ولكن مع تناقص موارد مصائد الأسماك في محيطات العالم، فمن المرجح ألا يستمر هذا الاتجاه.

كما أن السوق العالمية لقوارب الاستجمام آخذة أيضا في الازدياد. ففي عام 2009، بلغ إجمالي إيرادات هذا القطاع 18,12 بليون دولار، وارتفع إلى 40 بليون دولار في عام 2017، بمعدل نمو قدره 2 في المائة من عام 2015 إلى عام 2017، مع تحقيق أعلى معدل زيادة في أمريكا الشمالية ومنطقة آسيا والمحيط الهادئ (Value Market Research, 2017).

وتتزايد أعمال التجريف للحفاظ على الملاحة في العمق أو استحداثها أو زيادتها في الموانئ والمرافئ وأحواض السفن القائمة (العمليات العادية والتجديد والتوسع) أو المنشأة حديثاً، بما يتماشى مع معدل النمو الاقتصادي العالمي (International Association of Dredging Companies, 2018).

2-6 - التغيرات في الكابلات وخطوط الأنابيب البحرية

بعد حصول انخفاض ملحوظ في الإنتاج بين عامي 2006 و 2010، ومن 2010 إلى 2018، ازداد طول كابلات الاتصالات المركبة في جميع المحيطات، مقيسا بالكيلومترات، بمعدل متوسط يزيد عن 70 000 كيلومتر في السنة. واعتبارا من أوائل عام 2018، كان هناك زهاء 448 كابلا بحريا بطول يزيد على 1 000 000 كيلومتر في الخدمة في جميع أنحاء العالم. وحدثت زيادة ملحوظة في أوقيانوسيا وجنوب شرق آسيا. واستمر أيضا نمو الكابلات بين البلدن في أفريقيا، وكذلك من أفريقيا إلى آسيا وأوروبا وأمريكا الجنوبية. وقبل عام 2009، كان 16 بلدا أفريقيا فقط موصولا بنظام للكابلات البحرية. أما في الوقت الراهن، فيوجد بلد ساحلي واحد فقط لم يتم وصله بعد وهو إريتريا. وجرى حتى الآن اقتراح أكثر من 50 مشروعا تحت البحر للفترة 2019-2021، باستثمار إجمالي تبلغ قيمته حوالي 7,2 بلايين دولار. وستكون نسبة 30 في المائة تقريبا من التنفيذ المتوقع في منطقة المحيط الهادئ، ويلي ذلك المحيط الأطلسي والمحيط الهندي، اللذين يُتوقع أن يتلقيا نحو 21 في المائة و 17 في المائة، على التوالي، من الاستثمار المخطط له للسنوات المقبلة.

ونشأت صناعة جديدة لاستعادة الكابلات القديمة لأجل قيمتها الخردة. وفي السنوات العشر الماضية، تمت استعادة حوالي 62 000 كيلومتر من الكابلات، ومن المتوقع التعاقد على استعادة أكثر من 100 000 كيلومتر بحلول نهاية عام 2020.

وشهدت منشآت كابلات نقل الطاقة نموا أكثر تواضعا. ومع ذلك، تم تركيب أعداد كبيرة من كابلات الطاقة بالاشتراك مع المحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية.

ولا تزال ثمة أعطال قليلة للكابلات في أعماق مياه المحيطات تحت مستوى 2000 متر تقريبا، حيث يُعد الخلل الناجم عن التدخل البشري ضئيلا في تلك المنطقة. فعلى سبيل المثال، في المناطق الشاسعة الواقعة خارج حدود الولاية القضائية الوطنية، يُسجّل معدل متوسط سنوي يبلغ أربع حالات قطع للكابلات، مقارنة بـحوالي 150 إلى 200 حالة قطع في جميع أنحاء العالم. بيد أن التعدين في أعماق المحيطات يشكل تهديدا محتملا في المستقبل وموضوعا لمناقشات جارية بين قطاع صناعة الكابلات والسلطة الدولية لقاع البحار (International Seabed Authority, 2018).

وحسبما جرت مناقشته في التقييم العالمي الأول، فإن الخلل الذي يتسبب فيه تركيب الكابلات في قاع البحر مؤقت، مع التجدد الطبيعي الذي يحدث على مدى أسابيع إلى سنوات، وهذا الأمر يتوقف على قوة حركة الموج أو التيار وإمدادات الرواسب (Kraus and Carter, 2018). ونظراً لأن العواصف، وكذلك الزلازل والأمواج السنامية المحتملة، يمكنها أن تتسبب بالانهيالات الأرضية تحت سطح البحر وتدفقات الرواسب، فإن تغيّر المناخ قد يعرض كابلات الاتصالات السلكية واللاسلكية للخطر بتأثيره على وتيرة العواصف وحدتها (Gavey and others, 2017). ويشير بحث جديد (Gutscher and others, 2019) إلى أن المخاطر الطبيعية، وإن كانت أضعف من أن تقطع أحد الكابلات، فلا يزال بإمكانها أن تشوه الألياف الزجاجية التي ترسل إشارات قابلة للكشف، مما يزيد من إمكانية استخدام الكابلات كأجهزة مراقبة بيئية وأنظمة إنذار مبكر فيما يتعلق بالمخاطر.

3 - عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

إن تطوير أو تحسين البنى التحتية الساحلية، لا سيما البنى التحتية الزرقاء، يمكن أن يعود بفوائد هائلة على المجتمعات المحلية الساحلية. فالبنى التحتية الساحلية والبحرية بالغة الأهمية للحد من مخاطر الكوارث، وتحقيق التنمية الاقتصادية، وتطوير العلوم الساحلية والبحرية. وتدعم البنى التحتية الساحلية الاتصالات المتعددة الوسائل بالاتصالات البحرية وسلاسل الإمداد العالمية البالغة الأهمية؛ وتوفر إمكانية تمتع جميع الناس بالمرافق الساحلية للاستجمام، والسياحة، والاستخدامات الأخرى؛ وتدعم الاستفادة من التطورات. ويمكن أن تساعد الهياكل الدفاعية الساحلية على الحد من الأضرار التي تنجم، على سبيل المثال، عن التحات الساحلي والفيضانات والأمواج العالية والمد العاصفي. وهي تدعم البنى التحتية للفنادق ومرافق الاستجمام السياحة والاستجمام وتولد فرص عمل. وإن وسيلة الاتصال الجديدة عن طريق الكابلات تؤمن فوائد الاتصالات العالمية والتطبيب عن بعد وفرص التعلم للمجتمعات المحلية التي تكون لولا ذلك معزولة، وتدعم التنمية الاقتصادية وتطوير علوم المحيطات وتنفيذ الإجراءات الإدارية.

وتؤدي البنى التحتية الساحلية أدوارا بالغة الأهمية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة[1] (Economist, 2019). ويسهم تحسين البنى التحتية الساحلية والبحرية، على وجه الخصوص، في تنفيذ الأهداف 1 و 2 و 6 و 8 و 9 و 10 و 13 و 14. وفيما يتعلق بالهدف 14، على وجه الخصوص، قد تتيح البنى التحتية الساحلية والبحرية تحسين المراقبة والرصد والمسوحات للبيئة الساحلية والمحيطية والنظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي لتوفير بيانات أفضل من أجل تحسين الإدارة. غير أن تطوير البنية التحتية الساحلية والبحرية قد يؤدي من ناحية أخرى إلى إلحاق الضرر بالموائل والنظم الإيكولوجية، بما في ذلك نطاقها وهياكلها ووظائفها. ويمكن أن يساعد التخطيط المتأني، بالاستعانة بتخطيط قائم على الأدلة للحيز البحري وتحليل لوظائفه واستخدام البنى التحتية الزرقاء، على الحد من الآثار السلبية. ففي الولايات المتحدة، على سبيل المثال، يلزم أن تراعي برامج إدارة السواحل التي تعتمدها الولايات على المستوى الاتحادي جميع مصالح أصحاب المصلحة فيما يتعلق بالصلة بين المحيط والساحل.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

4-1 - شمال المحيط الأطلسي وبحر البلطيق والبحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال

4-1-1 - شمال المحيط الأطلسي

تمتد سواحل شمال المحيط الأطلسي إلى شرق كندا وشرق الولايات المتحدة كندا وبلدان غرب أوروبا وغرب أفريقيا. وتتفاوت مستويات التنمية الاقتصادية للدول في تلك المناطق بشكل ملحوظ، وكذلك الحال أيضا بالنسبة للتحصينات الساحلية والإنشاءات الأخرى لتطوير البنية التحتية. ففي كندا والولايات المتحدة، تُستخدم الموائل الساحلية كبنى تحتية دفاعية طبيعية (Elkin, 2017). وفي أوروبا الغربية، ونظرا للمساحة البرية المحدودة، يجري تطوير التحصينات الساحلية وغيرها من البنى التحتية البحرية من أجل تأمين حماية السواحل. وبالنسبة لشمال غرب أفريقيا، يوجد تداخل في العديد من المسائل، بما في ذلك التحات الساحلي الشديد، والفيضانات، والفقر والتطوير غير الكافي للبنى التحتية الساحلية. وفي عام 2018، قام مرفق البيئة العالمية ومجموعة البنك الدولي بتمويل مشروع الاستثمار في قدرة المناطق الساحلية في غرب أفريقيا على الصمود بميزانية قدرها 210 ملايين دولار للمساعدة في بناء قدرة المجتمعات المحلية الساحلية على الصمود في بنن وتوغو وسان تومي وبرينسيبي والسنغال وكوت ديفوار وموريتانيا (World Bank, 2018).

4-1-2 - بحر البلطيق

يبلغ الطول الإجمالي للخط الساحلي في بحر البلطيق حوالي 000 40 كيلومتر، وتوجد مناطق كبيرة معرضة للفيضانات في ألمانيا وبولندا والدانمرك. ولذلك، يتعين تحديث البنية التحتية الساحلية، على سبيل المثال الحواجز، للتكيف بشكل أفضل مع الفيضانات. وتشهد هذه المنطقة أيضا تطورا كبيرا في البنية التحتية المتعلقة بالسياحة، إضافة إلى جملة أمور منها الموانئ والمرافئ والمراسي وأحواض بناء السفن ومحطات توليد الطاقة الريحية ومحطات توليد الطاقة الشمسية والطاقة تحت المائية وكابلات الاتصالات.

4-1-3 - البحر الأسود

يبلغ طول خط ساحل البحر الأسود 042 2 كيلومترا، ويتضمن 228 1 شاطئا، بمساحة تبلغ 224 كيلومترا

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1. انظر أيضا https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300.

مربعا. وبعض الأجزاء الساحلية مكتظة بالسكان وتشتهر أيضا بالسياحة، وتتضمن العديد من المرافق، مثل الفنادق والمنتجعات وأحواض السفن. وتوجد أيضا موانئ ومرافئ. وقد تم بناء الهياكل الدفاعية الساحلية للتخفيف من حدة التحات الساحلي والفيضانات.

4-1-4 - البحر الأبيض المتوسط

يبلغ طول خط ساحل البحر الأبيض المتوسط 46 000 كيلومتر ويقع بمحاذاته 22 بلدا. وتضم منطقة البحر الأبيض المتوسط، باعتبارها واحدة من أكثر المناطق البحرية نشاطا في العالم، العديد من الموانئ الهامة. ويواجه أيضا ساحل البحر الأبيض المتوسط المكتظ بالسكان مخاطر التحات والفيضانات - وهو وضع سيصبح أكثر خطورة في المستقبل بسبب تغير المناخ وارتفاع مستوى سطح البحر، وسيلزم تحديث البنية التحتية الساحلية.

5-1-4 - بحر الشمال

إن المناطق الداخلية الساحلية والمنخفضة المتاخمة لبحر الشمال معرضة لخطر الفيضانات. وكما هي الحال بالنسبة للمناطق الأخرى، ستزداد مخاطر الفيضانات الساحلية في المستقبل بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر واشتداد حدة أو تواتر العواصف. وبالتالي، يلزم إنشاء هياكل دفاعية ساحلية جديدة وكذلك استحداث القائم منها لمواجهة التحدي.

2-4 - جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى

تضم سواحل جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى بلدانا في أمريكا الجنوبية وجنوب غرب أفريقيا. وتتسم سواحل جنوب غرب أفريقيا بشكل عام بحالتها الطبيعية. فعلى سبيل المثال، بعض الأجزاء محمية بواسطة النظم الإيكولوجية الساحلية مثل غابات المنغروف. وتشمل البنى التحتية الساحلية في سواحل جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى الهياكل الدفاعية الساحلية؛ والمرافق السياحية؛ والموانئ والمرافئ، ولكن يلزم بناء هياكل جديدة أو استحداث ما هو قائم منها للتكيف مع تغير المناخ. وتتعرض أيضا دول منطقة البحر الكاريبي بشكل واضح للزلازل والنشاط البركاني. وتُستخدم البنى التحتية الطبيعية للوقاية الساحلية والحماية من الأخطار، وبينت البحوث التي أجريت (مثل Powell and others, 2018) أن الاستثمارات في البنية التحتية الطبيعية في المنطقة الساحلية يمكن أن يكون لها قيمة قابلة للقياس بالنسبة للمجتمعات المحلية الساحلية في الوقت الذي تزداد فيه قدرة النظام الإيكولوجي على الثبات والصمود، ولكن يلزم إجراء مزيد من البحوث لتطوير أفضل الممارسات.

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

يضم المحيط الهندي وخليج البنغال العديد من البلدان النامية في آسيا وأفريقيا. وتشمل المخاطر الطبيعية الساحلية التي تتعرض لها البلدان المتاخمة لشمال المحيط الهندي مد العواصف العاتية وارتفاع مستوى سطح البحر والزلازل والأمواج السنامية. غير أن تدهور البيئة واستغلالها من خلال النشاط الاقتصادي غير المستدام أسفرا عن انخفاض قدرة المجتمعات المحلية الساحلية على التكيف، مما يتطلب استثمارات ضخمة للبنى التحتية المراعية للتكيف والاقتصادات المستدامة. ولعل أكثر السبل المجدية بالنسبة للدول الساحلية في المحيط الهندي للمضي قدما تتمثل في إصلاح الموائل الساحلية المتردية والمتضررة لإنشاء بنى تحتية ساحلية زرقاء.

وتعد البنى التحتية الساحلية والبحرية في بحر العرب والبحر الأحمر وخليج عدن والخليج الفارسي عموما أكثر تطورا من البنى التحتية القائمة في المحيط الهندي وخليج البنغال.

4-4 - شمال المحيط الهادئ

على غرار سواحل شمال المحيط الأطلسي، تملك البلدان المتقدمة النمو مثل جمهورية كوريا وكندا والولايات المتحدة واليابان بنى تحتية ساحلية وبحرية عالية الجودة لا تحمي السواحل وتحد من التعرض للمخاطر فحسب، بل تعزز أيضا في بعض الحالات حماية وحفظ البيئات والموائل والتنوع البيولوجي في المناطق الساحلية والمحيطية (Gillies and others, 2019). وتتعرض العديد من الدول الساحلية في المحيط الهادئ لمخاطر دائمة تتمثل في حدوث زلازل كبيرة وثورات بركانية. بيد أن البنى التحتية الساحلية والبحرية في البلدان النامية في هذه المنطقة ليست متطورة للغاية (Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia, 2018; Connell, 2018). ولمعالجة حالة تخلف البنى التحتية الساحلية في البلدان النامية في آسيا، أطلق مصرف التنمية الآسيوي خطة عمل طموحة، تتضمن اقتراحا باستثمار قيمته 5 بلايين دولار من أجل سلامة المحيطات، يشمل تطوير أو تحسين البنية التحتية الساحلية (Asian Development Bank, 2019).

4-5 - جنوب المحيط الهادئ

تضم سواحل جنوب المحيط الهادئ الساحل الشرقي لأستراليا، والساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، وشواطئ جزر المحيط الهادئ، بما في ذلك بابوا غينيا الجديدة ونيوزيلندا وكاليدونيا الجديدة. وإن البنية التحتية الساحلية في هذه الدول تقوم أساسا على دعم التنمية الاقتصادية ومنع الأضرار الناجمة عن المخاطر الطبيعية، ولا سيما العواصف الشديدة وارتفاع مستوى سطح البحر، والتكيف مع تغير المناخ. وتؤخذ في الاعتبار أيضا الزلازل والأمواج السنامية والثورات البركانية الكبرى.

4-6 - المحيط المتجمد الشمالي والمحيط الجنوبي

يعني انخفاض مستويات الكثافة السكانية في هذه المناطق أن البنى التحتية الساحلية والمحيطية أقل تطورا من البنى التحتية في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية مثل منطقة المحيط الهادئ والبحر الأبيض المتوسط.

4-6-1 - المحيط المتجمد الشمالي

يواجه تطوير البنية التحتية الساحلية في المحيط المتجمد الشمالي تغيرا متسارعا في الأحوال الجوية والجليدية بسبب تغير المناخ. فانخفاض مستوى الغطاء الجليدي البحري يؤدي إلى زيادة الشحن والبنية التحتية ذات الصلة (United States Committee on the Marine Transportation System, 2018). وقد أُحرز تقدم في تركيب كابل للاتصالات بالألياف الضوئية بطول 1 900 كيلومتر قبالة ساحل شمال ألاسكا مع مد خطوط فرعية في ستة مجتمعات محلية ساحلية (Submarine Cable Networks, 2017) وتمديدات للشبكات الوطنية في غرينلند والنرويج، من بين بلدان أخرى (Quintillion, 2020).

4-6-2 - المحيط الجنوبي

يندرج جزء كبير من المحيط الجنوبي تحت رعاية نظام معاهدة أنتاركتيكا، بما في ذلك لجنة حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا (Antarctic Treaty System, 2019; Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, 2017; 2019). ومع ذلك، يوجد تركيز قوي على البحث العلمي في دور أنتاركتيكا والمحيط الجنوبي في التأثير على المناخ والمحيطات على الصعيد العالمي. وتدعم هذا البحث محطات دائمة التشغيل على طول ساحل أنتاركتيكا وفي بعض الجزر المجاورة لانتاركتيكا.

5 - آفاق المستقبل

5-1 - الآفاق المرتقبة لحالة البنى التحتية الساحلية والبحرية على المدى القريب إلى المتوسط (10-20 سنة تقريبا)

في السنوات العشر إلى العشرين المقبلة، سيتم بناء المزيد من السدود لتوليد الطاقة الكهرمائية في منابع الأنهار، وسيستمر استخراج رمال الأنهار إلى جانب زيادة النقص في الرواسب على السواحل، مما يؤدي إلى تسارع التحات الساحلي (انظر أيضا الفصل 13) وزيادة هياكل حماية السواحل. وسيواصل استصلاح الأراضي الساحلية والبحرية، إلى جانب التحات الساحلي، إتلاف موائل بحرية مهمة على الساحل وفي مياه الشواطئ الضحلة أو التسبب في تردي حالتها. وستزداد أيضا السياحة البحرية وما يرتبط بها من بنى تحتية. وفي الوقت نفسه، ستؤدي التنمية الاجتماعية والاقتصادية في العديد من الأماكن الساحلية إلى زيادة عدد سكان الساحل والاحتياجات من البنى التحتية البحرية والساحلية. وكل هذه العوامل، إلى جانب تغير المناخ، التي تتجلى في زيادة درجة حرارة مياه المحيطات، وارتفاع مستوى سطح البحر، وزيادة تواتر وحدة الظواهر الجوية البالغة الشدة، تزيد احتمالات تعرض السواحل للمخاطر الطبيعية البحرية. ولذلك، يلزم إقامة بنية تحتية جديدة أو تحديث البنية التحتية القائمة للتخفيف من حدة المخاطر وضمان التنمية المستدامة للسواحل والاقتصاد البحري.

وسيسهم التقدم المرتقب في المستقبل في مجالي المعارف والقدرات في تقييم التغيرات الحاصلة في الوضع والتشجيع على تطوير بنى تحتية بحرية وساحلية أكثر فعالية وأكثر ملاءمة للبيئة؛ وسيزيد استخدام البنية التحتية الزرقاء أو الحواجز الطبيعية لتنسيق أوجه الحماية الساحلية والبيئية.

5-2 - الآثار البيئية والاجتماعية الاقتصادية الناجمة عن التغير المستمر في النظم

بشكل عام، سيؤدي تطوير البنى التحتية البحرية والساحلية، ولا سيما استصلاح الأراضي الساحلية والشاطئية، إلى إلحاق الضرر بالموائل والنظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية (Duan and others, 2016; McManus, 2017; Lin and Yu, 2018). وتشمل آثار الهياكل الساحلية على إيكولوجيا النظم الساحلية تعطيل مسارات عبور الحيوانات، وتدمير الموائل والنظم الإيكولوجية الساحلية وتغيير البيئة الساحلية (Hill, 2015). ويمكن للهياكل الدفاعية الساحلية أن تعدل ميزانية الرواسب عند الساحل وأن تغير بالتالي المورفولوجيا الساحلية، مع ما يقابلها من تغيرات في المجموعات الأحيائية الساحلية، ولكن من ناحية أخرى، يمكن للهياكل الدفاعية الساحلية في بعض الحالات أن تحمي الموائل الساحلية التي ستكون، لولا ذلك، عرضة للتلاشي بسبب التحات الساحلي (Schmitt and Albers, 2014). وقد يساعد استصلاح الأراضي الساحلية أيضاً على إنشاء واستعادة موائل ساحلية للوقاية من المخاطر (Khalil and Raynie, 2015).

ولم يوفق باحثون، مثل Taormina and others (2018)، في أن يبينوا بشكل قاطع وجود أي تأثير للمجالات الكهرمغنطيسية المتصلة بالكابلات على وفرة الكائنات الحية وتنوعها البيولوجي، أو أن يؤكدوا قلة تأثير كابلات الاتصالات السلكية واللاسلكية بشكل عام على البيئة، وخاصة في أعماق المحيطات السحيقة (أعماق > 2000 متر) (Burnett and others, 2013). وتشكل السجلات المتعلقة بحالات قطع الكابلات البحرية الناجمة عن الانهيالات الأرضية والتيارات المحملة بالرواسب، ملاحظات مهمة عن هذه العمليات التي تنقل الحرارة والكربون والمواد المغذية من الأرض إلى أعماق

المحيطات السحيقة، والتي قد تؤثر بالتالي على النظم الإيكولوجية البحرية (Pope and others, 2017).

وخلال السنوات العشر الماضية، برز اتجاه واضح نحو حصر أو تخفيف الأضرار التي تلحق بالنظم الإيكولوجية الساحلية والمحيطية من جراء التطور الساحلي والشاطئي باستخدام نهج إنمائي جديد: وهو تنمية الاقتصاد الأزرق (Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia, 2018). ويمكن للبنى التحتية الساحلية الزرقاء أن توائم بين حماية السواحل وحماية الموائل أو البيئة وأن تعزز عزل الكربون.

وللبنى التحتية الساحلية والبحرية، بشكل عام، تأثير اجتماعي واقتصادي إيجابي على المجتمعات المحلية الساحلية. فالبنية التحتية الجيدة هي أهم شرط للحد من المخاطر التي تتعرض لها السواحل، وتحقيق التنمية الاجتماعية والاقتصادية المستدامة، والقضاء على الفقر.

6 - الفجوات الرئيسية المتبقية في مجالي المعارف وبناء القدرات

بشكل عام، لا يعرف بما فيه الكفاية مدى تأثير البنى التحتية الساحلية على الصعيد العالمي، ولا سيما البنى التحتية الدفاعية الساحلية المبنية، وتداعياتها الإيكولوجية والاجتماعية الاقتصادية. كما أنه لا يزال ينقص الفهم العلمي للتفاعلات بين الديناميات ونقل الرواسب والبيئة الساحلية، والعمليات الإيكولوجية مع البنى التحتية البحرية والساحلية. وهذه المشاكل خطيرة بصفة خاصة بالنسبة للبلدان النامية حيث لا يستثمر سوى القليل من الأموال لإجراء البحوث العلمية الساحلية والبحرية. كما أن الافتقار إلى المعرفة والبيانات المناسبة يعوق أيضا التصميم والبناء على نحو سليم ويزيد من الأضرار البيئية والإيكولوجية للبنى التحتية الساحلية والبحرية.

ومن المهم بوجه خاص إقامة صلة بين العلم والسياسات عند النظر في اتخاذ القرارات المتصلة بالتنمية المستدامة للبنى التحتية البحرية والساحلية الزرقاء القائمة على الطبيعة من أجل الاستخدام الأمثل للبنى التحتية الساحلية والبحرية وخفض الأضرار التي تلحق بها إلى أدنى حد.

شكر وتقدير: يود المؤلفون أن يشكروا جون مانوك على مساهمته في الفرع 2-6.

المراجع

Antarctic Treaty System (2019). The Antarctic Treaty. www.ats.aq/index_e.html.

Asian Development Bank (2019). *Action Plan for Healthy Oceans: Investing in Sustainable Marine Economies for Poverty Alleviation in Asia and the Pacific.*

Blackburn, Sophie, and others (2013). Mega-urbanisation on the coast: global context and key trends in the twenty-first century. In *Megacities and the Coast: Risk, Resilience and Transformation*, M. Pelling and S. Blackburn, eds., pp. 1–21.

Burnett, Douglas R., and others (2013). *Submarine Cables: The Handbook of Law and Policy*. Martinus Nijhoff Publishers.

Carter, L., and others (2019). Chemical and physical stability of submarine fibre-optic cables in the Area Beyond National Jurisdiction (ABNJ). In *SubOptic 2019 Conference*.

Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (2017). CCAMLR to create world's largest Marine Protected Area. www.ccamlr.org/en/news/2016/ccamlr-create-worlds-largest-marine-protected-area.

_____ (2019). About the Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources. www.ccamlr.org/en/organisation.

Connell, John (2018). Effects of climate change on settlements and infrastructure relevant to the Pacific Islands. *Pacific Marine Climate Change Report Card Scientific Review*.

Davis, McKenna, and others (2015). Coastal protection and SUDS: nature-based solutions. RECREATE Project Policy Brief, No. 4.

Duan, Huabo, and others (2016). Characterization and environmental impact analysis of sea land reclamation activities in China. *Ocean and Coastal Management*, vol. 130, pp. 128–137.

Economist (2019). *The Critical Role of Infrastructure for the Sustainable Development Goals*. https://content.unops.org/publications/The-critical-role-of-infrastructure-for-the-SDGs_EN.pdf?mtime=20190314130614.

Edwards, P.E.T., and others (2013). Investing in nature: restoring coastal habitat blue infrastructure and green job creation. *Marine Policy*, vol. 38, pp. 65–71.

Elkin, R.S. (2017). Beyond Restoration: Planting Coastal Infrastructure. In *Climate Change Adaptation in North America*, pp. 119–135. Springer.

Gavey, R., and others (2017). Frequent sediment density flows during 2006 to 2015, triggered by competing seismic and weather events: observations from subsea cable breaks off southern Taiwan. *Marine Geology*, vol. 384, pp. 147–158.

Gillies, Chris, and others (2019). Coastal habitat squeeze: a review of adaptation solutions for saltmarsh, mangrove and beach habitats. *Ocean and Coastal Management*, vol. 175, pp. 180–190.

Gutscher, Marc-André, and others (2019). Fiber optic monitoring of active faults at the seafloor: I the FOCUS project. *Photoniques,* pp. 32–37.

Hill, Kristina (2015). Coastal infrastructure: a typology for the next century of adaptation to sea-level rise. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 13, No. 9, pp. 468–476.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2019). Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. H-O. Pörtner and others, eds. https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_FinalDraft_FullReport.pdf.

International Association of Dredging Companies (2018). *Dredging in Figures 2017*.

International Seabed Authority (2018). *Deep Seabed Mining and Submarine Cables*.

Kazmierczak, A., and J. Carter (2010). Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies. University of Manchester.

Khalil, S.M., and R.C. Raynie (2015). Coastal restoration in Louisiana: an update. *Shore and Beach*, vol. 83, No. 4, p. 4.

Kraus, Christoph, and Lionel Carter (2018). Seabed recovery following protective burial of subsea cables: observations from the continental margin. *Ocean Engineering*, vol. 157, pp. 251–261.

Lin, Qiaoying, and Shen Yu (2018). Losses of natural coastal wetlands by land conversion and ecological degradation in the urbanizing Chinese coast. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, p. 15046.

McManus, John W. (2017). Offshore coral reef damage, overfishing, and paths to peace in the South China Sea. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, vol. 32, No. 2, pp. 199–237.

Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia (2018). *State of Oceans and Coasts 2018: Blue Economy Growth in the East Asian Region*. http://pemsea.org/publications/reports/state-oceans-and-coasts-2018-blue-economy-growth-east-asian-region.

Pope, Ed. L., and others (2017). Damaging sediment density flows triggered by tropical cyclones. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 458, pp. 161–169.

Powell, E.J.,and others (2018). A review of coastal management approaches to support the integration of ecological and human community planning for climate change. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 23, No. 1, pp.1–18.

Quintillion (2020). System Specifications. http://qexpressnet.com/system.

Rousseau, Yannick, and others (2019). Evolution of global marine fishing fleets and the response of fished resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, No. 25, pp. 12238–12243. https://doi.org/10.1073/pnas.1820344116.

Schmitt, Klaus, and Thorsten Albers (2014). Area coastal protection and the use of bamboo breakwaters in the Mekong Delta. In *Coastal Disasters and Climate Change in Vietnam*, pp. 107–132. Elsevier.

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.

Submarine Cable Network (2017). Quintillion activates Arctic subsea cable. www.submarinenetworks.com/en/systems/asia-europe-africa/arctic-fiber/quintillion-activates-arctic-subsea-cable.

Sutton-Grier, Ariana E., and others (2015). Future of our coasts: the potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems. *Environmental Science and Policy*, vol. 51, pp. 137–148.

Taormina, Bastien, and others (2018). A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 96, pp. 380–391.

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

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2018). *Review of Maritime Transport*. Geneva.

United States Committee on the Marine Transportation System (2018). *Revisiting Near-Term Recommendations to Prioritize Infrastructure Needs in the U.S. Arctic*. Washington, D.C., p. 43.

Value Market Research (2017). Recreational Boating Industry Report: Trends, Forecast and Competitive Analysis. www.valuemarketresearch.com/report/recreational-boating-market.

Wellman, Emory, and others (2017). Catching a wave? A case study on incorporating storm protection benefits into habitat equivalency analysis. *Marine Policy*, vol. 83, pp. 118–125.

Williams, A.T., and others (2018). The management of coastal erosion. *Ocean and Coastal Management*, vol. 156, pp. 4–20.

World Bank (2018). World Bank Board Approves West Africa Coastal Areas (WACA) Resilience Investment Project. www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/04/09/world-bank-board-approves-west-africa-coastal-areas-waca-resilience-investment-project.

الفصل 15

التغيرات في أنشطة مصائد الأسماك وجني اللافقاريات البحرية البرية

المساهمون: بورتر هواغلاند (منظم الاجتماعات)، وميغان بيلي، ولينا بيرغستروم، وأليدا بندي، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، ومانويل هيدالغو، وأندرو جونسون، وميلينا كورانتيدو، وفرناندا دي أوليفيرا لانا، وإنريكي مارشوف (عضو رئيسي)، وعصام محمد (عضو رئيسي مشارك)، وهين أوخافير (عضو رئيسي مشارك)، وفرانكلين أورمازا - غونزاليس، وإمنتيس وجورج بريدي، وإيلينيا راندريانسو (عضوة رئيسية مشاركة)، وجورن شميدت (عضو رئيسي مشارك)، وزاكاري سوو، وبوركو بيلغين توبشو، وتشانغ إيك زانغ.

النقاط الرئيسية

- في جميع أنحاء العالم تقديرات عمليات التفريغ في مصائد الأسماك البحرية، في الفترة بين عامي 2012 و 2017 بنسبة 3 في المائة لتصل إلى 80,6 مليون طن متري، وزادت تقديرات القيمة الإجمالية لتفريغ الحمولة بنسبة 1 في المائة لتصل إلى 127 بليون دولار.
- لا تزال بعض مصائد الأسماك في العالم تعاني من الاستغلال المفرط، ودعم السفن، والإدارة غير الفعالة، والمصيد العرضي والمصيد المرتجع، وتدهور الموائل، ومعدات الصيد المتروكة أو المفقودة أو المهملة، والصيد غير القانوني دون إبلاغ أو دون تنظيم.
- في عام 2017، قدر البنك الدولي الخسائر السنوية الصافية لأنشطة صيد الأسماك على الصعيد العالمي بـ 88,6 بليون دولار لعام 2012 (بحسب سعر الدولار في عام 2017) بسبب الإفراط في استغلال الموارد السمكية. وإذا أتيح استمرار هذه الخسائر في المستقبل المنظور، فإنها ستشكل خسارة في الأصول الرأسمالية الطبيعية بتريليونات الدولارات.
- إن الغالبية العظمى من عمليات تفريغ الأسماك في مصائد الأسماك صغيرة النطاق أو الحرفية أو المعدة لتحقيق الكفاف مخصصة للاستهلاك البشري المحلي، مما يساهم مساهمة حيوية في الأمن الغذائي والتغذية في الدول النامية، ولكن الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم لا يزال يشكل خطرا على الكثير من الناس الذين يعتمدون على مصائد الأسماك للحصول على البروتين، مما يؤدي إلى تفاقم الفقر وانعدام الأمن الغذائي، ويحتمل أن يعوق الجهود الرامية إلى تحقيق غايات أهداف التنمية المستدامة.
- تبين، مما يبشر بالخير، أن عمليات التقييم العلمية للأرصدة السمكية وإدارتها تؤدي إلى نتائج أكثر استدامة[1]، ومن المتوقع أن تؤدي الإصلاحات الإدارية إلى إعادة تكوين الأرصدة بسرعة (على مدى عقد من الزمن). وهذه دروس هامة في الوقت الذي أخذ فيه العالم يتطلع إلى مصائد الأسماك غير المستغلة وغير المنظمة حتى الآن في المناطق القطبية وفي أعماق المحيطات (منطقة طبقة المياه المتوسطة العمق).
- يتوقع أن تؤدي الآثار الضارة لتغير المناخ على المحيطات إلى إعاقة تحقيق نتائج مستدامة، وإن الدول النامية التي تعتمد على مصائد الأسماك، ولا سيما ما تملكه من مصائد الأسماك صغيرة النطاق، شديدة التأثر بالتغيرات المتصلة بالمناخ.

1 - مقدمة

توسعت عمليات تفريغ مصائد الأسماك البحرية على الصعيد العالمي بشكل كبير اعتبارا منذ خمسينيات القرن العشرين (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2016d; 2018b; 2019a) ولكنها استقرت منذ أواخر الثمانينيات، بمعدل نمو أقل من 1 في المائة منذ عام 2010 (FAO, 2019a). وبين عامي 2012 و 2017، بقي الإنتاج العالمي لمصائد الأسماك البحرية (المحاصيل التي تشكل حمولة التفريغ بشكل أساسي) ثابتاً، حيث تراوح بين 78,4 مليون طن في عام 2012 و 80,6 مليون طن في عام 2017. وفي الفترة من 2010 إلى 2017، زادت غلة صيد الأسماك (الداخلي والبحري) زيادة طفيفة في كل من العالم المتقدم النمو، من 24,1 إلى 24,8 مليون طن (2,9 في المائة)، والعالم النامي من 63,0 إلى 67,6 مليون طن (7,3 في المائة) (FAO, 2019a).

[1] في هذا الفصل، يتم تطبيق مصطلحات "مستدام" و "مستدام بيولوجيا" و "مستدام إلى أقصى حد" وفقًا للتعاريف التي قدمتها منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، على المخزونات الفردية في المقام الأول.

وفي عام 2017، بلغ متوسط السعر العالمي لجميع مصائد الأسماك 1,57 دولار للكيلوغرام، حيث تجسد في قيمة إجمالية لتفريغ حمولة مصائد الأسماك البحرية على الصعيد العالمي قدرت بـ 126,8 بليون دولار (FAO, 2019a). وبلغت الفوائد الصافية السنوية من عمليات التفريغ هذه ما يقدر بمبلغ 3 بلايين دولار فقط (بيانات عام 2012 المضخمة بسعر الدولار في عام 2017) (World Bank and others, 2012; Tai and others, 2017; World Bank, 2017). وأسفرت جهود الصيد المفرطة، التي أدت إلى خفض الكتلة الحيوية، عن خسارة سنوية في الفوائد الصافية تقدر بمبلغ 88,9 بليون دولار. وإذا ما أتيح استمرار هذه الحالة، فإن ذلك سيشكل خسائر في أصول رأس المال الطبيعي (أي القيمة المخفضة أو «الحالية» للخسائر التي ستحدث سنوياً في المستقبل بنفس المستوى الذي حدثت فيه بحسب تقديرات عام 2012) في حدود تتراوح بين 1,3 و 4,4 تريليون دولار، عند تطبيق المعدلات الاجتماعية للترجيح الزمني من 7 إلى 2 في المائة.

وفي العقد الماضي، أظهرت أسواق الأسماك اتجاها متسارعا نحو العولمة، مما زاد من هشاشة مصائد الأسماك صغيرة النطاق حيال استنفاد بعض الأرصدة المحلية الهامة (Crona and others, 2015; Kramer and others, 2017). وفي عام 2017، دخل نحو 38 في المائة من الإنتاج السمكي العالمي التجارة الدولية، سواء للاستهلاك البشري أو لإنتاج دقيق السمك وزيت السمك (FAO, 2018b). وفي عام 2017، بلغت قيمة صادرات الأغذية البحرية 156,5 بليون دولار، نسب منها مبلغ 84,6 بليون دولار (54 في المائة) إلى صادرات الدول النامية.

وتشير عمليات التفريغ وتحديد القيمة في العالم المبلغ عنها إلى أنه منذ نشر التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017)، الذي استند إلى البيانات الواردة حتى عام 2012، لم يتغير إلا القليل. غير أن الإدارة تحسنت في بعض المناطق، بما في ذلك إعادة بناء بعض مصائد الأسماك نتيجة للإدارة الحكيمة (FAO, 2018b; Hilborn and others, 2020). وأوصي في المؤلفات العلمية باتباع نهج للإدارة يستند إلى النظم الإيكولوجية، بوصفه أداة مفيدة على المدى الطويل، من شأنها أن تجعل مصائد الأسماك التجارية أقرب إلى المثل العليا المعبر عنها في مدونة السلوك بشأن الصيد الرشيد لعام 1995 (Long and others, 2015; Patrick and Link, 2015; FAO, 2018a; Marshall and others, 2018؛ انظر أيضا الفصل 27).

وقد توافرت أدلة مستفيضة تبين أن بعض مصائد الأسماك في العالم لا تدار على نحو مستدام (Sustainable Development Solutions Network, 2019)، مما يعني أن أهداف التنمية المستدامة[2]، ولا سيما الغايات المتعلقة بمصائد الأسماك في إطار الهدف 14، فضلا عن غايات أخرى تتعلق بالأمن الغذائي، لم تتحقق بعد. غير أنه لوحظ حدوث بعض التقدم (United Nations, 2019b). وخلال الفترة من 2012 إلى 2017، كانت أبرز القضايا على النحو التالي:

- تشير البيانات المتوفرة بشأن أنشطة مصائد الأسماك البحرية في العالم أن نحو 60 في المائة من الرصيد السمكي "يُصطاد إلى أقصى حد وعلى نحو مستدام" وهذه النسبة آخذة في الازدياد منذ عام 1990 (FAO, 2020b). ويندرج المجموع المشترك لنسب الأرصدة السمكية "المصطادة إلى أقصى حد وعلى نحو مستدام" والأرصدة "المستغلة استغلالا غير كامل" في إطار المؤشر 14-4-1 (نسبة الأرصدة السمكية الموجودة ضمن المستويات المستدامة بيولوجيا) (انظر الشكل الأول). وبالمثل، فقد كشف المؤشر أيضا عن تزايد نسبة الأرصدة "المفرطة الصيد" منذ عام 1974 (Sustainable Development Solutions Network, 2019; FAO, 2020a; 2020b; World Bank, 2017؛ انظر الشكل الأول). وفي حين أن 66 في المائة من الأرصدة السمكية يتم حاليا صيدها إلى أقصى حد وعلى نحو مستدام أو استغلالها استغلالا غير كامل، يؤكد الشكل الأول على الحاجة إلى

[2] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

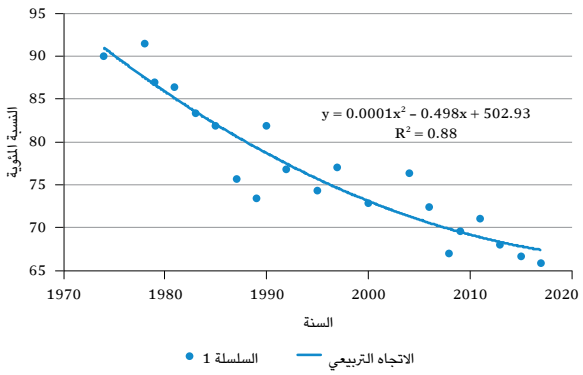
عكس مسار الاتجاه التنازلي في المجموع المشترك لهاتين الفئتين من خلال تحسين نهج إدارة الأرصدة السمكية خارج المستويات المستدامة بيولوجيًا والتي تشكل نسبة 34 في المائة.

- استمر الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، مما أضعف إدارة مصائد الأسماك وأسهم في الاتجار غير المشروع في الأغذية البحرية (Macfadyen and others, 2019; Sumaila and others, 2020).
- استمر تقديم الإعانات لسفن الصيد (Sumaila and others, 2019a)، بما في ذلك الإعانات المالية التي تساهم في الإفراط في قدرات الصيد، والإفراط في صيد الأسماك، ونفاذ المخزون (Rousseau and others, 2019). وبحسب تقديرات (Sala and others 2018)، فإن نسبة 54 في المائة من مواقع صيد الأسماك في أعالي البحار ستكون غير مربحة إذا تم إلغاء الإعانات المالية. واستمرت المفاوضات تحت رعاية منظمة التجارة العالمية بشأن إلغاء الإعانات المالية المقدمة لمصائد الأسماك غير القانونية دون إبلاغ ودون تنظيم وحظر أشكال معينة أخرى من الإعانات بوتيرة متسارعة، وكان من المتوقع التوصل إلى اتفاق خلال عام 2020 (WTO, 2020).
- تستمر آثار الصيد بشباك الجر القاعية في الموائل البحرية، ولكن تتخذ فرادى الدول أو المنظمات أو الترتيبات الإقليمية لإدارة مصائد الأسماك تدابير للتخفيف من حدة هذه الآثار على قاع البحار والجبال البحرية، وأحرز تقدم في وضع مؤشرات تتعلق بسلامة قاع البحار لتقييم مستويات الضرر (Eigaard and others, 2017; Hiddink and others, 2017; Kroodsma and others, 2018).
- تتواصل زيادة الكفاءة في قدرات الصيد في مصائد الأسماك القاعية والمصائد البحرية بشكل مطرد - ولكن على نحو غير ملحوظ في كثير من الأحيان (بما يعرف "بزحف التكنولوجيا")، بنسبة متوسطة تبلغ 0,2 في المائة سنويا، مما يستلزم إجراء تسويات تعويضية في الإدارة (Palomares and Pauly, 2019a).
- يستمر وجود معدات الصيد المتروكة أو المفقودة أو المهملة في تقليص سلامة النظام الإيكولوجي، مما يفرض بالتالي تكاليف على كل من القطاع والسلطات الوطنية (FAO, 2018b).
- لم تكن بعض المنظمات أو الترتيبات الإقليمية لإدارة مصائد الأسماك التي تشمل أعمالها أعالي البحار فعالة بما فيه الكفاية في تقييم الأرصدة، أو تنفيذ مبدأ حدود المصيد، أو توفير تغطية من المراقبين لحساب المصيد أو المصيد العرضي أو المصيد المرتجع (Cullis-Suzuki and Pauly, 2010; Crespo and Dunn, 2017; International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2018a)، ولكن زاد تحفيز الدول على تحقيق نتائج مستدامة من خلال زيادة فعالية المنظمات أو الترتيبات الإقليمية لإدارة مصائد الأسماك، كما يتضح من الاتفاق بشأن مبادرات تعاونية إقليمية مثل اتفاق جاكرتا لعام 2017 لصالح المحيط الهندي[3].
- لا تزال هناك ثغرات كبيرة في مجال بلورة توافق في الآراء والتوصل إلى تحقيقه بشأن الممارسات الإدارية الرامية إلى الحفاظ على صحة الأرصدة السمكية، بما في ذلك: الولايات القضائية المتنازع عليها في وسط المحيط الهادئ وجنوب غرب المحيط الأطلسي (Harrison, 2019)؛ والإدارة غير الفعالة تماما لمصائد الأسماك في أعالي البحار على أرفف المحيطات العميقة والجبال البحرية (ICES, 2018b)؛ والتقدم المحدود في حفظ الأرصدة السمكية المحتملة في وسط المحيط المتجمد الشمالي (فرض وقف مؤقت للصيد غير المنظم لمدة 16 عاماً بانتظار بدء نفاذه)؛ وعدم وجود إدارة لمصائد الأسماك المرتقبة في منطقة طبقة المياه المتوسطة، حيث كان التنظيم إما في بدايته أو غير موجود (Priede, 2017; Hidalgo and Browman, 2019; Remesan and others 2019).

[3] The Indian Ocean Rim Association, Jakarta Concord: Promoting Regional Cooperation for a Peaceful, Stable and Prosperous Indian Ocean (اعتُمد في 7 آذار/مارس 2017). انظر www.iora.int/media/23699/jakarta-concord-7-march-2017.pdf.

الشكل الأول

نسبة الأرصدة السمكية الموجودة ضمن المستويات المستدامة بيولوجيا (المؤشر 14-4-1 لأهداف التنمية المستدامة)



تُجسِّد البيانات مجموع النسب المئوية لأنشطة صيد الأسماك البحرية في العالم التي كانت تعتبر إما أنها "تصطاد إلى أقصى حد وعلى نحو مستدام" (59,6 في المائة في عام 2017) أو أنها "مستغلة استغلالا غير كامل" (6.2 في المائة في عام 2017). وينبغي ملاحظة أن النسبة المئوية لمصائد الأسماك التي يصطاد فيها إلى أقصى حد وعلى نحو مستدام قد زادت من 1990 إلى 2017. وفي مقابل ذلك، إذا ما طرحت من نسبة 100 في المائة في أي سنة، تعطي البيانات النسبة المئوية المتزايدة لعدد مصائد الأسماك "المستغلة بإفراط" (FAO, 2020a; 2020b).

المختصرات: y، نسبة الأرصدةالسمكية ضمن مستويات الاستدامة البيولوجية؛ x، السنة؛ R2، معامل تحديد العلاقة بين y وكل من x و x2.

وعلى الرغم من هذه المسائل والفجوات، تشير البحوث العلمية التي أجريت مؤخرا أنه في حال توافر الإدارة الملائمة، يمكن أن يقل متوسط الوقت اللازم لإعادة تكوين أرصدة الأسماك المستغلة بإفراط عن عشر سنوات، وإذا ما نُفذت الإصلاحات اللازمة، فإن 98 في المائة من الأرصدة المستغلة بإفراط يمكن أن تُعتبر سليمة بحلول منتصف القرن (Sumaila and others, 2012; Neubauer and others, 2013; Costello and others, 2016; Hilborn and Costello, 2018; Garcia and others, 2018). غير أن التوافق في الآراء بين العلماء ضئيل فيما يتعلق بما إذا كان بإمكان النظم الإيكولوجية المتعافية والمجموعات السمكية المسترجعة أن تضطلع بوظائفها الأصلية (Van Gemert and Andersen, 2018; Ingeman and others, 2019). ومن المتوقع أن تستغرق الاستعادة المحتملة لبعض الأرصدة المستنفدة للغاية، مثل سمك القد الأطلسي (Gadus morhua) وقتا أطول بكثير (Neuenhoff and others, 2019).

وقد تبين أن التقييم العلمي للأرصدة السمكية وإدارة شؤونها يحسنان إمكانية استدامتها (Hilborn, 2020 and others). واستنتج العلماء أن الإصلاحات الإدارية، بما في ذلك النهج القائمة على الحقوق، من شأنها أن تحقق زيادات كبيرة في كميات المصيد السنوي (2-16 مليون طن) وفي الأرباح (31-53 بليون دولار) (Costello and others, 2016). كما أكد العلماء أن الزيادات الحاصلة في الكتلة الأحيائية والتنوع البيولوجي المقترنة بإصلاحات في إدارة مصائد الأسماك من شأنها أن تيسر تكيف النظم الإيكولوجية للمحيطات مع تغير المناخ العالمي (Berkes and Ross, 2013; Armitage and others, 2017). وبالتالي، تبقى مسألة إعادة تكوين المخزون أولوية قصوى بالنسبة للدول والمنظمات الدولية (Delpeuch and Hutniczak, 2019).

ويتوقع أن تؤدي الآثار الضارة لتغير المناخ العالمي إلى إعاقة التقدم نحو تحقيق الاستدامة، حتى لو توافرت الإدارة الملائمة التي تسهم في إعادة تكوين الرصيد السمكي (Lam and others, 2016; Pentz and others, 2018;Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019; Lotze and others, 2019؛ انظر أيضا الفصل 5). وعلى الرغم من الفهم المحدود لأبعاد إسهام الظروف المتغيرة في إحداث تحولات في النظم الإيكولوجية، كان من رأي العلماء أن التبدلات في هياكل ووظائف النظم الإيكولوجية البحرية تعد أكثر شيوعا مما كان متوقعا، واحتجوا بأن هذه التغيرات قد يصعب عكس مسارها (Selkoe and others, 2015; Samhouri and others, 2017).

ويتوقع أيضا أن تشمل آثار تغير المناخ زيادة في حدة المخاطر الطبيعية وفي تواترها، مما يؤثر على توزع التجمعات السمكية ووفرتها على الصعيد المحلي (Barange and others, 2014; Bryndum-Buchholz and others, 2018). وقد توقع العلماء أن تتأثر الدول النامية المعتمدة على مصائد الأسماك أشد تأثر، وبسبب التغيرات المتوقعة في توزع أنواع الأسماك وما يترتب على ذلك من زيادات في عمليات هجرة الأرصدة السمكية عبر الحدود، قد يلزم مراعاة عمليات إعادة التوزع تلك في الإدارة الدولية في المستقبل (Pinsky and others, 2018; Sumaila and others, 2019b).

2 - التفاوتات بين المصيد والتفريغ، وأهداف التنمية المستدامة، ومصائد الأسماك الصغيرة النطاق

2-1 - الولايات القضائية الوطنية

بين عامي 2012 و 2017، كانت عمليات التفريغ العالمية مستقرة، وظلت جهود الصيد المكثفة مركزة بشكل كبير في المحيطات الساحلية (Tickler and others, 2018). وتبين أن كميات المصيد الذي تقوم به الأساطيل الوافدة من المياه البعيدة تنمو بوتيرة أسرع من كميات المصيد الذي تقوم به دول المنشأ، وأن 78 في المائة من الصيد الصناعي القابل للتتبع في المناطق الاقتصادية الخالصة في الدول المنخفضة الدخل كانت تقوم به سفن ترفع أعلام دول لمرتفعة الدخل (McCauley and others, 2018). وفي عام 2016، استمر تنامي عمليات التفريغ في المناطق الاستوائية بقوة بحيث بلغت 23,8 مليون طن، فيما كانت في المناطق المعتدلة مستقرة بمعدل 38,9 مليون طن، وأظهرت فوارق عالية في مناطق تصاعد المياه العميقة، بحيث انخفضت إلى 14,5 مليون طن (FAO, 2018b). ويبين الجدولان 1 و 2 الفوارق على الصعيدين الوطني والإقليمي في متوسط عمليات التفريغ بين عامي 2005 و 2014 مقارنة بعامي 2015 و 2016 (FAO, 2018b).

الجدول 1

إنتاج مصائد الأسماك البحرية حسب البلد

البلد	الإنتاج (بالطن)			الفرق (بالنسبة المئوية)		الفرق من 2015 إلى 2016 (بالطن)
	المعدل المتوسط في الفترة 2005-2014	2015	2016	2014-2005 (المتوسط) إلى 2016	من 2015 إلى 2016	
الصين	13 189 273	15 314 000	15 246 234	15,6	0,4-	67 766-
إندونيسيا	5 074 932	6 216 777	6 109 783	20,4	1,7-	106 994-
الولايات المتحدة الأمريكية	4 757 179	5 019 399	4 897 322	2,9	2,4-	122 077-
الاتحاد الروسي	3 601 031	4 172 073	4 466 503	24	7,1	294 430
بيرو المجموع	6 438 839	4 786 551	3 774 887	41,4-	21,1-	1 011 664-
باستثناء سمك البلم	989 918	1 016 631	919 847	7,1-	9,5-	96 784-
الهند	3 218 050	3 497 284	3 599 693	11,9	2,9	102 409
اليابان[أ]	3 992 458	3 423 099	3 167 610	20,7-	7,5-	255 489-
فيتنام	2 081 551	2 607 214	2 678 406	28,7	2,7	71 192
النرويج	2 348 154	2 293 462	2 033 560	13,4-	11,3-	259 902-
الفلبين	2 155 951	1 948 101	1 865 213	13,5-	4,3-	82 888-
ماليزيا	1 387 577	1 486 050	1 574 443	13,5	5,9	88 393
شيلي المجموع	3 157 946	1 786 249	1 499 531	52,5-	16,1-	286 718-
باستثناء سمك البلم	2 109 785	1 246 154	1 162 095	44,9-	6,7-	84 059-
المغرب	1 074 063	1 349 937	1 431 518	33,3	6,0	81 581
جمهورية كوريا	1 746 579	1 640 669	1 377 343	21,1-	16,0-	263 326-
تايلند	1 830 315	1 317 217	1 343 283	26,6-	2,0	26 066
المكسيك	1 401 294	1 315 851	1 311 089	6,4-	0,4-	4 762-
ميانمار[أ]	1 159 708	1 107 020	1 185 610	2,2	7,1	78 590
أيسلندا	1 281 597	1 318 916	1 067 015	16,7-	19,1-	251 901-
إسبانيا	939 384	967 240	905 638	3,6-	6,4-	61 602-

البلد	الإنتاج (بالطن)			الفرق (بالنسبة المئوية)		الفرق من 2015 إلى 2016 (بالطن)
	المعدل المتوسط في الفترة 2005–2014	2015	2016	2005–2014 (المتوسط) إلى 2016	2015 إلى 2016	
كندا	914 371	823 155	831 614	9,1–	1,0	8 459
تايوان، مقاطعة – الصينية	960 193	989 311	750 021	21,9–	24,2–	239 290–
الأرجنتين	879 839	795 415	736 337	16,3–	7,4–	59 078–
إكوادور	493 858	643 176	715 357	44,9	11,2	72 181
المملكة المتحدة	631 398	704 502	701 749	11,1	0,4–	2 753–
الدانمرك	735 966	868 892	670 207	8,9–	22,9–	198 685–
مجموع البلدان الرئيسية – 25 بلدا	65 451 506	66 391 560	63 939 966	2,3–	3,7–	2 451 594–
مجموع البلدان الأخرى – 170 بلدا	14 326 675	14 856 282	15 336 882	7,1	3,2	480 600
المجموع العالمي	79 778 181	81 247 842	79 276 848	0,6–	2,4–	1 970 994–
حصة 25 بلدا رئيسيا	٪82,0	٪81,7	٪80,7			

المصدر: FAO (2018b).

أ أرقام الإنتاج لعامي 2015 و 2016 هي تقديرات قدمتها منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة.

الجدول 2
مناطق الصيد وإنتاج المصائد

رمز منطقة الصيد	اسم منطقة الصيد	الإنتاج (بالطن)			الفرق (بالنسبة المئوية)		الفرق من 2015 إلى 2016 (بالطن)
		المعدل المتوسط في 2005–2014	2015	2016	من 2005–2014 (المتوسط) إلى 2016	2015– 2016	
21	الأطلسي، شمال غرب	2 041 599	1 842 787	1 811 436	11,3–	1,7–	31 351–
27	الأطلسي، شمال شرق	8 654 911	9 139 199	8 313 901	3,9–	9,0–	825 298–
31	الأطلسي، غرب وسط	1 344 651	1 414 318	1 563 262	16,3	10,5	148 944
34	الأطلسي، شرق وسط	4 086 427	4 362 180	4 795 171	17,3	9,9	432 991
37	البحران الأبيض المتوسط والأسود	1 421 025	1 314 386	1 236 999	13,0–	5,9–	77 387–
41	الأطلسي، جنوب غرب	2 082 248	2 427 872	1 563 957	24,9–	35,6–	863 915–
47	الأطلسي، جنوب شرق	1 425 775	1 677 969	1 688 050	18,4	0,6	10 081
51	الهندي، غرب	4 379 053	4 688 848	4 931 124	13,9	5,2	242 276
57	الهندي، شرق	5 958 972	6 359 691	6 387 659	7,2	0,4	27 968
61	الهادئ، شمال غرب	20 698 014	22 057 759	22 411 224	7,7	1,6	353 465
67	الهادئ، شمال شرق	2 871 126	3 164 604	3 092 529	7,7	2,3–	72 075–
71	الهادئ، غرب وسط	11 491 444	12 625 068	12 742 955	10,9	0,9	117 887
77	الهادئ، شرق وسط	1 881 996	1 675 065	1 656 434	12,0–	1,1–	18 631–
81	الهادئ، جنوب غرب	613 701	551 534	474 066	22,8–	14,0–	77 468–
87	الهادئ، جنوب شرق	10 638 882	7 702 885	6 329 328	40,5–	17,8–	1 373 557–
18، 48، 58، 88	القطب الشمالي والقطب الجنوبي	188 360	243 677	278 753	48,0	14,4	35 076
	المجموع العالمي	79 778 184	81 247 842	79 276 848	19,0	43,9–	1 970 994–

المصدر: FAO (2018b).

أشارت تقديرات جديدة لكميات المصيد من الأسماك في العالم، التي أعيد تكوينها باستخدام بيانات للفترة من 1950 إلى 2010 لتشمل كميات المصيد (والمرتجع) غير المدرجة في الإحصاءات الرسمية، إلى أنه أسيء تقدير حجم عمليات تفريغ المصيد السنوية على الصعيد العالمي بنسبة لا تقل عن الثلث، وكانت كميات المصيد تنخفض بوتيرة أسرع مما كان يعتقد سابقا (Pauly and Zeller, 2016; Zeller and others, 2018). وباستخدام هذه الطريقة، تضمنت نسبة كبيرة من الصيد غير المبلغ عنه الأسماك المرتجعة ومصيد سفن الصيد غير القانوني ودون إبلاغ ودون تنظيم، أو مصيد هواة الصيد، أو مصائد الأسماك الصغيرة النطاق. وكشفت كميات المصيد المعاد تكوينها من المناطق عن اختلافات كبيرة بشكل خاص مقارنة بعمليات التفريغ المسجلة في غرب المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط والمحيط الهندي (Palomares and Pauly, 2019b).

وبوجود الفوارق الإقليمية، أظهر معدل العمالة في مصائد الأسماك العالمية في عام 2017 (الذي بلغ 40,4 مليون شخص) زيادة طفيفة مقارنة بعام 2012 (أقل من 3 في المائة) (FAO, 2019a). وفيما يتعلق بالغاية 2-3 من أهداف التنمية المستدامة، التي تعزز، في جملة أمور، وصول مصائد الأسماك الصغيرة النطاق إلى خدمات وأسواق الموارد الإنتاجية (المؤشر 2-3-1)، لوحظ إحراز تقدم في وضع أطر تنظيمية ومؤسسية محددة الأهداف. بيد أن أكثر من 20 في المائة من الدول التي تقوم بصيد الأسماك، لا سيما الدول في أوقيانوسيا وجنوب آسيا، لم تظهر سوى مستويات منخفضة إلى متوسطة في تنفيذ تلك الأطر (United Nations, 2019a).

وأشارت التقديرات إلى أن مصائد الأسماك الصغيرة النطاق توظف أكثر من 90 في المائة ممن يعملون في مصائد الأسماك على الصعيد العالمي، والبالغ عددهم 120 مليون شخص (حوالي 50 في المائة منهم من النساء) (World Bank and others, 2012; FAO, 2015; 2019a). وعلى الرغم من إسهام مصائد الأسماك الصغيرة النطاق إلى حد كبير في كميات المصيد العالمية، فقد تم تهميشها، مع تزايد الضغط من الأساطيل الصناعية (المـُعانة في كثير من الأحيان) والاستخدامات الأخرى للمحيطات على حد سواء (Schuhbauer and Sumaila, 2016; Bundy and others, 2017; Ding and others, 2017; Willmann and others, 2017; Cohen and others, 2019). ويتوقع أن تؤثر التغيرات المناخية سلباً على الجهات المشاركة في مصائد الأسماك الصغيرة النطاق، وتم تحديد استراتيجيات التكيف، بما في ذلك الحاجة إلى سبل عيش بديلة (Shaffril and others, 2017).

ولا تزال مصائد الأسماك تشكل مصدراً رئيسياً للتغذية وفرص العمل لملايين الناس، ولكن تشير التقديرات إلى أن أكثر من 820 مليون شخص لا يزالون يعانون من نقص التغذية (FAO, 2019b). وإن نسبة تتراوح بين 90 و 95 في المائة من عمليات تفريغ مصائد الأسماك الصغيرة النطاق مخصصة للاستهلاك البشري المحلي، مما يسهم إسهاما كبيرا في الأمن الغذائي والتغذية (World Bank and others, 2012; Golden and others, 2016; Basurto and others, 2017; Johnson and others, 2018).

وتحدد الخطوط التوجيهية الطوعية لضمان استدامة مصائد الأسماك الصغيرة النطاق في سياق الأمن الغذائي والقضاء على الفقر تطبيق تكنولوجيا المعلومات للمساعدة في توسيع فرص مصائد الأسماك الصغيرة النطاق في مجالات مثل السلامة، وتبادل المعارف المحلية، وبناء القدرات والحوكمة (FAO, 2015)، والتي اعتبرت محورية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة ذات الصلة بمصائد الأسماك (Said and Chuenpagdee, 2019). ويتوقع أن يستغرق التنفيذ بعض الوقت، ولكن الاستخدام المتزايد لنُهج تراعي حقوق الإنسان يتيح فرصاً لتمكين مصائد الأسماك الصغيرة النطاق (Song and Soliman, 2019). وجرى تنظيم جهود بحثية مثل الشراكة العالمية "Too Big to Ignore" للمساعدة في تركيز الاهتمام على مصائد الأسماك الصغيرة النطاق (Too Big to Ignore, 2020)،

وأعلنت الجمعية العامة عام 2022 السنة الدولية لمصائد وتربية الأحياء المائية الحرفية[4].

وأدت الإعانات إلى تفاقم مشاكل الإفراط في قدرات الصيد والإفراط في استغلال الموارد السمكية، لا سيما عندما يتعلق الأمر بالصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم. وكانت بعض الإعانات المقدمة لمصائد الأسماك التي تدار بشكل جيد مفيدة، مثل الاستثمارات في عمليات تقييم المخزون. وفي عام 2018، قُدّرت الإعانات السنوية العالمية لمصائد الأسماك بـ 35,4 بليون دولار، مقارنة بـ 41,4 بليون دولار قبل عقد من الزمن (بيانات عام 2009 مبينة بسعر صرف الدولار لعام 2018) ولكن الانخفاض لم يعتبر كبيرا (Sumaila and others, 2019a). وقد قدمت الدول المتقدمة النمو معظم الإعانات (Schuhbauer and others, 2017). وزادت الإعانات المقدمة لدعم تعزيز القدرات (وهو تدبير مجحف)، بالتناسب مع المجموع، حيث بلغت 63 في المائة من جميع الإعانات (حوالي 22 بليون دولار) مقابل 57 في المائة قبل عقد من الزمن (Sumaila and others, 2019a).

وأُحرز تقدم في اقتراح مبادئ توجيهية لتقييم مصائد الأسماك وحساب مساهماتها في البيئات التي لا تتوافر فيها البيانات بالقدر الكافي (Cai and others, 2019). وقدمت منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة منهجية للمؤشر 14-7-1 لأهداف التنمية المستدامة لقياس قيمة مساهمة مصائد الأسماك المستدامة في الناتج المحلي الإجمالي (FAO, 2020c). ويجري أيضا وضع مؤشر أشمل ليضم الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، وريع الموارد، والتجارة في خدمات مصائد الأسماك.

2-2 - مصائد أعالي البحار

إن العديد من أكثر مصائد الأسماك قيمة في العالم هي المصائد التي تركز على الأسماك المفترسة في أعلى السلسلة الغذائية الكثيرة الارتحال التي تنتشر عبر المناطق الاقتصادية الخالصة المجاورة أو تهاجر بين تلك المناطق وأعالي البحار (Sumaila and others, 2015). وتستهدف مصائد أسماك مجموعات من الأنواع مثل أسماك التونة والخرمان والقرش من قبل الأساطيل الوطنية في حدود مناطقها الاقتصادية الخالصة، أو الأساطيل الدولية المرخص لها بدخول المناطق الأجنبية، أو في أعالي البحار. فعلى سبيل المثال، يتداخل استخدام مصائد الأسماك بخيوط صنارية طويلة في حيز المحيطات بأكثر من 75 في المائة مع التوزيعات الجغرافية المعروفة لأسماك القرش ذات القيمة التجارية (Queiroz and others, 2019). وقد نمت عمليات صيد الأسماك في أعالي البحار من حوالي 0,5 مليون طن إلى 4,3 ملايين طن بين عامي 1950 و 2014 (Cheung and others, 2019).

ومنذ خمسينيات القرن العشرين، اتسع نطاق الصيد الصناعي بشكل كبير، مع زيادة عمليات التفريغ من المياه الشاطئية، وأعالي البحار (ولا سيما أسماك المحيطات الكبيرة) والمناطق القطبية (United Nations, 2017; Watson and Tidd, 2018). وبلغت غلة أعالي البحار ذروتها في عام 1989 بمعدل 5,2 ملايين طن ولكنها انخفضت قليلا في العقود الثلاثة الماضية. وعلى الرغم من أن أعالي البحار تضم 60 في المائة من محيطات العالم، فإن غلة صيد الأسماك لا تشكل سوى حوالي 5 في المائة فقط من الغلات البحرية العالمية من الأسماك واللافقاريات على حد سواء. ولذلك، فإن مساهمة مصائد الأسماك في أعالي البحار في الإمدادات العالمية من الأغذية البحرية كانت قليلة الأهمية بالنسبة للأمن الغذائي خلال تلك الفترة (Schiller and others, 2018).

وتشكل السفن التي ترفع أعلام الدول المرتفعة الدخل 97 في المائة من سفن الصيد الصناعية في أعالي البحار (McCauley and others, 2018). وتفيد التقارير بأن صيد الأسماك بخيوط صنارية طويلة يمثل 84-87 في المائة من ساعات الصيد في أعالي البحار (Crespo and others, 2018). ويعزى أكثر من 80 في المائة من هذا الجهد إلى سفن تابعة لخمس دول فقط. وفي الفترة من 1950 إلى 2014، زادت المسافة التي تقطعها سفن الصيد الصناعية من الميناء بأكثر من الضعف، ولكنها في

[4] انظر قرار الجمعية العامة 72/72.

الوقت نفسه أظهرت انخفاضاً من 25 مليون إلى 7 ملايين طن (من المصيد) لكل مليون متر (من المسافة) المقطوعة (Tickler and others, 2018).

وتم استغلال ما يقرب من 95 في المائة من مجموع مناطق المحيطات الخالية من الجليد عن طريق صيد الأسماك الصناعي، ولكن مع بلوغ الذروة في عام 1996، انخفض إجمالي المصيد الصناعي بنسبة 18 في المائة وانخفض المصيد الصناعي لكل وحدة من المساحات المصطاد فيها بنسبة 22 في المائة (Tickler and others, 2018). وقد تبين أن كثافة الصيد (الجهد المبذول شهريا) الذي تقوم به سفن الصيد بخيوط صنارية طويلة تزداد في المناطق الشمالية خلال أشهر الصيف، وترتبط كثافة الصيد بمؤشرات التوقعات البيئية (Crespo and others, 2018).

3 - عمليات تفريغ اللافقاريات

نمت محاصيل اللافقاريات البحرية من حوالي 12,4 مليون طن في عام 2012 إلى 12,5 مليون طن في عام 2017، بما يمثل معدل نمو سنوي قدره 0,1 في المائة فقط. وشملت عمليات تفريغ اللافقاريات البحرية عدداً من الأنواع المختلفة من الكائنات الحية، بما في ذلك الرخويات (الحبار، الأخطبوط، المحار)، والقشريات (الروبيان، الجمبري، سرطان البحر، الكركند، الكريل)، وشوكيات الجلد (قنافذ البحر، خيار البحر) والغلاليات، وشكلت غلات هذه المجموعات حوالي 15,5 في المائة من عمليات تفريغ المصيد البحري في العالم في عام 2017 (FAO, 2019a).

4 - مستويات الصيد العرضي والآثار الجانبية

لم يتوافر سوى القليل من السلاسل الزمنية لتوثيق الاتجاهات في الصيد العرضي (ICES, 2018a). وبسبب القيود التنظيمية أو رداءة نوعية الأسماك، يجري في غالب الأحيان التخلص من الأسماك المصطادة غير المستهدفة أو التي تكون حالتها متردية. وفي عام 2019، أشارت التقديرات إلى أن مستويات المصيد المرتجع العالمي شكلت 10,8 في المائة من المصيد العالمي (بيانات الفترة 2010-2014)، والتي تجسدت بكمية 9,1 ملايين طن (تتراوح من 6,7 إلى 16,1 مليون طن) (Pérez Roda and others, 2019). ويجري إحراز تقدم في السياسات وتدابير الإدارة لكي لا تقتصر على إدارة الآثار التي تصيب الأنواع المستهدفة، بل تشمل أيضاً الآثار التي تتعرض لها الأنواع الأخرى (ICES, 2019).

5 - خسائر الأسماك ما بعد الصيد

تتمثل خسائر الأسماك ما بعد الصيد في محاصيل الأسماك التي تفقد جزءا من قيمتها بسبب تدهور الجودة، مما يجعلها غير صالحة للأكل أو غير قابلة للتسويق (Diei-Ouadi and Mgawe, 2011). وتشكل تلك الخسائر مشكلة أساسية بالنسبة لمصائد الأسماك الصغيرة النطاق، حيث تكون سعة التخزين، وأساليب التجهيز والنقل محدودة. وبحسب أحدث التقديرات العالمية بلغت خسائر الأسماك غير المرتجعة بعد الصيد 10 إلى 12 طن في السنة (Manning, 2010). واقتصرت الدراسات الحديثة العهد لخسائر

الأسماك ما بعد الصيد على مصائد الأسماك المحلية، وبخاصة في أفريقيا وآسيا، حيث تبين أن تلك الخسائر قد انخفضت بالنسبة للصيادين الأكبر سناً وللصيادين الذين يظهرون مستويات أعلى من التعليم والذين ينتمون إلى أسر معيشية أكبر حجما (مثل Adelaja and others, 2018).

6 - إمكانية تعزيز مصائد الأسماك

يشمل تكاثر الرصيد السمكي، الذي يُعرف عموما باسم تعزيز مصائد الأسماك، مجموعة من نُهج إدارية تتضمن استخدام تكنولوجيات تربية الأحياء المائية، والبرامج المتعلقة بتربية الأحياء البحرية، وإنشاء الشعب الاصطناعية، وإعتاق البيض واليرقات لاستعادة مجموعات الأرصدة السمكية التي شهدت انخفاضا. ولا يزال العلم في مراحله الأولى ولكنه يظهر بعض الإمكانات لزيادة غلة مصائد الأسماك بما يتجاوز الزيادة التي يمكن تحقيقها من خلال استغلال الأرصدة البرية وحدها، على الرغم من النقص في فهم العواقب الإيكولوجية (Taylor and others, 2017).

7 - استخدام البروتين والزيوت البحرية في الزراعة وتربية الأحياء المائية

يستخدم دقيق السمك كعلف، وزيت السمك كعنصر مضاف للأعلاف في تربية الأحياء المائية والماشية. وحجم الأسماك الكاملة كمادة خام "يُختزل" عن طريق الطهي والضغط والتسخين للحصول على نسبة الأسماك الكاملة إلى دقيق السمك البالغة حوالي 22-23 في المائة ونسبة الأسماك الكاملة إلى زيت السمك البالغة حوالي 4-5 في المائة). وبلغ حجم عمليات تفريغ الأسماك الكاملة على النطاق العالمي لهذا الغرض 14.3 مليون طن في عام 2016 (FAO, 2018b). وفي عام 2016، بلغ الإنتاج العالمي لدقيق السمك 4,4 ملايين طن ولزيت السمك 0,9 مليون طن. وفي عام 2016، استُخدم 69 في المائة من إنتاج دقيق السمك و 75 في المائة من إنتاج زيت السمك في تربية الأحياء المائية. وفي الزراعة، استخدم 23 في المائة من دقيق السمك لمنتجات الخنازير، و 5 في المائة لتربية الدواجن، و 3 في المائة لأغراض أخرى.

ويتكون العلف المائي لتربية الجمبري أو الزعنفيات (انظر الفصل 16) من دقيق السمك وزيت السمك والبذور الزيتية (خاصة فول الصويا) والمنتجات الثانوية من مشتقات المنتجات السمكية الأخرى (Silva and others, 2018). وبلغت تقديرات إجمالي إنتاج العلف المائي 40,1 مليون طن في عام 2018 (Alltech, 2019)، ويعزى هذا العامل إلى انخفاض كمية الأسماك بنسبة أقل من 15 في المائة من النسبة الإجمالية. وكان من المتوقع أن تنخفض هذه النسبة إلى أقل من 10 في المائة بحلول عام 2020 (Fry and others, 2016). وفي عام 2016، كان 19 في المائة من الإنتاج العالمي لدقيق الأسماك مستخرجا من المنتجات الثانوية لمصائد الأسماك (Institute of Aquaculture, 2016). ومن المتوقع أن ترتفع هذه النسبة إلى 38 في المائة بحلول عام 2025 (FAO, 2018b).

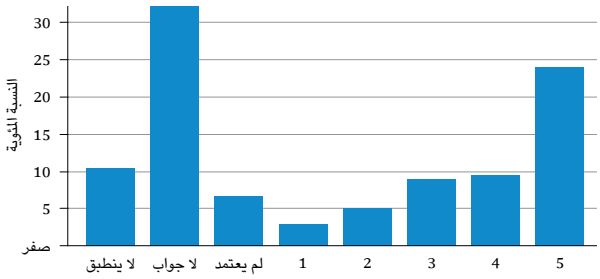
وتم جمع محاصيل تجارية من الكريل في المحيط الجنوبي وفي مناطق قليلة أخرى لتوفير دقيق السمك وزيت السمك (European Market Observatory for Fishery and Aquaculture Products, 2018). وجرى استكشاف السمك في طبقة المياه المتوسطة لنفس أغراض الاستخدامات النهائية، ولكن تكاليف صيد هذه الأسماك اعتبرت باهظة ولم يتم بعد إجراء تقييم كامل للعواقب الإيكولوجية المترتبة على استغلالها (Hidalgo and Browman, 2019).

8 - الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم

أضعف الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم الجهود المبذولة لإدارة مصائد الأسماك بشكل مستدام، مما زاد المخاطر التي يتعرض لها 4,3 بلايين شخص يعتمدون على مصائد الأسماك كمصدر للحصول على البروتين (FAO, 2016d)، وأدى إلى تفاقم حدة الفقر، وزيادة انعدام الأمن الغذائي، ويحتمل أن يتسبب في إعاقة الجهود الرامية إلى تحقيق بعض غايات أهداف التنمية المستدامة (FAO, 2016b). وفي عام 2016، اعتبر أن الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم مسؤول عن المصيد السنوي الذي يصل إلى 26 مليون طن، بقيمة إجمالية عند التفريغ تصل إلى 23 بليون دولار (FAO, 2016c). وتتضّمن عدة صكوك قانونية دولية تدابير تتعلق بإلغاء الإعانات المقدمة للصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، ويتتبع المؤشر 14-6-1 تنفيذ هذه الصكوك حسب الدولة والمنطقة وعلى صعيد العالم (انظر الشكل الثاني). وفي جميع أنحاء العالم، كانت النتيجة الإجمالية لدرجة تنفيذ الصكوك القابلة للتطبيق معتدلة (تقع ضمن النطاق 3). واستمرت في منظمة التجارة العالمية المفاوضات بشأن استخدام تدابير التجارة الدولية لإلغاء الإعانات المقدمة للصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم (وحظر أشكال معينة أخرى من الإعانات)، إلى جانب التوقعات بالتوصل إلى اتفاق خلال عام 2020 (WTO, 2020).

الشكل الثاني

المؤشر للغاية 14-6 من أهداف التنمية المستدامة



ملاحظات: التي تسعى بحلول عام 2020 إلى "حظر بعض أشكال الإعانات المقدمة لمصائد الأسماك التي تسهم في الإفراط في قدرات الصيد وفي صيد الأسماك، وإلغاء الإعانات التي تساهم في صيد الأسماك غير المشروع وغير المبلغ عنه وغير المنظم، 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". وبشكل أكثر تحديداً، يبين هذا الشكل، اعتباراً من 30 حزيران/يونيه 2020، النسبة المتعلقة بـ 199 منطقة خاضعة للولاية القضائية لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الدول بشكل أساسي) تظهر درجات متفاوتة في تنفيذ الصكوك القانونية الدولية الرامية إلى إلغاء الإعانات التي تسهم في صيد الأسماك غير القانوني ودون إبلاغ ودون تنظيم. واستنادا إلى الإجابات الواردة على الاستبيان، يمثل الإحداثي الأفقي (x) النتائج المتعلقة بدرجة تنفيذ الصكوك القانونية القابلة للتطبيق، والتي تتراوح من غير منطبق (N؛ مثلاً في حالة بلد غير ساحلي)، أو لا جواب (NaN؛ أو طريقة الحساب غير معروفة)، أو غير معتمد من قبل نظام إحصائي وطني للإبلاغ العالمي (NV)، إلى منخفض جداً (1)، ومنخفض (2)، ومعتدل (3)، ومرتفع (4)، ومرتفع جداً (5). وتوجد ستة صكوك قانونية قابلة للتطبيق؛ ولتحديد النتائج الأساسية المنسوبة إلى كل دولة، تم تخصيص معامل ترجيح لهذه الصكوك (حددته الفاو) يعتمد على مدى صلتها بالغاية 14-6.
المختصرات: N، لا ينطبق؛ NaN، ليس عددا؛ NV، غير يعتمد.
المصدر: FAO (2020d).

وفي الحالات التي أدى فيها الصيد بسفن استخدمت للصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم إلى الاتجار غير المشروع في الأغذية البحرية، نشأت عواقب اقتصادية واجتماعية كبيرة. فعلى سبيل المثال، أدى تحويل الأسماك عن التجارة المشروعة إلى خسائر سنوية في المساهمات الاقتصادية للدول في جميع أنحاء العالم تقدر بما يتراوح بين 26 و 50 بليون دولار وخسائر في الإيرادات الضريبية للدول بما يتراوح بين بليوني و 4 بلايين دولار (Sumaila and others, 2020).

ويرتبط الصيد غير المشروع أيضا بالاحتيال في مجال الأغذية البحرية (Miller and Sumaila, 2016) وتبين ارتباطه بالاتجار بالمخدرات والبشر والعمل القسري على حد سواء (United Nations, 2017; Tickler and others, 2019). وقدرت منظمة العمل الدولية أن نسبة كبيرة من سكان العالم الذين وقعوا في شرك السخرة البالغ عددهم 21 مليون نسمة يشاركون في قطاع صيد الأسماك العالمي، بما في ذلك تربية الأحياء المائية، وإن كان من الصعب تحديد عددهم بشكل دقيق (FAO and International Labour Organization, 2013; International Labour Organization, 2016; Cavalli and others, 2019). وكان الاعتقاد أن السخرة في مصائد الأسماك في الدول المتقدمة النمو نادرة، ولكن تبين أن المستهلكين في الدول المتقدمة النمو يشترون الأغذية البحرية من المنتجين الذين يستعينون بالسخرة (Tickler and others, 2019).

وفي حزيران/يونيه 2016، دخل الاتفاق بشأن التدابير التي تتخذها دولة الميناء لمنع الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم وردعه والقضاء عليه[5]، الذي كان أول اتفاق دولي ملزم يستهدف الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم تحديدا، حيز النفاذ. وكان من المتوقع أن يساهم التنفيذ الفعال لهذا الاتفاق في حفظ الموارد البحرية الحية والنظم الإيكولوجية البحرية واستخدامها بشكل مستدام على المدى الطويل (FAO, 2016b). وانضم إلى الاتفاق، حتى 30 حزيران/يونيه 2020، 61 دولة طرفاً في جميع أنحاء العالم. ويتمثل هدفه الرئيسي في منع الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم وردعه والقضاء عليه عن طريق منع السفن المتورطة في ذلك الصيد من تفريغ المصيد في موانئ الدول الأطراف. ولذلك، من المتوقع أن يؤدي الاتفاق إلى الحد من الحوافز التي تدفع هذه السفن إلى مواصلة عملها، وأيضا إلى منع منتجات مصائد الأسماك المتأتية من ذلك الصيد من الوصول إلى الأسواق الوطنية والدولية.

9 - آفاق المستقبل

أثبتت الأدلة التجريبية، إلى جانب ما تحقق من تطورات في علوم مصائد الأسماك، أن الإدارة الفعالة يمكن أن تحسن الأرصدة السمكية، وتزيد الغلة وريع الموارد، وتعزز الأمن الغذائي في الدول النامية. غير أن الافتقار إلى الإدارة الفعالة والمتينة في بعض مصائد الأسماك في العالم أظهر أنها لا تزال تتأثر سلبا بالإفراط في الاستغلال، والإعانات المستمرة، والصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، والاتجار غير المشروع، والمصيد العرضي والمرتجع، وإتلاف الموائل بسبب الصيد بشباك الجر القعرية، وخسائر الأسماك ما بعد الجني، وإهمال بالمعدات. وفي حين يستمر تنامي نسبة مصائد الأسماك البحرية في العالم التي توصف بأنها "تصطاد إلى أقصى حد وعلى نحو مستدام" يستمر أيضا تنامي نسبة مصائد الأسماك التي تعتبر "مستغلة بإفراط".

ويتواصل بذل جهود كبيرة، بما في ذلك إجراء مفاوضات دولية تحت رعاية منظمة التجارة العالمية، لحظر بعض الإعانات المقدمة لسفن الصيد وإلغاء الإعانات المقدمة للصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم. وعلاوة على ذلك، وضعت الصيغة النهائية للاتفاق بشأن التدابير التي تتخذها دولة الميناء لمنع الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم وردعه والقضاء عليه للتخفيف من

[5] انظر www.fao.org/port-state-measures/resources/detail/en/c/1111616.

عمليات تفريغ الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم، ولكن لم يكتمل بعد اعتماد الدول له.

ويؤدي تغير المناخ العالمي بالفعل إلى تحولات في توزُّيع مجموعات الأسماك ووفرة أعدادها، ومن المتوقع أن تستمر هذه التحولات أو تتسارع وتيرتها. ويتوقع العلماء أن تؤدي الآثار الضارة لتغير المناخ إلى إعاقة التقدم نحو تحقيق الاستدامة في مصائد الأسماك البحرية، حتى لو توافرت الإدارة الملائمةالتي تفضي إلى إعادة تكوين الرصيد السمكي.

10 - الفجوات المعرفية الرئيسية

لقد أخذت التغيرات في هياكل ووظائف النظم الإيكولوجية البحرية نتيجة التأثيرات البشرية، بما في ذلك الصيد المفرط، وتلوث المغذيات، وتغير المناخ، تصبح أكثر شيوعا. وفيما يتعلق بتأثير تغير المناخ، بوجه خاص، كان الفهم محدودا لمدى مساهمة تغير المناخ في إعادة توزيع الأرصدة الهامة تجاريا أو لما ينتج عنه من تحولات محتملة لا رجعة فيها في هياكل النظم الإيكولوجية البحرية وعملياتها. ويتوقع أن تتأثر الدول النامية التي تعتمد على مصائد الأسماك لتحقيق الأمن الغذائي والتغذية والصادرات تأثرا أشد من الدول التي تتمتع باقتصادات أكثر تنوعا، ولكن تلك الفرضية تحتاج إلى دراسة أدق.

ويلزم تحقيق فهم أفضل لإمكانية انتقال المخزونات التجارية إلى منطقة وسط القطب الشمالي (انظر الفصل 7)، وبشأن القيم التجارية والأهمية الإيكولوجية للأرصدة الأخرى التي لم يتم استغلالها بعد في بيئات أعماق البحار، كما هي الحال في طبقة المياه المتوسطة.

ويتوقع العلماء أن تؤدي التحسينات في إدارة مصائد الأسماك، بما في ذلك تطبيقات أدوات الإدارة الفعالة، إلى زيادات في الكتلة الحيوية والتنوع البيولوجي، مما قد يسمح للنظم الإيكولوجية للمحيطات بالتكيف مع تغير المناخ العالمي، ولكن لم يتم التوصل إلى توافق علمي يذكر بشأن ما إذا كان يمكن للنظم الإيكولوجية المتعافية أن تضطلع بأدوارها السابقة.

11 - الفجوات الرئيسية في بناء القدرات

لا تزال مسألة إعادة تكوين الرصيد السمكي أولوية عالية بالنسبة للدول والمنظمات الدولية، ولكن يلزم توفير الموارد المالية لإجراء عمليات تقييم علمية للأرصدة السمكية واتخاذ تدابير فعالة للحفظ والإدارة بغية زيادة دعم وتعزيز كثير من مصائد الأسماك، ولا سيما مصائد الأسماك في الدول النامية. بيد أن أكثر الدراسات تفاؤلاً خلصت إلى أنه، مع قيام إدارة مناسبة، يمكن أن يكون متوسط الوقت اللازم لإعادة تكوين الأرصدة السمكية المستغلة بإفراط أقل من عقد من الزمن، وإذا ما تم تنفيذ الإصلاحات، التي تمكِّن الإدارة المستدامة، فإن نسبة كبيرة من الأرصدة السمكية المستغلة بإفراط يمكن أن تعتبر سليمة بحلول منتصف القرن الحادي والعشرين.

المراجع

Adelaja, Olusumbo Adeolu, and others (2018). Assessment of post-harvest fish losses Croaker *Pseudotolithus elongatus* (Bowdich, 1825), Catfish *Arius heudeloti* (Valenciennes, 1840) and Shrimp *Nematopalaemon hastatus* (Aurivillius, 1898) in Ondo State, Nigeria. *Aquaculture and Fisheries*, vol. 3, No. 5, pp. 209–216. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.05.002.

Alltech (2019). 2019 Alltech Global Feed Survey estimates world feed production increased by 3 per cent to 1.103 billion metric tons. www.alltech.com/press-release/2019-alltech-global-feed-survey-estimates-world-feed-production-increased-3-percent.

Armitage, Derek, and others (2017). *Governing the Coastal Commons*. Taylor and Francis.

Barange, M., and others (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature Climate Change*, vol. 4, No. 3, pp. 211–216.

Basurto, Xavier, and others (2017). *Improving our knowledge on small-scale fisheries: data needs and methodologies*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings, No. 56. Rome: FAO. www.fao.org/3/a-i8134e.pdf.

Berkes, Fikret, and Helen Ross (2013). Community resilience: toward an integrated approach. *Society and Natural Resources*, vol. 26, No. 1, pp. 5–20.

Bryndum-Buchholz, Andrea, and others (2018). Twenty-first-century climate change impacts on marine animal biomass and ecosystem structure across ocean basins. *Global Change Biology*, vol. 25, No. 2, pp. 459–472.

Bundy, Alida, and others (2017). Strong fisheries management and governance positively impact ecosystem status. *Fish and Fisheries*, vol. 18, No. 3, pp. 412–439.

Cai, Junning, and others (2019). *Understanding and measuring the contribution of aquaculture and fisheries to gross domestic product (GDP)*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 606. Rome: FAO. www.fao.org/3/CA3200EN/ca3200en.pdf.

Cavalli, Lissandra, and others (2019). Scoping global aquaculture occupational safety and health. *Journal of Agromedicine*. https://doi.org/10.1080/1059924X.2019.1655203.

Cheung, William W.L., and others (2019). Future scenarios and projections for fisheries on the high seas under a changing climate. Working Paper. London: International Institute for Environment and Development. http://pubs.iied.org/16653IIED.

Cohen, Philippa, and others (2019). Securing a just space for small-scale fisheries in the blue economy. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 171.

Costello, Christopher, and others (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 113, No. 18, pp. 5125–5129. https://doi.org/10.1073/pnas.1520420113.

Crespo, Guillermo Ortuño, and Daniel C. Dunn (2017). A review of the impacts of fisheries on open-ocean ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 9, pp. 2283–2297. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx084.

Crespo, Guillermo Ortuño, and others (2018). The environmental niche of the global high seas pelagic longline fleet. *Science Advances*, vol. 4, No. 8. https://doi.org/10.1126/sciadv.aat3681.

Crona, B.I., and others (2015). Using social-ecological syndromes to understand impacts of international seafood trade on small-scale fisheries. *Global Environmental Change*, vol. 35, pp. 162–175. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.07.006.

Cullis-Suzuki, Sarika, and Daniel Pauly (2010). Failing the high seas: a global evaluation of regional fisheries management organizations. *Marine Policy*, vol. 34, No. 5, pp. 1036–1042. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.03.002.

Delpeuch, Claire, and Barbara Hutniczak (2019). Encouraging policy change for sustainable and resilient fisheries, No. 127. https://doi.org/10.1787/31f15060-en.

Diei-Ouadi, Yvette, and Yahya I. Mgawe (2011). *Post-harvest fish loss assessment in small-scale fisheries: a guide for the extension officer*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 559. Rome: FAO. www.fao.org/3/i2241e/i2241e.pdf.

Ding, Qi, and others (2017). Vulnerability to impacts of climate change on marine fisheries and food security. *Marine Policy*, vol. 83, pp. 55–61. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.011.

Eigaard, Ole R., and others (2017). The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 3, pp. 847–865. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw194.

European Market Observatory for Fishery and Aquaculture Products (2018). *Blue Bioeconomy: Situation Report and Perspectives*. Brussels: Directorate General for Maritime Affairs and Fisheries, European Commission. www.eumofa.eu/documents/20178/84590/Blue+bioeconomy_Final.pdf.

Food and Agriculture Organization (FAO) (2015). Voluntary Guidelines for Securing Sustainable Small-Scale Fisheries in the Context of Food Security and Poverty Eradication. Rome. www.fao.org/voluntary-guidelines-small-scale-fisheries/ihh/en.

_____(2016a). *Global Implications of Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing. Rep. No. NIC WP 2016-02*. Rome.

_____(2016b). *Illegal, Unreported and Unregulated Fishing*. Rome. www.fao.org/3/a-i6069e.pdf.

_____(2016c). *The FAO Agreement on Port State Measures (PSMA) to Prevent, Deter and Eliminate Illegal, Unreported and Unregulated Fishing*. Rome. www.fao.org/port-state-measures/en.

_____(2016d). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. Rome. www.fao.org/3/a-i5555e.pdf.

_____(2018a). *Implementation of the 1995 FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries*. Rome. www.fao.org/fishery.

_____(2018b). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome. www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture.

_____(2019a). *Fishery and Aquaculture Statistics 2017*. Rome. www.fao.org/fishery/static/Year book/YB2017_USBcard/index.htm.

_____(2019b). *The State of Food Security and Nutrition in the World: Safeguarding against Economic Slow-Downs and Downturns*. Rome. www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en.

_____(2020a). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.* Rome. www.fao.org/publica tions/sofia/2020/en.

_____(2020b). *Sustainable Development Goals: Indicator 14.4.1: Proportion of fish stocks within biologically sustainable levels.* Rome. www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators /1441/en.

_____(2020c). *Sustainable Development Goals: Indicator 14.7.1: Sustainable fisheries as a percentage of GDP in small island developing States, least developed countries and all countries*. Rome. www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1471/en.

_____(2020d). *Sustainable Development Goals: SDG Indicator 14.6.1: Progress by countries in the degree of implementation of international instruments aiming to combat illegal, unreported and unregulated fishing.* Rome. www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/14.6.1/en.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and International Labour Organization (ILO) (2013). *Guidance on Addressing Child Labour in Fisheries and Aquaculture*. Rome. ISBN 978-92-5-107709-2.

Fry, Jillian P., and others (2016). Environmental health impacts of feeding crops to farmed fish. *Environment International*, vol. 91, pp. 201–214. https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.022.

Garcia, Serge M., and others, eds. (2018). *Rebuilding of marine fisheries – Part 1: Global review.* FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 630/1. Rome: FAO. www.fao.org/3/ca0161en/CA0161EN.pdf.

Golden, Christopher D., and others (2016). Nutrition: fall in fish catch threatens human health. *Nature News*, vol. 534, No. 7607, p. 317.

Harrison, J. (2019). Key challenges relating to the governance of regional fisheries. In *Strengthening International Fisheries Law in an Era of Changing Oceans*, Richard Caddell and Erik J. Molenaar, eds. New York: Hart Publishing.

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, pp. 609–615. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz067.

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 of the United States of America,* vol. 114, No. 31, pp. 8301–8306. https://doi.org/10.1073/pnas.1618858114.

Hilborn, Ray, and Chris Costello (2018). The potential for blue growth in marine fish yield, profit and abundance of fish in the ocean. *Marine Policy*, vol. 87, pp. 350–355. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.02.003.

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. https://doi.org/10.1073/pnas.1909726116.

Ingeman, Kurt E., and others (2019). Ocean recoveries for tomorrow's Earth: hitting a moving target. *Science*, vol. 363, No. 6425. https://doi.org/10.1126/science.aav1004.

Institute of Aquaculture (2016). *Project to Model the Use of Fisheries By-Products in the Production of Marine Ingredients, with Special Reference to the Omega 3 Fatty Acids EPA and DHA*. Stirling, Scotland: University of Stirling and IFFO The Marine Ingredients Organisation.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2019). Summary for policymakers. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate,* Hans-Otto Pörtner and others, eds. Monaco: IPCC, 51st session, working groups I and II (24 September 2019).

International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2018a). *Report from the Working Group on Bycatch of Protected Species (WGBYC). Reykjavik, Iceland, 1–4 May 2018*. ICES CM 2018/ACOM:25.

_____(2018b). *Report of the Working Group on Ecosystem Effects of Fishing Activities (WGECO). San Pedro Del Pinatar, Spain, 12–19 April 2018*. ICES CM 2018/ACOM:27.

_____(2019). *Ecosystem Overviews*. www.ices.dk/community/advisory-process/Pages/Ecosystem-overviews.aspx.

International Labour Organization (ILO) (2016). *Fishers first-good practices to end labour exploitation at sea*. Geneva. ISBN: 978-92-2-131290-1.

Johnson, Derek S., and others (2018). *Social Wellbeing and the Values of Small-Scale Fisheries*. Springer.

Kramer, Daniel B., and others (2017). Coastal livelihood transitions under globalization with implications for trans-ecosystem interactions. *PLOS One*, vol. 12, No. 10, pp. 1–18. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186683.

Kroodsma, David A., and others (2018). Tracking the global footprint of fisheries. *Science*, vol. 359, No. 6378, p. 904. https://doi.org/10.1126/science.aao5646.

Lam, Vicky W.Y., and others (2016). Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports*, vol. 6, No. 1, art. 32607. https://doi.org/10.1038/srep32607.

Long, Rachel D., and others (2015). Key principles of marine ecosystem–based management. *Marine Policy*, vol. 57, pp. 53–60. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.01.013.

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 of the United States of America*, vol. 116, No. 26, pp. 12907–12912. https://doi.org/10.1073/pnas.1900194116.

Macfadyen, G., and others (2019). *IUU Fishing Index*. Hampshire, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: Poseidon Aquatic Resource Management Limited and The Global Initiative Against Transnational Organized Crime. www.iuufishingindex.net.

Manning, P. (2010). *Fisheries and Aquaculture Topics: Food Security and Fisheries. Topics Fact Sheets*. Rome: FAO.

Marshall, Kristin N., and others (2018). Ecosystem–based fisheries management for social–ecological systems: renewing the focus in the United States with next generation fishery ecosystem plans. *Conservation Letters*, vol. 11, No. 1, p. e12367. https://doi.org/10.1111/conl.12367.

McCauley, Douglas J., and others (2018). Wealthy countries dominate industrial fishing. *Science Advances*, vol. 4, No. 8. https://doi.org/10.1126/sciadv.aau2161.

Miller, Dana D., and U. Rashid Sumaila (2016). Chapter 4: IUU Fishing and Impact on the Seafood Industry. In *Seafood Authenticity and Traceability*, Amanda M. Naaum and Robert H. Hanner, eds., pp. 83–95. San Diego: Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978–0–12–801592–6.00004–8.

Neubauer, Philipp, and others (2013). Resilience and recovery of overexploited marine populations. *Science*, vol. 340, No. 6130, pp. 347–349.

Neuenhoff, Rachel D., and others (2019). Continued decline of a collapsed population of Atlantic cod (*Gadus morhua*) due to predation–driven Allee effects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* vol. 76, pp. 168–184. https://doi.org/10.1139/cjfas–2017–0190.

Palomares, Maria L.D., and Daniel Pauly (2019a). On the creeping increase of vessels' fishing power. *Ecology and Society* vol. 24, No. 3, art. 31. https://doi.org/10.5751/ES–11136–240331.

_____(2019b). Coastal fisheries: the past, present, and future. In *Coasts and Estuaries: The Future*, Eric Wolanski and others, eds., pp. 569–576. Amsterdam: Elsevier.

Patrick, Wesley S., and Jason S. Link (2015). Myths that continue to impede progress in ecosystem–based fisheries management. *Fisheries*, vol. 40, No. 4, pp. 155–160. https://doi.org/10.1080/03632415.2015.1024308.

Pauly, Daniel, and Dirk Zeller (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications*, vol. 7, No. 1, art. 10244. https://doi.org/10.1038/ncomms10244.

Pentz, Brian, and others (2018). Can regional fisheries management organizations (RFMOs) manage resources effectively during climate change? *Marine Policy*, vol. 92, pp. 13–20. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.01.011.

Pérez, Roda, and others (2019). *A third assessment of global marine fisheries discards*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 633. Rome: FAO.

Pinsky, Malin L., and others (2018). Preparing ocean governance for species on the move. *Science*, vol. 360, No. 6394, pp. 1189–1191. https://doi.org/10.1126/science.aat2360.

Priede, Imants G. (2017). *Deep–Sea Fishes: Biology, Diversity, Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316018330.

Queiroz, Nuno, and others (2019). Global spatial risk assessment of sharks under the footprint of fisheries. *Nature*, vol. 572, pp. 461–466. https://doi.org/10.1038/s41586–019–1444–4.

Remesan, M.P., and others (2019). A review on techniques and challenges in the harvest of mesopelagics. *Fishery Technology*, vol. 56, pp. 243–253.

Rousseau, Yannick, and others (2019). Evolution of global marine fishing fleets and the response of fished resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, No. 25, pp. 12238–12243. https://doi.org/10.1073/pnas.1820344116.

Said, Alicia, and Ratana Chuenpagdee (2019). Aligning the sustainable development goals to the small-scale fisheries guidelines: a case for EU fisheries governance. *Marine Policy*, vol. 107, art. 103599. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103599.

Sala, Enric, and others (2018). The economics of fishing the high seas. *Science Advances*, vol. 4, No. 6. https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2504.

Samhouri, Jameal F., and others (2017). Defining ecosystem thresholds for human activities and environmental pressures in the California Current. *Ecosphere*, vol. 8, No. 6, p. e01860. https://doi.org/10.1002/ecs2.1860.

Schiller, Laurenne, and others (2018). High seas fisheries play a negligible role in addressing global food security. *Science Advances*, vol. 4, No. 8. https://doi.org/10.1126/sciadv.aat8351.

Schuhbauer, Anna, and U. Rashid Sumaila (2016). Economic viability and small-scale fisheries: a review. *Ecological Economics*, vol. 124, pp. 69–75. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon. 2016.01.018.

Schuhbauer, Anna, and others (2017). How subsidies affect the economic viability of small-scale fisheries. *Marine Policy*, vol. 82, pp. 114–121. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.013.

Selkoe, Kimberly A., and others (2015). Principles for managing marine ecosystems prone to tipping points. *Ecosystem Health and Sustainability*, vol. 1, No. 5, pp. 1–18. https://doi.org/10.1890/EHS14-0024.1.

Shaffril, Hayrol Azril Mohamed, and others (2017). Adapting towards climate change impacts: strategies for small-scale fishermen in Malaysia. *Marine Policy*, vol. 81, pp. 196–201. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.03.032.

Silva, Catarina Basto, and others (2018). Life cycle assessment of aquafeed ingredients. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 23, No. 5, pp. 995–1017. https://doi.org/10.1007/s11367-017-1414-8.

Song, Andrew M., and Adam Soliman (2019). Situating human rights in the context of fishing rights: contributions and contradictions. *Marine Policy*, vol. 103, pp. 19–26. https://doi.org/10.1016/j.marpol .2019.02.017.

Sumaila, U. Rashid, and others (2012). Benefits of rebuilding global marine fisheries outweigh costs. *PLOS One*, vol. 7, No. 7.

Sumaila, U. Rashid, and others (2015). Winners and losers in a world where the high seas is closed to fishing. *Scientific Reports*, vol. 5, No. 1, art. 8481. https://doi.org/10.1038/srep08481.

Sumaila, U. Rashid, and others (2019a). Updated estimates and analysis of global fisheries subsidies. *Marine Policy*, vol. 109, art. 103695. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103695.

Sumaila, U. Rashid, and others (2019b). Benefits of the Paris Agreement to ocean life, economies, and people. *Science Advances*, vol. 5, No. 2, p. eaau3855. https://doi.org/10.1126/sciadv.aau3855.

Sumaila, U. Rashid, and others (2020). Illicit trade in marine fish catch and its effects on ecosystems and people worldwide. *Science Advances*, vol. 6, p. eaaz3801. https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz3801.

Sustainable Development Solutions Network (2019). *"Target 14.4". Indicators and a Monitoring Framework: Launching a Data Revolution for the Sustainable Development Goals*. New York. https://indicators.report.

Tai, Travis C., and others (2017). Ex-vessel fish price database: disaggregating prices for low-priced species from reduction fisheries. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 363. https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00363.

Taylor, Matthew D., and others (2017). Fisheries enhancement and restoration in a changing world. *Fisheries Research*, vol. 186, pp. 407–412. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.10.004.

Tickler, David, and others (2018). Far from home: distance patterns of global fishing fleets. *Science Advances*, vol. 4, No. 8. https://doi.org/10.1126/sciadv.aar3279.

Tickler, David, and others (2019). Modern slavery and the race to fish. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 4643. https://doi.org/10.1038/s41467-018-07118-9.

Too Big to Ignore (2020). *Global Partnership for Small-Scale Fisheries Research*. http://toobigtoignore.net.

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

United Nations, Economic and Social Council (2019a). Special edition: progress towards the Sustainable Development Goals. Report of the Secretary-General. 8 May 2019 (E/2019/68). New York. https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2019/ secretary-general-sdg-report-2019--EN.pdf.

United Nations, Statistics Division (2019b). *The Sustainable Development Goals Report 2019*. New York. https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/goal-14.

Van Gemert, Rob, and Ken H. Andersen (2018). Challenges to fisheries advice and management due to stock recovery. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 6, pp. 1864–1870. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy084.

Watson, Reg A., and A. Tidd (2018). Mapping nearly a century and a half of global marine fishing, 1869–2015. *Marine Policy*, vol. 93, pp. 171–177. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.023.

Willmann, Rolf, and others (2017). A human rights-based approach in small-scale fisheries: evolution and challenges in implementation. In *The Small-Scale Fisheries Guidelines*, S. Jentoft and others, eds., pp. 763–787. Springer.

World Bank (2017). *The Sunken Billions Revisited: Progress and Challenges in Global Marine Fisheries*. Washington, D.C. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0919-4.

World Bank, and others (2012). *Hidden Harvest: The Global Contribution of Capture Fisheries (English)*. Washington, D.C.: World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0919-4.

World Trade Organization (WTO) (2020). *Negotiations on fisheries subsidies 2020*. Geneva. www.wto.org/english/tratop_e/rulesneg_e/fish_e/fish_e.htm.

Zeller, Dirk, and others (2018). Global marine fisheries discards: a synthesis of reconstructed data. *Fish and Fisheries*, vol. 19, No. 1, pp. 30–39. https://doi.org/10.1111/faf.12233.

الفصل 16

التغيرات في تربية الأحياء المائية

المساهمون: روهانا سوباسنغي (منظم الاجتماعات)، وبيدرو بارون، ومالكوم بيفيريدج، وإنريكي مارشوف (عضو رئيسي)، ودوريس أوليفا.

النقاط الرئيسية

- سُجّل الإنتاج العالمي لتربية الأحياء المائية في عام 2017 (الحيوانات والنباتات) بمقدار 111,9 مليون طن، بقيمة أولى تقدر بمبلغ 249,6 بليون دولار. ومنذ عام 2000، لم تعد تربية الأحياء المائية تشهد معدلات النمو السنوية المرتفعة التي شهدتها الثمانينيات والتسعينيات (11,3 في المائة و 10 في المائة على التوالي). ومع ذلك، فإنها تواصل النمو بوتيرة أسرع من قطاعات الإنتاج الغذائي الرئيسية الأخرى. وانخفض معدل النمو السنوي إلى نسبة معتدلة قدرها 5,8 في المائة خلال الفترة 2000–2016، رغم أن عددا قليلا من البلدان ظل يشهد معدلات نمو ثنائية الأرقام، ولا سيما في أفريقيا، في الفترة من عام 2006 إلى عام 2010. والأسماك التي ينتجها هذا القطاع السريع النمو غنية بالبروتين وتحتوي على مغذيات دقيقة أساسية، وأحيانا تحتوي على أحماض دهنية أساسية، لا تسهل الاستعاضة عنها بسلع غذائية أخرى.
- تتوقع الأمم المتحدة أن يصل عدد سكان العالم إلى 8,5 بلايين نسمة في عام 2030. وهذا سيؤدي حتما إلى زيادة الضغط على قطاعات الأغذية لزيادة الإنتاج والحد من الخسائر والهدر. ويجب أن تكون الزيادات في الإنتاج قادرة على كفالة الاستدامة، نظرا إلى السياق الذي يرجح أن تكون فيه الموارد الرئيسية، مثل الأراضي والمياه، أكثر ندرة، ويشتد فيه أثر تغير المناخ. ولا يستثنى من ذلك قطاع تربية الأحياء المائية. والنجاح في تحقيق الهدف الطويل الأجل المتمثل في الاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لقطاع تربية الأحياء المائية، من أجل كفالة استمرار مساهمته بتوفير الطعام المغذي للحفاظ على صحة سكان العالم، سيتوقف في المقام الأول على استمرار الحكومات في الالتزام بتوفير ودعم إطار للإدارة السليمة لهذا القطاع. ومع زيادة توسع هذا القطاع وتعزيزه وتنوعه، ينبغي أن يعترف بالشواغل البيئية والاجتماعية ذات الصلة وأن يبذل جهودا صادقة للتصدي لها بطريقة شفافة، مدعومة بمشورة علمية.

1 – الحالة الراهنة والتحسينات الرئيسية

يقدم هذا الفرع تقييما للتغيرات والتحسينات العالمية الرئيسية التي طرأت على قطاع تربية الأحياء المائية خلال العقد الماضي، ويبين حالته الراهنة.

1-1 – الإنتاج والأنواع

تتوسع تربية الأحياء المائية بوتيرة أسرع من الأنواع الأخرى من الإنتاج الغذائي، وإن لم تعد تشهد معدلات النمو التي شهدتها الثمانينيات والتسعينيات (11,3 في المائة و 10 في المائة على التوالي، باستثناء النباتات المائية). وانخفض متوسط النمو السنوي إلى 5,8 في المائة خلال الفترة 2000–2016، رغم أن عددا من البلدان شهد معدلات نمو أعلى من ذلك، ولا سيما في أفريقيا، في الفترة من عام 2006 إلى عام 2010 (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018a). وشمل الإنتاج العالمي في عام 2016 ما مقداره 80 مليون طن من الأغذية السمكية، و 30,1 مليون طن من النباتات المائية، و 37 900 طن من المنتجات غير الغذائية. وشمل إنتاج الأغذية 54,1 مليون طن من الأسماك ذات الزعانف، و 17,1 مليون طن من الرخويات، و 7,9 ملايين طن من القشريات، و 500 938 طن من الحيوانات الأخرى. ومنذ عام 1991، ظل إنتاج الصين، وهي المنتج الرئيسي في عام 2016، يتجاوز ما تنتجه بقية بلدان العالم مجتمعة. وكانت الدول المنتجة الرئيسية الأخرى في عام 2016 هي

الهند وإندونيسيا وفييت نام وبنغلاديش ومصر والنرويج. وتشمل النباتات المائية (28 مليون طن) الأعشاب البحرية وحجما أصغر بكثير من الطحالب الدقيقة. وكانت الصين وإندونيسيا المنتجين الرئيسيين للنباتات المائية في عام 2016 (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018b). ولا يشمل هذا الاستعراض أنواع أسماك ونباتات الزينة.

1-2 - الناس والتغذية

تشير الإحصاءات الرسمية العالمية إلى أن 59,6 مليون شخص كانوا يعملون في القطاع الأولي لمصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية في عام 2016، حيث يعمل 19,3 مليون شخص في تربية الأحياء المائية و 40,3 مليون شخص في مصائد الأسماك (FAO, 2018b). وبالإضافة إلى المنتجين الرئيسيين، يعمل العديد من الناس على امتداد سلسلة الأنشطة المولدة للقيمة في قطاع تربية الأحياء المائية. ويدعم هذا القطاع سبل العيش لما عدده 540 مليون شخص، بما في ذلك أفراد الأسر، أو 8 في المائة من سكان العالم (FAO, 2017a). وبلغت نسبة النساء 19 في المائة من جميع الأشخاص العاملين مباشرة في القطاع الأولي في عام 2014 (FAO, 2016).

وقد تم الاعتراف الكامل بمساهمة تربية الأحياء المائية في التغذية البشرية (Chan and others, 2017؛ و High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition, 2014). وتحسّن تربية الأحياء المائية تغذية فقراء الريف، وخاصة الأمهات والأطفال الصغار (Thilsted and others, 2016)، على الرغم من وجود مخاوف من أن نمو هذا القطاع وتكثيف أساليب إنتاجه قد يؤديان إلى انخفاض توافر بعض الأحماض الدهنية والمغذيات الدقيقة (Bogard and others, 2017). وبالنظر إلى تزايد عدد سكان العالم وأهمية اتباع نظام غذائي صحي، شدد بينيه وآخرون (Béné and others 2016) على أن الحصول على الأسماك مسألة رئيسية في إيجاد تجمعات سكانية تتمتع بالصحة، لا سيما بين فقراء الريف، في جميع أنحاء العالم.

1-3 - المدخلات والموارد

تشكل الأراضي والمياه أهم الموارد لتنمية قطاع تربية الأحياء المائية. وقدّر غنتري وآخرون (Gentry and others 2017) أن 000 400 11 كيلومتر مربع من السواحل مناسبة للأسماك، ويمكن تطوير أكثر من 000 500 1 كيلومتر مربع لذوات الصدفتين. ويتمثل التحدي في تأمين موارد مناسبة من الأراضي والمياه لتنمية قطاع تربية الأحياء المائية على المستوى الوطني.

وتكتسي البذور ذات النوعية الجيدة والأعلاف المثلى أهمية أساسية. وتستزرع معظم أنواع الحيوانات بالأعلاف الخارجية، وتشكل تغذية قطاع تربية الأحياء المائية الآخذ في التوسع مبعثا للقلق. وفي عام 2016، كان حوالي 55,6 مليون طن من الأسماك (بما في ذلك الشبوط الهندي) والقشريات المستزرعة يعتمد على الأعلاف الخارجية (المكونة من مكونات طازجة، أو المصنعة في المزارع، أو المصنعة تجاريا) (FAO, 2018b).

وفي عام 2005، استهلكت تربية الأحياء المائية حوالي 4,2 ملايين طن من دقيق السمك (18,5 في المائة من إجمالي علف الأحياء المائية حسب الوزن). وبحلول عام 2015، انخفضت هذه الكمية إلى 3,35 ملايين طن (7 في المائة من إجمالي علف الأحياء المائية حسب الوزن). وحتى مع زيادة الإنتاج على الصعيد العالمي، سيواصل استخدام دقيق السمك لعلف الأحياء المائية الانخفاض ليصل إلى 3,33 ملايين طن بحلول عام 2020 (5 في المائة من إجمالي علف الأحياء المائية حسب الوزن في تلك السنة). ويمكن أن يكون للجهود المبذولة من أجل صنع الأعلاف المستدامة عن طريق الاستعاضة عن دقيق السمك وزيوت السمك بالأعلاف النباتية أثر على مستويات أحماض أوميغا-3 الدهنية والقيمة الغذائية للأسماك المستزرعة. ويمكن لهذه الصناعة أن تستخدم زيوت السمك في أعلاف الأسماك استخداما استراتيجيا عن طريق تغذية الأسماك المستزرعة بهذه المركبات الأساسية في مراحل الحياة الرئيسية. ومع ذلك، ومن أجل أن تنمو تربية الأحياء المائية، من المتوقع أن يستمر نمو إنتاج علف الأحياء المائية بمعدل مماثل ليصل إلى

69 مليون طن بحلول عام 2020 (Hasan, 2017). وبالنظر إلى الاتجاهات السابقة والتوقعات، من المرجح أن تكون استدامة قطاع تربية الأحياء المائية مرتبطة ارتباطا وثيقا بالإمدادات المستدامة من البروتينات الحيوانية والنباتية الأرضية والزيوت ومصادر الكربوهيدرات لتوفير علف الأحياء المائية (Troell and others, 2014). ولذلك ينبغي أن يسعى قطاع تربية الأحياء المائية إلى ضمان إمدادات مستدامة من مكونات الأعلاف الأرضية والنباتية، بما في ذلك الطحالب وفضلات عمليات المعالجة، التي لا تتنافس بصورة مباشرة مع الاستخدام لإطعام الناس مباشرة.

1-4 - الأمن البيولوجي

لا تزال الأمراض تشكل تحديا في تربية الأحياء المائية على الصعيد العالمي، وهي من العوامل الرئيسية التي تحول دون تطوير تربية الأحياء المائية بالنسبة للعديد من الأنواع. وهكذا، فإن الاستثمار، إلى جانب التركيز على الأمن البيولوجي والصحة، يتزايد في جميع أنحاء العالم (Subasinghe and others, 2019). ويتألف الأمن البيولوجي في تربية الأحياء المائية من ممارسات تقلل من خطر إدخال مرض معد وانتشاره بين الحيوانات في منشأة ما، وخطر أن تغادر الحيوانات المريضة أو العوامل المعدية منشأة ما وتنشر المرض إلى مواقع أخرى وإلى أنواع أخرى معرضة للإصابة. وتقلل هذه الممارسات أيضا من الضغط على الحيوانات، مما يجعلها أقل عرضة للمرض.

وتشمل القائمة الطويلة للأمراض ومسبباتها في البيئة المائية مرض النخر الكبدي البنكرياسي الحاد، الذي دمر مؤخرا تربية الجمبري المائية في بلدان آسيوية (مثل الصين وماليزيا والفلبين وتايلند). والعامل المسبب للمرض هو سلالة فتاكة من البكتيريا الضمية من نوع باراهيموليتيكاس (*Vibrio parahaemolyticus*)، وهي بكتيريا توجد عادة في المياه الساحلية. وقدرت الخسائر في الإيرادات بسبب هذا المرض في جنوب شرق آسيا بما يزيد على 4 بلايين دولار. ويجب على البلدان رصد الأمراض الناشئة الأخرى، مثل طفيليات *Enterocytozoon hepatopenaei* في الجمبري، وفيروس بلطي البحيرات، والتي يمكن أن يكون لها تأثير شديد على هذا القطاع إذا لم تعالج في الوقت المناسب (FAO, 2017a). ويجري الآن تطبيق أدوات جديدة للتشخيص الجزيئي لتحديد العوامل المسببة للأمراض وأنماط توزيعها في أسماك المفرِّخات والأسماك المستزرعة وغير المستزرعة في جميع أنحاء العالم. واستُخدمت أيضا تقنية التصفيف المصغر التي تم تطويرها مؤخرا للنظر في آثار حالة ناقلات مسببات الأمراض (قمل البحر وفيروس نخر خلايا الدم المعدي) على السلمون غير المستزرع.

وفي حين أن البحوث الرامية إلى العثور على لقاحات تحقق تقدما، فإن المسألة الناشئة التي تواجهها البلدان هي إساءة استعمال مضادات الميكروبات وغيرها من الأدوية والإفراط في استعمالها، مما يؤدي إلى وجود مخلفات ومسببات أمراض مقاومة للأدوية. ومن المهم استخدام مضادات الميكروبات بحصافة وفهم دور الإدارة الجيدة لتربية الأحياء المائية والكائنات المجهرية في نظم الاستزراع على نحو أفضل من أجل الحد من استخدام مضادات الميكروبات وما يترتب على ذلك من آثار على الرفاه في إنتاج قطاع تربية الأحياء المائية. وبعد موافقة منظمة الصحة العالمية على خطة العمل العالمية بشأن مقاومة مضادات الميكروبات[1]، تُشجَّع البلدان على وضع خطط عمل وطنية بشأن مقاومة مضادات الميكروبات المائية وإدماجها في خطة العمل العالمية (FAO, 2017a).

1-5 - التكنولوجيا

أُدخلت تحسينات ملحوظة في مجالي علم الوراثة والتسميك، سواء في ما يتعلق بالأسماك ذات الزعانف أو الجمبري. ويمكن تصنيف الجمبري الخالي من عوامل مُمْرِضة معيّنة والمقاوم لعوامل مُمْرِضة معيّنة (*Penaeus monodon* و *P. vannamei*)، والسلالات

[1] منظمة الصحة العالمية، الوثيقة WHA68/2015/REC/1، المرفق 3.

المحسنة جينيا من سمك البلطي المستزرع، وبعض أنواع الشبّوط المحسنة الأداء من حيث النمو، والإنتاج على نطاق تجاري من مختلف أنواع الهامور والبومبانو والكوبيا، على أنها قصص نجاح (FAO, 2017a). وتساهم التحسينات التكنولوجية في مجال الأعلاف والتغذية وإدارة الصحة ومكافحة الأمراض في التكثيف وتوسيع النطاق والاستدامة (FAO, 2017a). ويتسم اعتماد برامج التحسين الوراثي بالبطء، حتى بالنسبة لتربية بعض الأنواع الرئيسية من الأحياء المائية. والشروع في مثل هذه البرامج مكلف، إلا أن هناك أدلة على أن الشراكات بين القطاعين العام والخاص يمكن أن تكون فعالة في بناء برامج طويلة الأجل وإدامتها (FAO, 2019). وعند اتخاذ قرار لإدخال نوع من الأنواع لأغراض الاستزراع، ينبغي دائما النظر في الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية السلبية المحتملة، إلى جانب إمكانية تطوير استزراع الأنواع المحلية (Wurmann, 2019).

وعلى مدى السنوات القليلة الماضية، كان الجمبري الخالي من عوامل مُمْرِضة معيّنة من نوعي *P. monodon* و *P. vannamei* أكثر توافرا في آسيا وأمريكا اللاتينية. ومع ذلك، كان استعمال مصطلح "خال من عوامل مُمْرِضة معيّنة" وإساءة استعماله مصدر قلق بين أصحاب المصلحة في تربية الأحياء المائية، وسيظل كذلك (Alday-Sanz and others, 2018). وقد تم إغلاق دورات حياة أنواع هامة من سرطان البحر وجراد البحر تجريبيا، ولكن الإنتاج التجاري لبذورها لا يزال بدائيا.

وبذلت محاولات لاستخدام نظم تربية الأحياء المائية القائمة على إعادة التدوير لتربية سمك السلمون، مع تحقيق بعض النتائج الإيجابية. وأصبحت هذه النظم هي المعيار لإنتاج السلمون في طور السمولت وما بعده في شيلي والنرويج. وتبلغ تكلفة الاستثمار التقريبية 60 مليون دولار لنظام كامل (FAO, 2017b). ومن بين التكنولوجيات الناشئة الأخرى التي تساعد على تقليل الأمراض والحد من النفايات نُظم أقفاص مغلقة وشبه مغلقة، يجري حاليا تطويرها ونشرها لتربية السلمون في النرويج (Nilssen and others, 2017).

وكان سمك السلمون الأطلسي المعدل وراثيا (AquAdvantage) قيد الاستعراض من قبل إدارة الأغذية والعقاقير في الولايات المتحدة الأمريكية لأكثر من عقد من الزمن. وبعد عملية شاملة وصارمة، قررت إدارة الأغذية والعقاقير أن سمك السلمون AquAdvantage مأمون للأكل ومغذ شأنه شأن أي من السلمون الأطلسي غير المعدل وراثيا. ومُنحت الموافقة على الإنتاج والاستهلاك في نهاية المطاف في تشرين الثاني/نوفمبر 2015 في الولايات المتحدة، وعلى البيع في كندا من قبل وزارة الصحة الكندية في عام 2016.

2 - تربية الأحياء المائية والبيئة

تشدد بلدان كثيرة على الاستدامة البيئية والمسؤولية الاجتماعية. وبالإضافة إلى القوانين واللوائح والمدونات الطوعية التي تهدف إلى ضمان السلامة البيئية، تشمل بعضُ وسائل تحقيق هذا الهدف تقنيات مبتكرة وأقل تلويثا للبيئة اقترحها نهج النظام الإيكولوجي في تربية الأحياء المائية، الذي يركز على الإدارة من أجل الاستدامة (FAO, 2010) ويوفر إطارا للتخطيط والإدارة من أجل دمج تربية الأحياء المائية بشكل فعال في التخطيط المحلي (Brugère and others, 2018). وعلى الرغم من أن الجهود المتعلقة بالتكثيف قد أدت إلى انخفاض استخدام الأراضي والمياه العذبة لكل وحدة من الأسماك المنتجة (FAO, 2017a)، فقد أدت أيضا إلى زيادة في استخدام الطاقة والأعلاف، وفي التلوث، لكل وحدة من الأسماك المستزرعة (Hall and others, 2011).

وعلى الرغم من أن تربية الأحياء المائية قد اتُهمت بأن لها آثارا بيئية واجتماعية سلبية (Bushmann and Fortt, 2005; Isla Molleda and others, 2016) وينظر إليها عامة الناس نظرة متحيزة، فإن لها، من ناحية

الكفاءة الإيكولوجية والتأثير البيئي، فوائد واضحة مقارنة بالأشكال الأخرى لإنتاج الغذاء الحيواني للاستهلاك البشري. وتقييم دورة الحياة مفيد لتحديد التأثيرات البيئية وضمان التنمية المستدامة بيئيا (Bohnes and Laurent, 2019). والأسماك ذات الزعانف المستزرعة مماثلة للدواجن من حيث كفاءة تحويل الأعلاف، وهي أكثر كفاءة من لحوم البقر. وتشير التقديرات الأخيرة إلى أن الطلب على المحاصيل الغذائية والأراضي لأغراض تربية الأحياء المائية سيكون أقل من الطلب على أنظمة إنتاج الغذاء البديلة، حتى لو كان أكثر من ثلث إنتاج البروتين يأتي من تربية الأحياء المائية، بحلول عام 2050 (Froehlich and others, 2018). كما أن أسماك الشبّوط والرخويات التي تتغذى بالترشيح هي أكثر كفاءة في إنتاج البروتين الحيواني، حيث أنها لا تحتاج إلى أعلاف يديرها الإنسان ويمكنها تحسين نوعية المياه. ونظرا لأن تربية الأحياء المائية جديدة نسبيا، فإنها توفر مجالا واسعا للابتكار من أجل زيادة كفاءة استخدام الموارد (Waite and others, 2014). وحيثما تكون الموارد مستنزفة، ينبغي النظر في الفوائد النسبية للسياسات التي تشجع تربية الأحياء المائية في مقابل الأشكال الأخرى للإنتاج الحيواني.

وعلى العموم، تحسن الأداء البيئي لتربية الأحياء المائية بشكل ملحوظ خلال العقد الماضي. وإذا تضاعف إنتاج تربية الأحياء المائية بحلول عام 2030، يجب على القطاع تحسين إنتاجيته وأدائه البيئي حتى يكون النمو مستداما (Waite and others, 2014). ومن أجل تحقيق "التكثيف المستدام"، يجب على قطاع تربية الأحياء المائية أن يقوم بما يلي: (أ) النهوض بالتنمية الاجتماعية والاقتصادية؛ (ب) توفير أغذية مأمونة وميسورة التكلفة ومغذية؛ (ج) زيادة إنتاج الأسماك بالنسبة إلى كمية الأراضي والمياه والأعلاف والطاقة المستخدمة؛ (د) تقليل الآثار البيئية وأمراض الأسماك وتسربها إلى أدنى حد ممكن (FAO, 2017a).

3 - تربية الأحياء المائية والمجتمع

تبرز أهمية الأنشطة السمكية وأنشطة مصائد الأسماك بالنسبة للأمن الغذائي في البلدان الأقل نموا بصورة خاصة. وفي عام 2016، كانت آسيا تمثل 85,7 في المائة من سكان العالم العاملين في مجال مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية (FAO, 2018a)، وهو ما يمثل زيادة بأكثر من 1 في المائة منذ عام 2014. ويعمل أكثر من 19 مليون شخص (32 في المائة من جميع العاملين في هذا القطاع) في تربية الأسماك، ويجري تنفيذ 95,9 في المائة من جميع أنشطة تربية الأحياء المائية في آسيا. وتشير الإحصاءات بوضوح إلى المساهمة الهامة والمتزايدة لتربية الأحياء المائية في الأمن الغذائي والتغذوي الإقليمي لتلك القارة، وفي تنميتها الاجتماعية والاقتصادية.

وهناك عدة استعراضات رئيسية بشأن هذا الموضوع (Allison, 2011؛ و Béné and others, 2016). ويحصل أكثر من 4,5 بلايين شخص على ما لا يقل عن 15 في المائة من استهلاكهم للبروتين الحيواني من الأسماك. والخصائص التغذوية للأسماك تجعلها مهمة بالنسبة لصحة المستهلكين في البلدان المتقدمة النمو والبلدان النامية. وتحوّل الأسماك الأعلاف إلى أغذية ذات جودة عالية بفعالية، وبصمتها الكربونية أقل من النظم الأخرى للإنتاج الحيواني. وتسهم سلاسل القيمة في مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية إسهاما كبيرا في الدخل والعمالة، ومن ثم في تحقيق الأمن الغذائي بصورة غير مباشرة، بالنسبة لأكثر من 10 في المائة من سكان العالم، ولا سيما في البلدان النامية والاقتصادات الناشئة (FAO, 2017a).

وساهمت الكمية البالغة 80 مليون طن من الحيوانات المائية التي تم إنتاجها في عام 2016 بنسبة 46 في المائة من إجمالي إنتاج الحيوانات المائية وأكثر من 54 في المائة بقليل من إجمالي استهلاك الأسماك في العام نفسه. وقُدِّر

استهلاك الفرد من الأسماك المعدة للاستهلاك الغذائي بـ 20,3 كيلوغراما في عام 2016، مقارنة بـ 19,5 كيلوغراما في عام 2013 (FAO, 2018b). وقدر عدد العاملين في تربية الأحياء المائية في عام 2015 بنحو 18,7 مليون شخص (FAO, 2017a).

ويُعترف باستزراع واستخدام أنواع الأسماك المحلية الصغيرة ذات القيمة الغذائية العالية في تغذية الإنسان، وتجري ممارستهما (Castine and others, 2017). ومع ذلك، ومع تكثيف أساليب الإنتاج في قطاع تربية الأحياء المائية، ومع الاستخدام المتزايد للأعلاف النباتية، يجب الحرص على ضمان أن تكون المحتويات الغذائية للمنتجات الحيوانية المائية المستزرعة على أعلى مستوى ممكن (Beveridge and others, 2013؛ و Bogard and others, 2017).

4 - الثغرات المتبقية الرئيسية في المعارف

أثار النمو السريع لتربية الأحياء المائية المكثفة، الذي لم يخطط له تخطيطا جيدا في بعض الحالات، القلق بشأن الأثر البيئي، والصحة البشرية، والمسائل الاجتماعية. وعلى الرغم من أن نصيب الأسد من الإنتاج يأتي من آسيا، فإن أشد معارضة لتنمية قطاع تربية الأحياء المائية تأتي من بعض البلدان المتقدمة النمو (Froehlich and others, 2017)، حيث لا تزال تربية الأحياء المائية صناعة جديدة نسبيا تتنافس مع أنشطة راسخة. ولا بد من تحسين معرفة العالم بتأثير تغير المناخ على تربية الأحياء المائية. ومن الضروري إجراء مزيد من البحوث والتحري لتحسين البذور والأعلاف وإدارة الصحة. وقد أثار اعتماد البلدان المتقدمة النمو المتزايد على واردات الأغذية البحرية المستزرعة من البلدان النامية، وانعدام الأمن فيما يتعلق بشهادات المنتجات البيئية والاجتماعية والمتعلقة بالسلامة، نقاشا عاما واسعا. وأدى عدم اليقين العلمي والمعلومات المتضاربة بشأن المسائل المتعلقة باستهلاك الأغذية البحرية إلى زيادة إرباك الجمهور. وبدأ إنشاء وتطبيق نظم إصدار شهادات من أطراف ثالثة، تغطي الشواغل البيئية والاجتماعية وشواغل السلامة الغذائية المتصلة بالأغذية البحرية، في تخفيف حدة هذا الوضع. وهناك حاجة إلى مزيد من البحوث للتعريف بالفوائد الغذائية والصحية لزيادة استهلاك الأغذية البحرية. وينبغي إيلاء المزيد من الاهتمام بتحديد الملامح التغذوية للأسماك المستزرعة والمنتجات غير المستزرعة، وتحديد الفوائد الصحية للتحسينات الاجتماعية والاقتصادية من خلال تربية الأحياء المائية.

ومع تزايد عدد سكان العالم، يجب أن يتجاوز العرض السنوي من قطاع تربية الأحياء المائية العرض من مصائد الأسماك وأن يصل إلى 62 في المائة في عام 2030، من أجل الحفاظ على مستويات الاستهلاك الحالية. وهذا يطرح تحديات هائلة أمام القطاع، وواضعي السياسات، ومجتمع تربية الأحياء المائية ككل. وسيكون تحسين التصورات مفيدا في تحقيق هذا الهدف (Vannuccini and others, 2018). ومن شأن تحسين المعلومات والاتصالات أن يساعد على تهدئة الشواغل وتبديد الاعتقادات الخاطئة وحل الغموض. ولتحسين الوعي العام بتربية الأحياء المائية، تحتاج هذه الصناعة إلى حوار أكثر انفتاحا وأوسع نطاقا من شأنه أن يزيد من الشفافية. ومن أجل التعريف بفوائد تربية الأحياء المائية بصورة أكثر فعالية، يجب عليها أن تضطلع بمزيد من التعاون مع مجموعات أصحاب المصلحة التي ينظر إليها الجمهور على أنها ذات مصداقية. وفي حين لا يزال يتعين معالجة مسائل اجتماعية وبيئية هامة، من المهم النظر إلى تربية الأحياء المائية من منظور أوسع من خلال مقارنة تكاليفها وفوائدها بتكاليف وفوائد نظم الإنتاج الحيواني الأخرى، وبمساهمتها المحتملة في تحقيق الأمن الغذائي المستدام، نظرا للضغوط الديمغرافية المتوقعة. ومع ذلك، لم تكن هناك رؤية شاملة، مع تقييم متوازن لمخاطر وفوائد تربية الأحياء المائية، مما أعاق وضع سياسات تجسد حقائق الإنتاج (Bacher, 2015).

5 - الثغرات المتبقية الرئيسية في مجال بناء القدرات

تشكل تنمية القدرات جزءا لا يتجزأ من تنمية قطاع تربية الأحياء المائية. وتقوم إدارة مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية التابعة لمنظمة الأغذية والزراعة منذ سنوات بتنظيم تدريب بشأن العديد من جوانب تنمية القدرات في البلدان الأعضاء. وتتطلب التنمية المستدامة، في جملة أمور، هياكل أساسية لائقة، وتكنولوجيا، وسياسات، وتدريب. وفي حين أن التكنولوجيا اللازمة لتحسين كفاءة نظم الإنتاج أساسية، فإن تنمية الموارد البشرية، من حيث النوعية والكمية على السواء، أمر محوري في دعم هذه الصناعة، ولا سيما بالنظر إلى النماذج المتغيرة التي تؤثر على هذا القطاع. وتعكس بعض الاتجاهات والتحديات الرئيسية دعوة عالمية متزايدة إلى تحقيق التنمية المستدامة المقبولة اجتماعيا وبيئيا، بغض النظر عن الحالة الاقتصادية لدولة معينة.

ومن أجل حفز التنمية المستدامة لقطاع تربية الأحياء المائية، يجب على البلدان تحسين الخدمات الإرشادية. ويجب تعديل تدريب أخصائيي الإرشاد لإدراج وتعزيز أساليب وآليات إيصال المعلومات، إضافة إلى تقنيات الاستزراع العملية، مما سيمكنهم من مساعدة المزارعين بصورة أفضل على تحسين نظمهم وممارساتهم الإنتاجية لزيادة الإنتاج والربح. وهناك حاجة إلى نماذج جديدة وفاعلين جدد في مجال الإرشاد، حيث من المحتمل أن تتمتع دوائر تكنولوجيا المعلومات ووسائط الإعلام ورابطات المزارعين ووكالات التنمية وموردو القطاع الخاص وغيرهم بمكانة أكبر، مما يوسع من نطاق الخبرة التدريبية. وينبغي أن يكون الهدف هو تحسين خدمات الإرشاد وضمان استخدام الموارد على نحو أكثر فعالية.

وقد ساعد العديد من الجهات المانحة ووكالات التنمية على توسيع قدرات تربية الأحياء المائية في البلدان النامية في السنوات الخمس الماضية. وخصص العديد من البلدان النامية والمتقدمة النمو موارد لتحسين القدرات الوطنية في مجال تربية الأحياء المائية. وقدمت حكومات عديدة الدعم الإرشادي الأساسي في مجال تربية الأحياء المائية، وبعض خدمات البحث والتطوير المحدودة. غير أن مستوى الدعم المقدم من الدولة غير كاف في كثير من البلدان. وعلى النقيض من ذلك، تحسنت مشاركة القطاع الخاص في تنمية القدرات في مجال تربية الأحياء المائية، مع تحقيق نجاح ملحوظ في العديد من البلدان.

6 - آفاق المستقبل

من المتوقع أن يأتي النمو الرئيسي في إنتاج الأحياء المائية من قطاع تربية الأحياء المائية، ومن المتوقع أن يصل إلى 109 ملايين طن في عام 2030، وهو ما يمثل زيادة بنسبة 37 في المائة عن مستويات عام 2016. بيد أن التقديرات تشير إلى أن معدل النمو السنوي لقطاع تربية الأحياء المائية سيتباطأ من 5,7 في المائة في الفترة 2003-2016 إلى 2,1 في المائة في الفترة 2017-2030، ويرجع ذلك أساسا إلى انخفاض معدل النمو في الإنتاج الصيني، تقابله جزئيا زيادة في الإنتاج في بلدان أخرى (FAO, 2018a). ومن المتوقع أن تتجاوز حصة أنواع الحيوانات المائية المستزرعة من الإنتاج العالمي لمصائد الأسماك (للاستخدامات الغذائية وغير الغذائية)، التي كانت 47 في المائة في عام 2016، حصة الأنواع غير المستزرعة في عام 2020، وأن تنمو إلى 54 في المائة بحلول عام 2030.

وسيأتي أكثر من 87 في المائة من الزيادة في إنتاج تربية الأحياء المائية في عام 2030 من البلدان الآسيوية. وستظل آسيا مهيمنة على الإنتاج العالمي لقطاع تربية الأحياء المائية، حيث ستساهم بنسبة 89 في المائة من إجمالي الإنتاج في عام 2030. وستظل الصين المنتج الرئيسي في العالم، ولكن حصتها من إجمالي الإنتاج ستنخفض من 62 في المائة في عام 2016 إلى 59 في المائة في عام 2030.

ومن المتوقع أن يستمر التوسع في الإنتاج في جميع القارات، مع وجود اختلافات في نطاق الأنواع والمنتجات عبر البلدان والمناطق (World Bank, 2013).

ويكافح الملايين من الناس الذين يعملون في مجال مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية للحفاظ على سبل العيش المعقولة. وهؤلاء هم أكثر الناس عرضة لآثار تغير المناخ، مثل أحوال الطقس القاسية والعواصف والفيضانات وارتفاع منسوب مياه البحر، وينبغي إيلاء اهتمام خاص لهم عند تصميم تدابير التكيف إذا كان لهذا القطاع أن يواصل الإسهام في تحقيق الأهداف العالمية للحد من الفقر والأمن الغذائي (FAO, 2018a).

وتشدد خطة التنمية المستدامة لعام 2030[2] على الناس وكوكب الأرض والرخاء والسلام والشراكة. ولخطة عام 2030 وأهداف التنمية المستدامة الواردة فيها أهمية كبيرة في رسم السياسات والتخطيط والإدارة من أجل التنمية المستدامة لتربية الأحياء المائية. وإذا ما تمت تنمية قطاع تربية الأحياء المائية على النحو المناسب، فسوف يسهم في تحقيق العديد من الأهداف، بما في ذلك الهدف 14، ولا سيما الغاية 14-7، بشأن 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.

وأظهر تحليل أجري مؤخرا أن معظم الإرشادات الدولية المتاحة التي تركز على تنمية قطاع تربية الأحياء المائية تلبي بشكل عام التوقعات الواردة في الأهداف والالتزامات الدولية القائمة والدعوات إلى التنمية المستدامة لتربية الأحياء المائية، كما هو الحال في مدونة السلوك بشأن الصيد الرشيد التي أصدرتها منظمة الأغذية والزراعة والمبادئ التوجيهية التقنية المرتبطة بها، وإعلان واستراتيجية بانكوك لعام 2000، وتوافق آراء بوكيت لعام 2010، ومبادرة منظمة الأغذية والزراعة للنمو الأزرق لصالح الدول الجزرية الصغيرة النامية[3]، التي تشمل نهج النظام الإيكولوجي في مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية، تتسق على وجه العموم اتساقا جيدا مع خطة عام 2030، وسوف تدعم تحقيق الأهداف (FAO, 2017a).

وإذا لم تبذل جهود متضافرة لزيادة معدل نمو تربية الأحياء المائية، فإن منظمة الأغذية والزراعة تتوقع حدوث فجوة واضحة بين العرض والطلب بالنسبة للأسماك في الفترة ما بين أوائل العقد الذي يبدأ في عام 2020 ومنتصفه. وتشير الدراسة التي أجراها غولدن وآخرون (Golden and others, 2017) إلى أنه من غير المرجح أن تسهم تربية الأحياء المائية إسهاما كبيرا في التغذية البشرية في الدول الضعيفة تغذويا. وقد نوقشت أعلاه الحاجة إلى بذل المزيد من الجهود المتكاملة لوضع سياسات تتناول كلا من مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية من أجل رفاه الإنسان. وثمة حاجة لإعادة التفكير في الاستراتيجيات التي تهدف إلى تنمية قطاع تربية الأحياء المائية في المستقبل في جميع أنحاء العالم، وإعادة تصميمها.

[2] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
[3] انظر www.fao.org/3/a-i3958e.pdf.

المراجع

Alday-Sanz, Victoria, and others (2018). Facts, truths and myths about SPF shrimp in Aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, vol. 12, No. 1.

Allison, E.H. (2011). Aquaculture, fisheries, poverty and food security. Working Paper, No. 2011–65. Penang, Malaysia: WorldFish Center.

Bacher, Kathrin (2015). Perceptions and misconceptions of aquaculture: a global overview. GLOBEFISH Research Programme, vol. 120. Rome: FAO.

Béné, Christophe, and others (2016). Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: assessing the current evidence. *World Development*, vol. 79, pp. 177–196.

Beveridge, Malcolm C.M., and others (2013). Meeting the food and nutrition needs of the poor: the role of fish and the opportunities and challenges emerging from the rise of aquaculture. *Journal of Fish Biology*, vol. 83, No. 4, pp. 1067–1084.

Bogard, Jessica R., and others (2017). Higher fish but lower micronutrient intakes: temporal changes in fish consumption from capture fisheries and aquaculture in Bangladesh. *PloS One*, vol. 12, No. 4.

Bohnes, Florence Alexia, and Alexis Laurent (2019). LCA of aquaculture systems: methodological issues and potential improvements. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 24, No. 2, pp. 324–337.

Brugère, Cecile, and others (2018). The ecosystem approach to aquaculture 10 years on: a critical review and consideration of its future role in blue growth. *Reviews in Aquaculture*, vol. 11, No. 3, pp. 493–514.

Castine, Sarah and others (2017). Homestead pond polyculture can improve access to nutritious small fish. *Food Security: The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food*, vol. 9, No. 4, pp. 785–801.

Chan, Chin Yee, and others (2017). Fish to 2050 in the ASEAN region. Working Paper, No. 2017–01. Penang, Malaysia: WorldFish Center and Washington D.C.: International Food Policy Research Institute.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2010). Aquaculture Development: 4. Ecosystem Approach to Aquaculture. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No. 5, Suppl. 4. Rome.

_____(2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to Food Security and Nutrition for All*. Rome.

_____(2017a). Aquaculture, the Sustainable Development Goals (SDGs)/Agenda 2030 and FAO's common vision for sustainable food and agriculture. Working document, COFI:AQ/IX/2017/5. Ninth Session of the Committee on Fisheries, Subcommittee on Aquaculture. Rome.

_____(2017b). *World Aquaculture 2015: A Brief Overview*. FAO Fisheries and Aquaculture Circular, No. 1140. Rome.

_____(2018a). *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options*. Manuel Barange and others, eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 627. Rome.

_____(2018b). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome.

_____(2019). *The State of the World's Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome.

Froehlich, Halley E., and others (2017). Public perceptions of aquaculture: evaluating spatiotemporal patterns of sentiment around the world. *PloS One*, vol. 12, No. 1.

Froehlich, Halley E., and others (2018). Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 20, pp. 5295–5300.

Gentry, Rebecca R., and others (2017). Mapping the global potential for marine aquaculture. *Nature Ecology and Evolution*, vol. 1, No. 9, pp. 1317–1324.

Golden, Christopher D., and others (2017). Does aquaculture support the needs of nutritionally vulnerable nations? *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 159.

Hall, Stephen J., and others (2011). Blue Frontiers: Managing the Environmental Costs of Aquaculture. Penang, Malaysia: WorldFish Center.

Hasan, Mohammad R. (2017). Feeding global aquaculture growth. FAO Aquaculture Newsletter, No. 56.

High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (2014). Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition: report by the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.

Isla Molleda, Mercedes, and others (2016). Development of mariculture in Cuba: impacts and challenges to achieve sustainable management preserving coastal ecosystems (in Spanish). *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, vol. 2, No. 1, pp. 7–26.

Nilssen, Arve, and others (2017). Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. *Aquaculture*, vol. 466, pp. 41–50.

Subasinghe, Rohana, and others (2019). Vulnerabilities in aquatic animal production. *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties*, vol. 38, No. 2 (in press).

Thilsted, Shakuntala Haraksingh, and others (2016). Sustaining healthy diets: the role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. *Food Policy*, vol. 61, pp. 126–131.

Troell, Max, and others (2014). Does aquaculture add resilience to the global food system? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 37, pp. 13257–13263.

Vannuccini, Stefania, and others (2018). Understanding the impacts of climate change for fisheries and aquaculture: global and regional supply and demand trends and prospects. In *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options*. M. Barange and others, eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 627. Rome: FAO.

Waite, Richard, and others (2014). Improving productivity and environmental performance of aquaculture. Working paper, installment 5 of *Creating a Sustainable Food Future*. Washington, D.C.: World Resources Institute.

World Bank (2013). Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture. World Bank Report, No. 83117-GLB.

Wurmann, Carlos (2019). Aquaculture in Latin America and the Caribbean: progresses, opportunities and challenges. *AquaTechnica*. vol. 1, No. 1.

الفصل 17

التغيرات في جني الطحالب البحرية واستخدامها

المساهمون: هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية ومنظمة الاجتماعات)، وفرانسيان بيليزاري، ورينيسون روا (عضو رئيسي مشارك)، ونيمي سولار – باتشو.

النقاط الرئيسية

- في عام 2012، كان حوالي 80 في المائة من الطحالب البحرية يستهلك مباشرة، مثل طحالب الكيلب، أو يتم تجهيزه لإنتاج الفيكوكلويدات، مثل الكاراجينان، لاستخدامها في صناعة الأغذية. واستخدمت النسبة المتبقية على نطاق واسع في أغذية الحيوانات الأليفة وفي التطبيقات الصناعية والطبية ومستحضرات التجميل. وارتفع الإنتاج العالمي من الطحالب البحرية بشكل مطرد خلال الفترة 2012-2017 بمعدل حوالي 2,6 في المائة سنويا، أو حوالي 1,8 مليون طن (بالوزن الرطب) سنويا، ويرجع ذلك في معظمه إلى الطلب من قطاعي الاستزراع وتربية الأحياء المائية بقيمة تقدر بنحو 12 بليون دولار.
- لا تزال الصين المنتج الأول للطحالب البحرية، تليها إندونيسيا. ولا تزال الفلبين ثالث أكبر منتج في العالم، على الرغم من أن الأعاصير المدارية تضربها سنويا؛ وقد أصبح مزارعو الطحالب البحرية الفلبينيون قادرين على الصمود ويمكنهم إنعاش عملياتهم الزراعية على الفور. وتحتل جمهورية كوريا المرتبة الرابعة، وقد بذلت جهودا متضافرة لزيادة الصادرات إلى أمريكا الشمالية من خلال حملات التسويق.
- لا تزال الأنواع الرئيسية المستزرعة هي *carrageenophytes* و *Kappaphycus alvarezii* وأنواع من Eucheuma (85 في المائة من إنتاج الكاراجينان في العالم)، وهي تزرع في منطقة المحيطين الهندي والهادئ، في حين أن طحالب الكيلب المنتجة للألجينات (Saccharina و Undaria)، وهي من أنواع المياه الباردة، هي الأنواع الرئيسية التي يتم جنيها.
- تشمل الاستخدامات الناشئة لطحالب البحر في الزراعة تخفيض إنتاج الميثان في الماشية، ولكن هذه الاستخدامات لا تزال في مراحلها الأولية بسبب المسائل المتعلقة بثلاثي برومو الميثان، التي يمكن أن تكون لها عواقب بيئية.
- تأثر الإنتاج سلبا في المناطق المعرضة للأعاصير.

1 - مقدمة

لا يتناول هذا الفصل سوى جني الطحالب البحرية، واستخدامات المجتمع البشري، وخدمات النظم الإيكولوجية. ويغطي التقييم الوارد في الفصل 6 زاي، المتعلق بالنباتات البحرية والطحالب الكبيرة، التصنيف الأحيائي والدور الإيكولوجي للطحالب البحرية وكيفية تأثرها بالعناصر الأخرى للبيئة البحرية.

والطحالب البحرية هي طحالب كبيرة تنتمي إلى ثلاث مجموعات رئيسية: (الحمراء (Rhodophyta)، والبنية (Phaeophyta)[1]، والخضراء (Chlorophyta)). وهي ذات أهمية اقتصادية للعديد من البلدان كغذاء للاستهلاك البشري المباشر أو كغذاء في تربية الأنواع التجارية من الأحياء المائية، ولإنتاج الفيكوكلويدات (مثل الأغار، والكاراجينان، والألجينات)، وللاستخدام في تصنيع شتى المنتجات ذات الأهمية التجارية، ولا سيما في الصناعات الغذائية والصيدلانية (انظر Buschmann and others, 2017، و Kim and others, 2017)؛ وانظر Park and others, 2018 للاطلاع على استعراض تاريخي).

ووفقا لاستعراض أساسي للحالة، على النحو المنصوص عليه في الفصل 14 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017)، كان يتم جني الطحالب البحرية الحمراء والبنية والخضراء بكميات تجارية دون استزراع في حوالي 37 بلدا ويجري استزراعها في أكثر من 27 بلدا. وقد جاء من تربية الأحياء البحرية حوالي 96 في المائة من إجمالي الإنتاج العالمي، بمقدار نحو 26 مليون طن (بالوزن الرطب) في عام 2012، وبلغت قيمته نحو 6 بلايين دولار. وكانت الصين أكبر منتج من حيث الحجم، حيث شكلت ما لا يقل عن 50 في المائة من إجمالي الإنتاج العالمي في الفترة من عام 2003

[1] Recently placed in the division Ochrophyta, kingdom Chromista (انظر الفصل 6 زاي، الفرع 5-1).

إلى عام 2012. وفي عام 2007، تجاوزت إندونيسيا الفلبين باعتبارها ثاني أكبر منتج، وهو مركز ظلت محافظة عليه منذ ذلك الحين بسبب مساحاتها الزراعية الشاسعة وتحسن تكنولوجيا الزراعة. وكانت شيلي هي المورد الأول من محاصيل الأرصدة غير المستزرعة، تليها الصين والنرويج واليابان. وفي عام 2012، كان حوالي 80 في المائة من الطحالب البحرية يستهلك مباشرة، مثل طحالب الكيلب، أو يتم تجهيزه لإنتاج الفيكوكلويدات، مثل الكاراجينان، لاستخدامها في صناعة الأغذية. واستخدمت النسبة المتبقية على نطاق واسع في أغذية الحيوانات الأليفة وفي التطبيقات الصناعية والطبية ومستحضرات التجميل. كما استخدمت الطحالب البحرية كمواد مضافة في العلف الحيواني، وكأسمدة ومواد تنقية مياه ومركبات غذائية مخصِّبة للبكتيريا الحميدة في تربية الأحياء المائية. وكانت الأنواع الرئيسية المستزرعة هي الطحالب البحرية الحمراء Kappaphycus alvarezii وأنواع من Eucheuma، كمصادر للكاراجينان، وتمثل 33 في المائة من الإنتاج، في حين ساهمت بنسبة 20 في المائة طحالب بحرية بنية منتجة للألجينات تسمى طحالب الكيلب (مثل Laminaria المتأتية من الجني دون استزراع). وأفيد بأن محاصيل الطحالب البحرية من الأرصدة غير المستزرعة تتأثر تأثرا كبيرا بالإفراط في الجني والتغيرات المناخية. وأفيد بأن طحالب الكيلب هي الأكثر تأثرا بتدفئة مياه البحر السطحية والتغيرات المفاجئة في درجة الحرارة، لأن التكاثر لا يحدث في درجة حرارة تتجاوز 20 درجة مئوية. وتم الإبلاغ عن موت تراجعي لطحلب الكيلب في النرويج وفرنسا وعلى طول سواحل بلدان أوروبية أخرى. وقد تأثر استزراع الطحالب البحرية بصورة خطيرة بمرض "ice-ice" البكتيري، الذي سُمي بهذا الاسم لأنه يتسبب في أن يصبح جسم الطحالب البحرية شفافا، والذي يستهدف على وجه التحديد طحلب Kappaphycus alvarezii. وتعزى الزيادة في هذا المرض إلى انخفاض التنوع الجيني وإلى المحاصيل الأحادية النوع للأرصدة المستزرعة. وتشمل الآثار البيئية والإيكولوجية المبلغ عنها لجني الطحالب البحرية على نطاق تجاري تدمير الموائل، وإلحاق أضرار بالطبقات التحتية وإحداث تغيرات في التوزع الحجمي للجسيمات في الرواسب، واضطراب الطيور والحياة البرية، وتعطيل الشبكات الغذائية، والتغيرات المحلية في الحيوانات والنباتات في إطار التنوع البيولوجي، مما يؤثر في كثير من الأحيان على محاصيل الصيادين. وتشمل الآثار المباشرة على مجموعات الطحالب البحرية زيادة معدلات النمو وتغطية الطبقات التحتية المتاحة بطحالب أخرى غير طحالب الكيلب.

وفيما يتعلق بالآثار الاجتماعية والاقتصادية لاستزراع الطحالب البحرية، يبدو أن صغار المزارعين يستفيدون أكثر من غيرهم، لأن هذه الزراعة توفر فرص عمل كبيرة مقارنة بأشكال أخرى من تربية الأحياء المائية. بيد أنه تبين أن صغار المزارعين أقل حظا من المزارعين الكبار بسبب افتقارهم إلى المهارات الإدارية في المجالين الزراعي والمالي واعتمادهم على المجهزين في حصولهم على المواد.

2 - التغير الموثق في حالة إنتاج الطحالب البحرية واستخداماتها (2012-2017)

ارتفع الإنتاج العالمي للطحالب البحرية باطراد من خط الأساس للتقييم العالمي الأول، وكان ذلك في الغالب نتيجة للاستزراع وتربية الأحياء المائية (انظر الشكل الأول). وارتفع إنتاج الطحالب البحرية المستزرعة من أكثر من 24,6 مليون طن (بالوزن الرطب) في عام 2012 إلى ما يقرب من 32 مليون طن (بالوزن الرطب) في عام 2017 (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019)، وهو ما يشكل 96,6 في المائة من إجمالي الإنتاج العالمي ويمثل زيادة سنوية بنحو 1,8 مليون طن (بالوزن الرطب). وتقدر قيمة هذا الإنتاج الآن بمبلغ 11,85 بليون دولار (FAO, 2019).

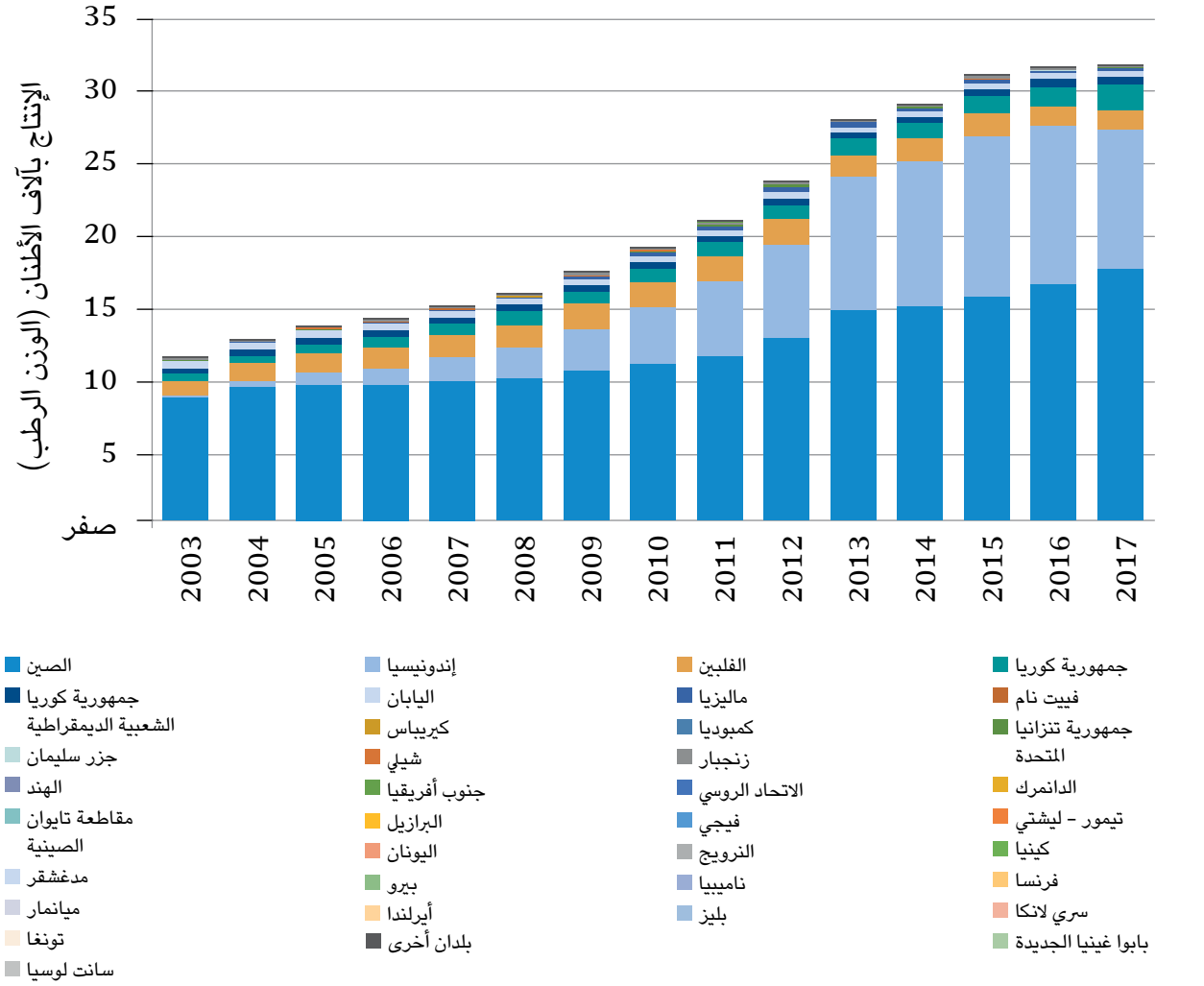
ولا تزال الصين المورّد الأول، حيث يبلغ إنتاجها نحو مليون طن سنويا وهو آخذ في النمو، وهي تمثل الآن أكثر من 54 في المائة من الإنتاج العالمي. ويمثل ذلك زيادة مطردة بنسبة 1 في المائة كل عام منذ عام 2012. واحتلت

إندونيسيا المرتبة الثانية، وعلى الرغم من أن إنتاج ذلك البلد قفز بنسبة 66 في المائة في عام 2013، فقد ظل ثابتا إلى حد ما حتى عام 2017. والفلبين هي ثالث أكبر منتج للطحالب البحرية في العالم. وعلى الرغم من أن البلاد تتعرض للأعاصير المدارية كل عام، فإن مزارعي الطحالب البحرية الفلبينيين أصبحوا قادرين على الصمود ويمكنهم إنعاش عملياتهم الزراعية على الفور. وذكر ترونو ولارغو (Trono, and Largo 2019) أنه بالإضافة إلى الأعاصير المدارية، فإن الانخفاض المطرد في إنتاج الطحالب البحرية في ذلك البلد كان بسبب مرض epiphytism الذي يصيب الطحالب، وفقدان التنوع الوراثي بسبب أساليب الاستزراع المستخدمة، والاضطرابات السياسية في المناطق الزراعية الرئيسية في جنوب الفلبين. وأعد بيكوني وفيدنهايمر (Piconi and Veidenheimer, 2020) بيانات حديثة عن الطحالب البحرية الصالحة للأكل من الولايات المتحدة الأمريكية. وبذلت حكومة جمهورية كوريا جهدا متضافرا للغاية لتنمية أسواق جديدة في أمريكا الشمالية.

ولا تزال الأنواع الرئيسية المستزرعة هي طحالب Kappaphycus alvarezii وأنواع من Eucheuma منتجة للكاراجينان، مع زيادة في الإنتاج من 8,3 ملايين طن (بالوزن الرطب) في عام 2012 إلى 12,3 مليون طن (بالوزن الرطب) في عام 2016. كما زاد إنتاج طحلب الكيلب من 5,7 ملايين طن (بالوزن الرطب) في عام 2012 إلى 8,4 ملايين طن (بالوزن الرطب) في عام 2016 (انظر الشكل الثاني).

الشكل الأول

إنتاج الطحالب البحرية في العالم من تربية الأحياء المائية حسب البلد أو المنطقة، 2003-2017



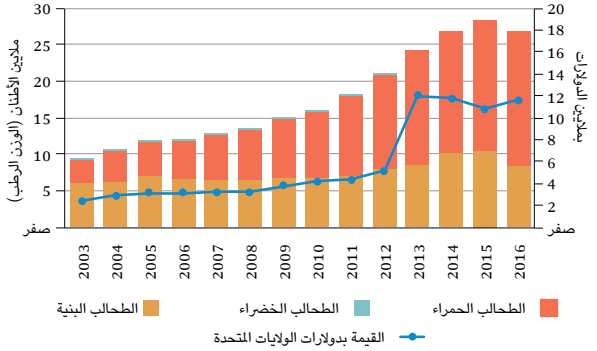
المصدر: البيانات عن الفترة 2003-2012 مستقاة من FAO (2014) والبيانات عن الفترة 2013-2017 مستقاة من FAO (2019)، الجدولان 5 و 6.

وزادت بابوا غينيا الجديدة الإنتاج على مدى السنوات السبع الماضية، من 100 طن (بالوزن الرطب) في عام 2010 إلى 4 300 طن (بالوزن الرطب) في عام 2017. ومن بين المنتجين الجدد كمبوديا، التي سجلت إنتاجا يتراوح بين 2000 و 2200 طن (بالوزن الرطب) في الفترة 2015-2017، والنرويج، بإنتاج يتراوح بين 51 و 149 طن (بالوزن الرطب) في الفترة 2015-2017.

وكان الاتجاه في الإنتاج من جني الأرصدة غير المستزرعة هو نفسه تقريبا على مدى فترة السنوات الخمس منذ خط الأساس لعام 2012 (انظر الشكل الثالث)، ولا يزال المنتجون الأربعة الأوائل هم شيلي والصين والنرويج واليابان، بهذا الترتيب. وحلت إندونيسيا محل فرنسا في المركز الخامس بمحصول كان في عام 2017 (حوالي 000 50 طن) ستة أضعاف حجم محصول عام 2012 (600 7 طن).

الشكل الثاني

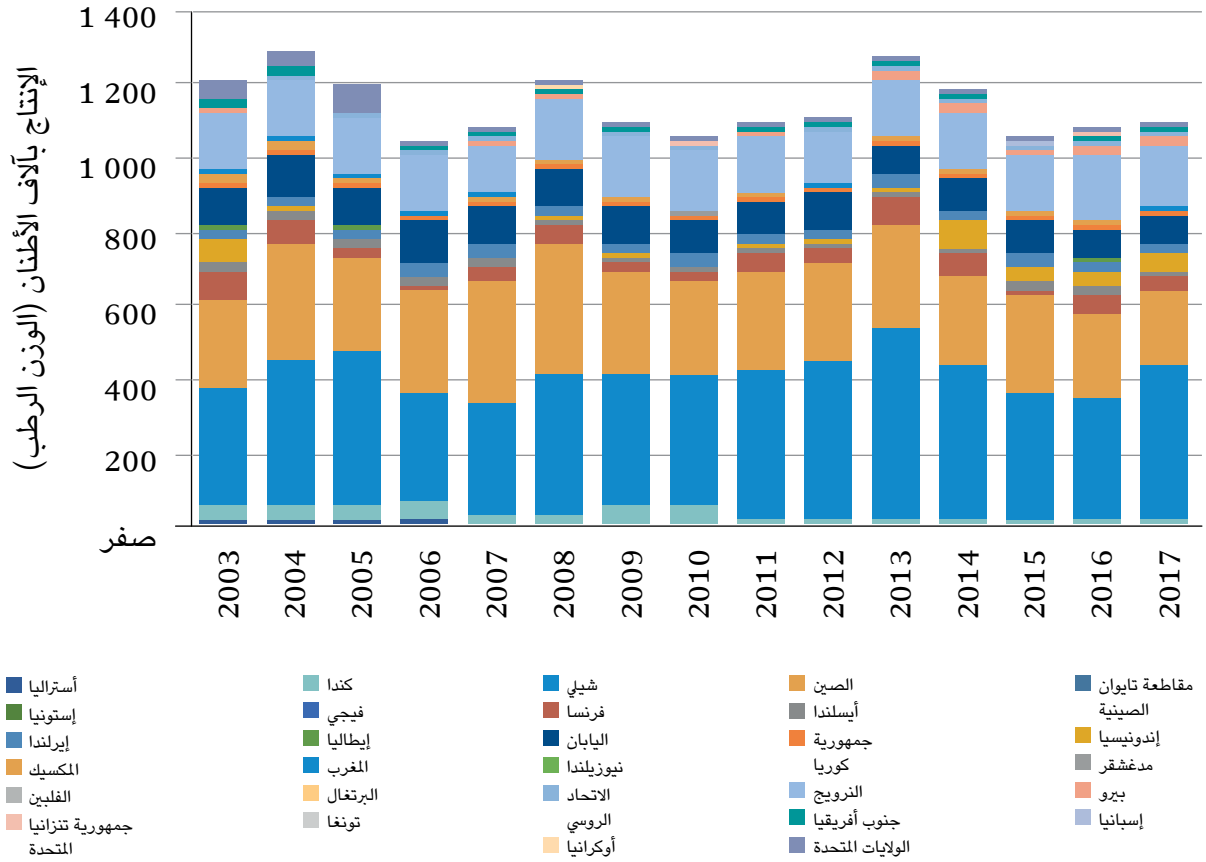
إنتاج الطحالب البحرية في العالم، حسب المجموعة، 2003-2016



المصدر: البيانات عن الفترة 2003-2012 مستقاة من FAO (2014) والبيانات عن الفترة 2013-2016 مستقاة من FAO (2018). أما القيم النقدية للفترة 2013-2016 فهي مستقاة من FAO (2019)، الجدولان 5 و 6.

الشكل الثالث

إنتاج الطحالب البحرية في العالم من الأرصدة غير المستزرعة حسب البلد أو المنطقة، 2003-2017



المصدر: البيانات عن الفترة 2003-2012 مستقاة من FAO (2014) والبيانات عن الفترة 2013-2017 مستقاة من FAO (2019)، الجدول ألف-6.

3 - عواقب التغيرات في جني الطحالب البحرية واستخدامها على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

تنبأ بوشمان وآخرون (Buschmann and others, 2017) بأن إنتاج الطحالب البحرية (وكذلك الطحالب الدقيقة) يمكن أن يمثل 18 في المائة من سوق البروتينات البديلة على الصعيد العالمي، أو 56 مليون طن من البروتين، بحلول عام 2054.

وهناك استهلاك متزايد على الصعيد الوطني من الطحالب البحرية والمنتجات القائمة على الطحالب البحرية في جميع أنحاء العالم، مما يزيد من الدخول المحلية. ويرجع ذلك إلى الابتكارات الجديدة في مجال تناول الطعام، مثل المطاعم والمخابز الراقية التي تقدم أطباقا معززة بالطحالب البحرية، والاتجاهات الصحية الجديدة للأشخاص ذوي الاحتياجات الغذائية المختلفة، مثل النباتيين ومرضى السكري والرياضيين الذين يبحثون عن الأطعمة الغنية بالبروتين النباتي والألياف القابلة للذوبان، إضافة إلى المعادن والأحماض الأمينية الأساسية والفيتامينات (Bradford, 2014؛ و Ibáñez and Herrero, 2017؛ و Kim and others 2017).

وفي المناطق التي تشكل فيها الرسملة عاملا رئيسيا في الإنتاج الواسع النطاق، مثل البرازيل، تعتمد زيادة إنتاج الطحالب البحرية جزئيا على الرابطات والتعاونيات. غير أن مزارع الطحالب البحرية القريبة من الشاطئ يمكن أن تعاني من مشاكل، مثل التلوث ببكتيريا الكوليفورم، والطمي، وغير ذلك من الأنشطة البشرية التي تؤثر على المناطق الساحلية.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

على الرغم من أن إنتاج الطحالب البحرية يتركز في ثلاث مناطق رئيسية هي المحيط الهندي وشمال المحيط الهادئ وجنوبه، فإن الإنتاج آخذ في الازدياد في مناطق أخرى. فعلى سبيل المثال، في جنوب المحيط الأطلسي، تُزرع في البرازيل، على وجه الخصوص، طحالب Kappaphycus alvarezii وأنواع من Gracilaria على نطاق عائلي، على النحو الذي تروج له الوكالات الحكومية والمنظمات الدولية، لاستخراج الأغار للسوق التجارية (Simioni and others, 2019). ويحدث جني طحالب السرغاسوم دون استزراع للأغراض الزراعية في بعض المناطق.

وعلى عكس الأرجنتين والبرازيل والمكسيك، التي لا يوجد لديها سوى مصانع صغيرة الحجم لتجهيز الطحالب، فإن شيلي هي البلد الوحيد في منطقتها (جنوب المحيط الهادئ) التي يتم فيها جني الطحالب البحرية وزراعتها وتجهيزها على نطاق تجاري. ومعظم طحالب Gracilaria التي تنتجها (50 في المائة من الإنتاج العالمي) تشتريها شركات التجهيز الصينية (Ramírez and others, 2018). ونتيجة لفتح أسواق جديدة وتيسير التجارة الدولية، لم تعد الطحالب البحرية منتجات بحرية ذات قيمة اقتصادية منخفضة نسبيا (أي سلع أساسية) بل هي سلع تصدير ذات قيمة تجارية عالية. وأدت التشريعات الجديدة لحفظ الموارد البحرية وتقييد الجني دون استزراع، وسياسات الإدارة التي تسمح بتشكيل النقابات وتمنح حقوقا تعاونية في قطع الأراضي البحرية من أجل تعزيز الزراعة، إلى تحول على الصعيد الوطني إلى إدارة تعزز الاستدامة. وقد كان هذا الأمر مهما بصورة خاصة بالنسبة للقطاع الحرفي في المسائل الاجتماعية والاقتصادية (Gelcich and others, 2015؛ و Gallardo and others, 2018).

5 - آفاق المستقبل

فيما يتعلق بأهداف التنمية المستدامة[2] بصفة عامة، والهدف 14 على وجه الخصوص، فإن استزراع الطحالب البحرية وجنيها لهما صلة بالغايات التالية: 14-1 بشأن الحد من التلوث البحري، حيث أنهما لا يحتاجان إلى مدخلات من الأسمدة وتدوير المغذيات؛ و 14-2 بشأن إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها؛ و 14-3 بشأن تقليل تحمض المحيطات، عن طريق امتصاص ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي؛ و 14-4 بشأن الحد من الاستغلال المفرط لمصائد الأسماك، عن طريق الحد من الصيد في مصائد الأسماك؛ و 14-5 بشأن حفظ المناطق البحرية والساحلية؛ و 14-ب، من خلال دعم مصائد الأسماك الحرفية الصغيرة النطاق. ويسهم استزراع الطحالب البحرية وجنيها أيضا في تحقيق الأهداف الأخرى، بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر الهدف 2 المتعلق بتحقيق الأمن الغذائي والهدف 8 المتعلق بالنمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع، لا سيما وأن النساء والأطفال يشاركون في هذه العملية.

وناقش بيريغارد وآخرون (Bjerregaard and others, 2016) تربية الطحالب البحرية من أجل تحقيق الأمن الغذائي، وتوليد الدخل، والسلامة البيئية في البلدان النامية الاستوائية. ويقول بوشمان وآخرون (Buschmann and others, 2017) إن الطحالب البحرية يمكن أن تكون "المحصول المستدام الأمثل"، الذي سيؤدي إلى نمو صناعة تربية الأحياء المائية المطلوب للحفاظ على الإمدادات الغذائية في العالم. وبدون قيود الأراضي الصالحة للزراعة (بما أن البحر يغطي 71 في المائة من سطح الكوكب)، يمكن أن توفر مدخلات الأسمدة والمياه العذبة، وتربية الطحالب البحرية أو "فيكونومي" (انظر Hurtado and others, 2019)، إلى جانب تكنولوجيات "تربية الأحياء المائية الجديدة"، معدل النمو المطلوب من الصناعة لضمان الأمن الغذائي العالمي بحلول عام 2050 والبالغ 14 في المائة سنويا. ولا توفر الطحالب البحرية الغذاء للاستهلاك البشري فحسب، بل أيضا المواد الخام اللازمة للأعلاف والمواد الغذائية والمستحضرات الصيدلانية. وتوفر أيضا بالوعة كربون للمساعدة في مكافحة تغير المناخ.

وإلى جانب الزيادة المستمرة المتوقعة في إنتاج الطحالب البحرية للاستخدامات التقليدية والحالية، يمكن للتطبيقات الناشئة في الزراعة أن تساعد البلدان المنتجة للماشية على الحد من الاحترار العالمي. فعلى سبيل المثال، لوحظ أن الطحالب الحمراء من نوع Asparagopsis، إذا أضيفت إلى أعلاف الماشية، تقلل بصورة كبيرة من "تجشؤ" الميثان في الماشية - بنسبة 26 في المائة تقريبا (Roque and others, 2019).

ويسعى قطاع استزراع الطحالب البحرية للحصول على شهادة مراعاة البيئة من أجل الإنتاج المستدام. وسيسهم معيار الطحالب البحرية في تحسين سلامة النظم الإيكولوجية المائية في العالم عن طريق تعزيز الاستخدام المستدام بيئيا والمسؤول اجتماعيا لموارد الطحالب البحرية.

6 - الثغرات المتبقية الرئيسية في المعارف وفي مجال بناء القدرات

ناقش كوتييه - كوك وآخرون (Cottier-Cook and others, 2016) حماية مستقبل قطاع تربية الطحالب البحرية على الصعيد العالمي. وناقش دوارتي وآخرون (Duarte and others, 2017) كيف يمكن لاستزراع الطحالب البحرية أن يؤدي دورا في التخفيف من حدة

[2] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

تغير المناخ والتكيف معه. وسيكون من الضروري اتباع نهج علمية أخرى للإجابة على هذه الأسئلة.

وحدد بوشمان وآخرون (Buschmann and others, 2017) العديد من الثغرات المعرفية فيما يتعلق بالإنتاج على نطاق واسع والاقتصاد وتغير المناخ. ولا يزال التركيب البيولوجي للعديد من أنواع الطحالب البحرية غير معروف، كما لا تزال بعض جوانب تركيبها البيولوجي غير مفهومة بشكل جيد حتى بالنسبة للأنواع التي تم جنيها أو استزراعها بالفعل. وتحتاج نماذج الإنتاج المتقدمة إلى المعلومات المتعلقة بتربية الطحالب البحرية والمذكورة أعلاه، وبالنسبة للمزارع البحرية، تكتسي المعلومات المتعلقة بآثار تغير المناخ أهمية خاصة. وسيحتاج إنشاء المزارع البحرية إلى بيانات طويلة الأجل عن الأعاصير المدارية ودرجات حرارة سطح البحر، إضافة إلى البيانات الأوقيانوغرافية. وسيحتاج إنتاج تربية الطحالب البحرية على نطاق واسع أيضا إلى معلومات لتوليد نماذج اقتصادية ومالية مناسبة، مثل التطبيقات الجديدة والأسواق و "العوامل الخارجية". ولا يزال المزارعون والصيادون الحرفيون يواجهون مشاكل الرسملة التي طال أمدها، ونقص مواد الزراعة السليمة والقوية، وتقلبات الأسعار.

وتعمل حاليا مؤسسات في خمسة بلدان معا لمعالجة بعض هذه الثغرات في المعارف ومجال بناء القدرات، مع التركيز على حماية قطاع الطحالب البحرية، ولا سيما في البلدان النامية (GlobalSeaweedSTAR).

المراجع

Bjerregaard, R., and others (2016). Seaweed aquaculture for food security, income generation and environmental health in tropical developing countries. Washington, D.C.: World Bank Group.

Bradford, M. (2014). *Algas: las verduras del mar – los nutritivos tesoros marinos para la salud y el paladar,* 8th ed. Barcelona: Océano Ambar.

Buschmann, A.H., and others (2017). Seaweed production: overview of the global state of exploitation, farming and emerging research activity. *European Journal of Phycology*, vol. 52, No. 4, pp. 391–406.

Cottier-Cook, E.J., and others (2016). Safeguarding the future of the global seaweed aquaculture industry. Policy Brief. United Nations University, Institute for Water, Environment and Health and Scottish Association for Marine Science.

Duarte, C. M., and others (2017). Can seaweed farming play a role in climate change mitigation and adaptation? *Frontiers of Marine Science*. vol. 4, art. 100.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2014). *FAO Yearbook: Fishery and Aquaculture Statistics 2012*. Rome.

_____(2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome.

_____(2019). *FAO Yearbook: Fishery and Aquaculture Statistics 2017*. Rome.

Gallardo Fernández, G.L., and others (2018). *Granjeras del mar: luchas y sueños en Coliumo*. Historia del área de manejo del sindicato, No. 2. Santiago: Andros Impresores.

Gelcich, Stefan, and others (2015). Exploring opportunities to include local and traditional knowledge in the recently created "Marine Management Plans" policy of Chile. In *Fishers' Knowledge and the Ecosystem Approach to Fisheries: Applications, Experiences and Lessons in Latin America*. Johanne Fischer and others, eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 591. Rome: FAO.

GlobalSeaweedSTAR. www.globalseaweed.org.

Hurtado, A.Q., and others (2019). Phyconomy: the extensive cultivation of seaweeds, their sustainability and economic value, with particular reference to important lessons to be learned and transferred from the practice of eucheumatoid farming, *Phycologia*, vol. 58, No. 5, pp. 472–483.

Ibáñez, E., and M. Herrero (2017). *Las algas que comemos*. ¿Qué sabemos de? Series. Madrid: CSIC.

Kim J.K., and others (2017). Seaweed aquaculture: cultivation technologies, challenges and its ecosystem services. *Algae*, vol. 32, No. 1, pp. 1–13. Available at https://doi.org/10.4490/algae.2017.32.3.3.

Park, M., and others. (2018). Application of open water integrated multi-trophic aquaculture to intensive monoculture: a review of the current status and challenges in Korea. *Aquaculture*, vol. 497, pp. 174–183. Available at https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.051

Piconi, P., and R. Veidenheimer (2020). *Edible Seaweed Analysis Report*. Rockland, Maine, United States: Island Institute.

Ramírez, M., and others (2018). *Flora marina bentónica de Quintay*. Santiago: RIL Editores and Universidad Andres Bello.

Roque, B.M., and others (2019). Inclusion of *Asparagopsisarmata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 per cent. *Journal of Cleaner Production*, vol. 234, pp. 132–138.

Simioni, C., and others (2019). Seaweed resources of Brazil: what has changed in 20 years? *Botanica Marina*, vol. 62, No. 5, pp. 433–441.

Trono, G.C., and D.B. Largo (2019). The seaweed resources of the Philippines. *Botanica Marina*, vol. 62, No. 5,pp. 483–498.

United Nations (2017). Chapter 14: Seaweeds. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

الفصل 18

التغيرات في التعدين في قاع البحار

المساهمون: جيمس ر. هاين وبيدرو مادوريرا (منظما اجتماعات مشاركان)؛ وماريا جواو بيبيانو (عضوة رئيسية مشاركة)، وآنا كولاسو، ولويس م. بينيرو، وريتشارد روث، وبراديب سينغ، وأناستاسيا ستراتي (عضوة رئيسية مشاركة)، وجوشوا ت. توهوموايار (عضو رئيسي).

النقاط الرئيسية

- يقدم هذا الفصل استكمالا للفصل 23 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a) من حيث ركام المياه الضحلة، ورواسب المكيث، ورواسب الرمل الحديدي، والرواسب الفوسفورية. ويركز على تراخيص الاستكشاف المتعلقة بالموارد المعدنية في قاع البحار العميقة، التي زاد عددها زيادة كبيرة منذ التقييم العالمي الأول.
- من المتوخى الآن استخدام تكنولوجيات جديدة من أجل الحد من الآثار على البيئة البحرية لاستغلال رواسب المكيث، التي تستخرج عادة عن طريق التجريف. وقد واجهت الآفاق المتعلقة بتعدين رواسب الفوسفور معارضة من جانب أصحاب المصلحة، ولم تصبح حتى الآن حقيقة واقعة.
- يجري النظر في الرواسب المعدنية في قاع البحار المشمولة في هذا الفصل (العقيدات المتعددة الفلزات، والكبريتيدات المتعددة الفلزات، وقشور منغنيز الحديد الغنية بالكوبالت) لأغراض التعدين، وتخضع لـ 30 عقدا للاستكشاف منحتها السلطة الدولية لقاع البحار.
- من بين العوامل المحركة لهذه الأنشطة أن الموارد المعدنية في قاع البحار العميقة تحتوي على فلزات نادرة وأساسية متنوعة من شأنها أن تدعم تنفيذ أهداف التنمية المستدامة التي اعتمدتها الأمم المتحدة في عام 2015[1].
- تركز الأوساط العلمية على الآثار البيئية لاستغلال تلك الموارد المعدنية في قاع البحار، وتضع السلطة الدولية لقاع البحار حاليا قواعد تنظيمية بهذا الشأن.
- يوجد نقص في المعلومات عن التنوع البيولوجي، والربط، وخدمات النظم الإيكولوجية، ويعتبر جمع البيانات الإيكولوجية الأساسية على نحو فعال ضروريا للتنبؤات المتعلقة بأنشطة التعدين في قاع البحار العميقة في المستقبل، نظرا لخطر إلحاق ضرر لا يمكن إصلاحه بالنظم الإيكولوجية في أعماق البحار.
- نظرت السلطة في مختلف النماذج المالية للتعدين التجاري للعقيدات المتعددة الفلزات. ومن الصعب التنبؤ بأسعار الفلزات، مما قد يخلق مخاطر كبيرة قد تؤخر التعدين التجاري.
- تقع الموارد المعدنية في قاع البحار العميقة عادة بعيدا عن المجتمعات البشرية، وقد تكون الآثار الاجتماعية لاستغلالها أقل من الآثار الاجتماعية المترتبة على التعدين على اليابسة. غير أن هناك شواغل كبيرة بشأن فقدان التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية، بما في ذلك دور أعماق المحيطات في تنظيم المناخ. وتشكل هذه الشواغل المشروعة الأساس لـ "ترخيص اجتماعي للعمل" .

1 - مقدمة

1-1 - الصلات بالتقييم العالمي الأول للمحيطات

ركز الفصل 23 من التقييم العالمي الأول للمحيطات على التعدين البحري، ولا سيما الصناعات الاستخراجية الراسخة، التي تقتصر في الغالب على المناطق القريبة من الشاطئ، حيث يوجد ركام المياه الضحلة ورواسب المكيث ورواسب الفوسفات في المياه العميقة إلى حد ما (United Nations, 2017b). ولم تكن هناك، وقت نشره، أي رواسب تعدين في قاع البحار العميقة تم تطويرها تجاريا، ولكن تم إدراج تقييم لعقود إيجار التعدين ونشاط الاستكشاف. ومنذ التقييم العالمي الأول، زاد عدد تراخيص استكشاف قاع البحار العميقة (أي الأعماق التي تزيد عن 200 متر تحت سطح المحيطات) في المناطق الخاضعة للولايات الوطنية للدول الساحلية والجزرية والأرخبيلية وخارجها في المنطقة (قاع البحار والمحيطات وباطن أرضها خارج حدود الولاية الوطنية) تحت إدارة السلطة الدولية لقاع البحار. وتم إجراء التعدين التجريبي لقاع البحار

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

العميقة لأول مرة في القرن الحادي والعشرين في عام 2017. وقد قامت اليابان بذلك ضمن منطقتها الاقتصادية الخالصة على عمق 1 600 متر (Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), 2017). ويركز هذا الفصل على صناعة التعدين الناشئة في قاع البحار العميقة والرواسب المعدنية، ويستخدم مصطلح "قاع البحار" فيما يلي للإشارة إلى "قاع البحار العميقة".

وركز التقييم العالمي الأول على الآثار البيئية لأنشطة التجريف، وتضمّن قائمة بالمراجع لبعض عمليات التعدين. غير أنه لم يتسنّ توفير خط أساس بيئي للتعدين في قاع البحار العميقة، ورئي أن البيانات المتاحة لا تسمح بفهم الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية على نحو واف. ولا تزال البيانات عن الآثار البيئية المحتملة شحيحة، ويمكن أن تختلف اختلافا كبيرا بين استخراج المعادن من المواقع القريبة من الشاطىء واستخراجها من مواقع التعدين في قاع المحيطات العميقة. وتزداد تدريجيا إمكانية الحصول على المعلومات المتعلقة بالفوائد الاقتصادية للتعدين، وإلى حد ما، الآثار الاجتماعية المترتبة عليه، وذلك بفضل عدة مبادرات تشجع على زيادة الشفافية في الصناعات الاستخراجية.

وفي عام 2015، اعتمدت الجمعية العامة خطة التنمية المستدامة لعام 2030، التي تتضمن 17 من أهداف التنمية المستدامة التي يتعين معالجتها على أساس شراكة عالمية. وقد يكون لأنشطة التعدين في قاع البحار العميقة آثار على تحقيق الأهداف 1 و 5، ومن 7 إلى 10، ومن 12 إلى 14، و 17.

1-2 - العوامل المحركة للتعدين في قاع البحار والتحديات والفرص في هذا المجال

هناك العديد من العوامل المحركة للتعدين في قاع البحار العميقة والتحديات التي تواجهه والفرص المتاحة له، وقد نوقشت في العديد من الأوراق العلمية ووسائط الإعلام الشعبية (Hein and others, 2013؛ و Banerji, 2019؛ و Koschinsky and others, 2018). ومن المسائل الرئيسية المتعلقة بالعوامل المحركة كيفية ضمان توفير المواد الحيوية لدعم تطوير الهياكل الأساسية وتوفير السلع لطبقة متوسطة آخذة في الاتساع في المجتمعات النامية، والانتقال إلى التحضر في تلك المجتمعات. وثمة سؤال آخر هو كيف يمكن الحصول على المواد النادرة والأساسية، التي توجد بوفرة في الرواسب المعدنية في قاع البحار، لدعم التكنولوجيات الخضراء (مثل توربينات الرياح والمركبات الكهربائية والخلايا الشمسية)، التي ينظر إليها بعض أصحاب المصلحة على أنها حلول لتحقيق مستقبل منخفض الكربون ومكافحة تغير المناخ العالمي (Graedel and others, 2015؛ و Kim and others, 2015؛ و McLellan and others, 2016؛ و Zweibel, 2010؛ و World Bank, 2017a). وقد أشير إلى أن التعدين في قاع البحار العميقة يقدم حلا جزئيا محتملا لتلك المسائل الهامة (World Bank, 2017a).

وقد أشير إلى العديد من الخصائص الفريدة للمناجم في قاع البحار في المستقبل بوصفها محركات إضافية لهذه الصناعة الجديدة (Hein and others, 2013؛ و Petersen and others, 2016). وتشمل هذه الخصائص ما يلي: الدرجات (التركيزات) والأطنان العالية من الفلزات النادرة والأساسية في الرواسب المعدنية في قاع البحار؛ وحقيقة أن مواقع التعدين البحرية لن تستلزم إنشاء طرق، أو شبكات نقل لركائز قاع البحر، أو شبكات لنقل المياه والكهرباء، أو مبان، أو مقالب نفايات، أو غيرها من الهياكل الأساسية في قاع البحر؛ والأهم من ذلك، عدم وجود أي عبء تجب إزالته قبل أن يمكن إجراء التعدين لأن الرواسب ذات الفائدة مكشوفة في قاع البحر. ويمكن أن تقلل جميع هذه الخصائص من الآثار البيئية.

بيد أن هناك العديد من التحديات التي تواجه التعدين في قاع البحار العميقة. ويتمثل التحدي الأكبر في التوصل إلى فهم كاف لشتى النظم الإيكولوجية التي تميز بيئات الرواسب المعدنية في قاع البحار، إضافة إلى المعارف اللازمة لتجنب الآثار البيئية لاستخراج الموارد، والحد منها، والتخفيف من حدتها. ومن التحديات الأخرى الترخيص الاجتماعي، الذي يمكن معالجته من خلال الشفافية والاتصالات. وتشمل التحديات التي تواجه هذه الصناعة كيفية تحسين هندسة التعدين والضمانات البيئية، وتطوير تكنولوجيات المعالجة الفلزية الخضراء. كما أن التقلبات الدائمة في أسعار الفلزات وأسواقها، إضافة إلى المنافسة مع المناجم البرية، ستخلق أيضا تحديات كبيرة.

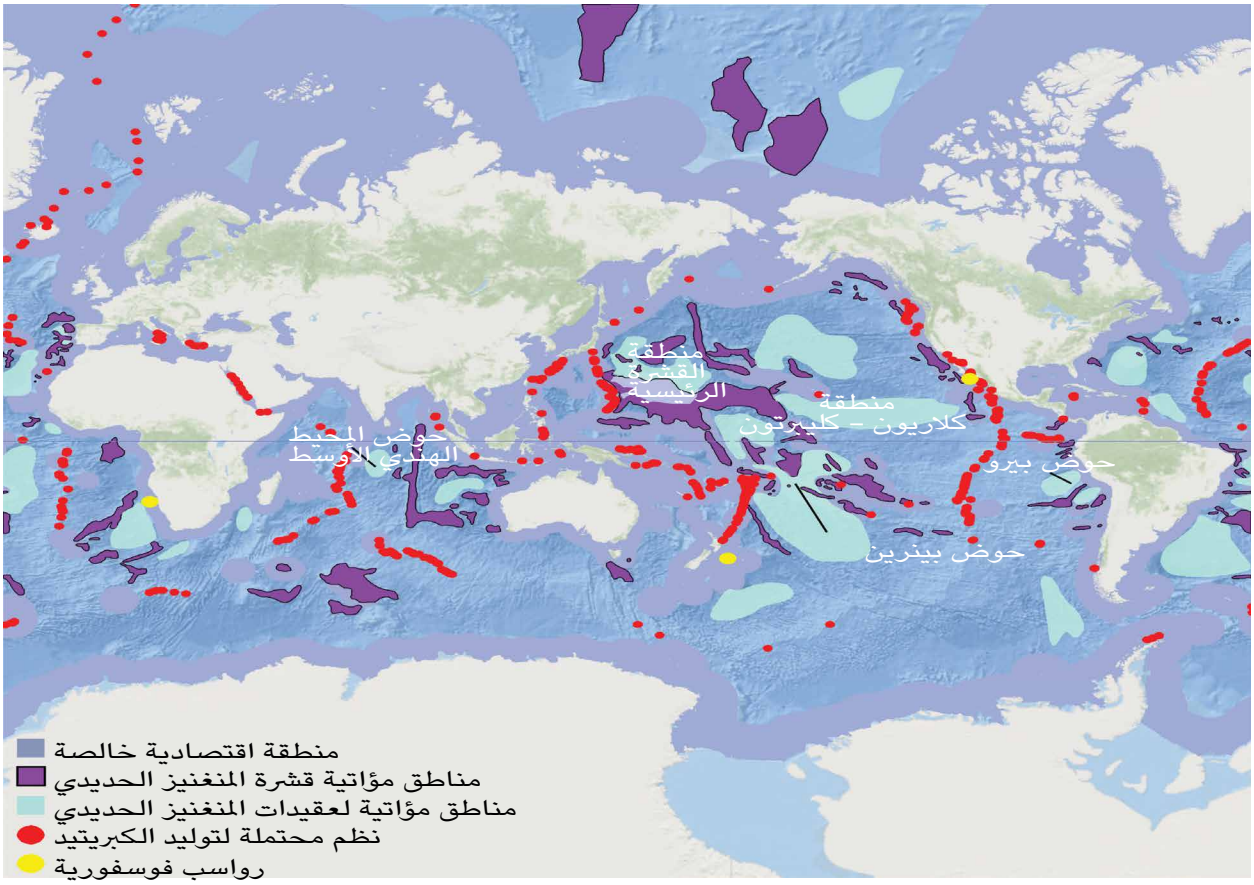
ويخضع التعدين في قاع البحار العميقة لأنظمة صارمة، حتى قبل أن يبدأ استخراج الموارد. ويتيح ذلك فرصة منذ البداية لتطبيق نهج وقائي وإدارة تكيفية، يدعمهما الرصد الآني.

1-3 - لمحة عامة

لا يزال استغلال الركام البحري هو النشاط الرئيسي للتعدين البحري، وذلك كبديل للتخفيف من الآثار السلبية الضخمة لتعدين الرمال الشاطئية والبرية القانوني وغير القانوني على حد سواء (Torres and others, 2017). ويتضمن الفرع 2 أدناه معلومات مستكملة عن هذا النشاط، قبل النظر في الرواسب الأخرى في المياه الضحلة القريبة من الشاطئ (مكيث الماس، ومكيث القصدير، ورواسب الرمل الحديدي، والرواسب الفوسفورية) والتعدين في قاع البحار. ورواسب قاع البحار ذات الأهمية الاقتصادية حاليا هي العقيدات المتعددة الفلزات، والمترسبات الكبريتيدية الضخمة (أو الكبريتيدات المتعددة الفلزات)، وقشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت (انظر الشكل الأول). ويتناول الفرع 3 البيئة البحرية وضرورة جمع بيانات ومعلومات كافية عن الآثار البيئية التي قد تنشأ عن استغلالها. ويناقش الفرع 4 الآثار الاقتصادية والاجتماعية المتوخاة ذات الصلة بالتعدين في قاع البحار العميقة. وأخيرا، يحدد الفرع 5 بإيجاز الاحتياجات الرئيسية في مجال بناء القدرات.

الشكل الأول

المناطق العالمية المؤاتية للرواسب المعدنية في قاع البحار العميقة



ملاحظة: يشير اللون الأحمر إلى مواقع الفتحات الحرارية المائية (بناء على Beaulieu, 2015)، التي يحتمل أن تكون نظما لتوليد المترسبات الكبريتيدية الضخمة في قاع البحر؛ ولم يتم العثور على هذه الكبريتيدات في جميع تلك المواقع. وفي منطقة القشرة الرئيسية (Hein and others, 2009)، تتداخل المناطق المؤاتية لقشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت والعقيدات المتعددة الفلزات؛ وتتشكل حقول العقيدات بين الجبال البحرية والأحياد في معظم منطقة القشرة الرئيسية الغربية. ويشار إلى مواقع الرواسب الفوسفورية الثلاثة التي نوقشت في هذا الفصل بدوائر مملوءة باللون الأصفر. ويشار أيضا إلى حقول العقيدات المتعددة الفلزات الأربعة المعروفة جيدا: منطقة صدع كلاريون – كليبرتون، وحوض بيرو، وحوض بينرين، وحوض المحيط الهندي الأوسط (معدلة من Hein and others, 2013). والمنطقة الرمادية الداكنة حول أنتاركتيكا ليست منطقة اقتصادية خالصة ولكنها تمثل ببساطة المدى البالغ 200 ميل بحري.
المختصرات: CCZ منطقة كلاريون – كليبرتون؛ CIOB حوض المحيط الهندي الأوسط؛ PCZ، منطقة القشرة الرئيسية.

2 - التغيرات في حجم وأهمية التعدين في قاع البحار

أكد التقييم العالمي الأول حالة التعدين البحري النشط، الذي كان ولا يزال يقتصر على رواسب المياه الضحلة القريبة من الشاطئ. وترد أدناه بعض المعلومات المستكملة، ولكن لم يتغير إلا القليل منذ التقييم الأول في هذا المجال من النشاط.

2-1 - الحالة الراهنة للتغيرات

2-1-1 - معلومات مستكملة بشأن الركام والرمل والحصى

تضمن التقييم العالمي الأول لمحة شاملة عن تعدين الركام وحدد الآثار السلبية الكبيرة لاستغلال الرمال الشاطئية، ولا سيما فيما يتعلق بقابلية تأثر السواحل بالفيضانات، وهبوب العواصف، وأمواج تسونامي، وارتفاع مستويات سطح البحر، وقدرتها على الصمود في هذا الصدد. وأدت كل هذه الآثار إلى تزايد الاهتمام العالمي باستغلال الركام البحري كبديل.

ومنذ اختتام التقييم العالمي الأول، لا يزال الركام هو أكثر المواد التي يجري تعدينها في البيئة البحرية، عادة في أعماق المياه التي تقل عن 50 مترا. وفي عام 2016، قادت هولندا عمليات استخراج الركام البحري (12,5 مليون طن)، تليها المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية (11,9 مليون طن)، وألمانيا (10 ملايين طن)، وفرنسا (7 ملايين طن)، والدانمرك (6,6 ملايين طن)، وبلجيكا (6,6 ملايين طن) (Union européenne des producteurs de granulats, 2018). وفي بلجيكا، لم يُستغل أي حصى من الجرف القاري في عام 2017، وحددت التغييرات التي أُدخلت على تشريعات استغلال الرمال البحرية والحصى البحري في عام 2014 الحد الأقصى لكميات الرمال التي يمكن استخراجها من بعض المناطق، مع انخفاض سنوي بنسبة 1 في المائة بين عامي 2014 و 2019 (International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2018). وفي فنلندا، لم يكن هناك أي استخراج بحري في عام 2017، ولكن تم إصدار تصاريح لاستخراج 8 ملايين متر مكعب من الرمال حتى عام 2027 قبالة شواطئ هلسينكي ومن مصب نهر إيجوكي (ICES, 2018). ومنذ التقييم العالمي الأول، كان هناك زيادة في معدل استخراج الرمال والحصى في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث تستخدم كمواد مصدرية لمشاريع إصلاح السواحل المتضررة بالعواصف، ولا سيما على طول ساحلي المحيط الأطلسي وخليج المكسيك. وبالنسبة لمنطقة المحيط الأطلسي في الولايات المتحدة وحدها، بلغ إجمالي استخراج الركام في عام 2018 ما قدره 17,45 مليون متر مكعب، استخدم 97 في المائة منها في مشاريع القطاع العام لتجديد الشواطئ (إصلاح السواحل) (ICES, 2019). وحددت الصين ركاما بحريا وفيرا، لا سيما في بحر الصين الشرقي، ومضيق تايوان، والجرف القاري الشمالي لبحر الصين الجنوبي، قُدِّر بنحو 1,6 × 1210 طنا (Qin and others, 2014). ومن بين البلدان الأخرى التي سبق تحديدها في التقييم العالمي الأول، والتي لديها نشاط كبير في مجال تعدين الركام البحري، الهند واليابان وكيريباس وجمهورية كوريا.

وتشير الاتجاهات الإنمائية الحالية إلى أن الطلب على الرمال سيزداد في السنوات المقبلة بمعدل متسارع، ويرتبط ذلك إلى حد كبير بالتوسع الحضري السريع، مما يضع ضغطا إضافيا على الرواسب الرملية المحدودة ويسبب النزاع في جميع أنحاء العالم (Torres and others, 2017). ولذلك، هناك حاجة إلى الابتكار التكنولوجي الذي من شأنه أن يقلل من الآثار على البيئة (Gavriletea, 2017)، وكذلك إلى إجراء دراسات متكاملة لتحسين فهم البيئة البحرية ووقت التعافي من آثار تعدين الركام (Gonçalves and others, 2014 مثلا)، ولا سيما بالنسبة للنظم الإيكولوجية القاعية والنظم الإيكولوجية للعوالق.

2-1-2 - معلومات مستكملة بشأن مكيث الماس

تمت تغطية تعدين مكيث الماس بشكل جيد في التقييم العالمي الأول، ولكن هناك ما يبرر تقديم بعض المعلومات المستكملة. ويُستمد نحو 75 في المائة من إنتاج الماس في ناميبيا من رواسب المكيث البحرية فيها. وتعكف شركة ديبمارين، وهي مشروع مشترك مناصفة بين شركة دي بيرز وناميبيا، على بناء سفينة تعدين جديدة (SS Nujoma) ستزيد الإنتاج البحري بنحو 500 000 قيراط سنويا[2]. وستكون هذه السفينة المصنوعة خصيصا جاهزة للعمل في عام 2022 ومجهزة بتكنولوجيات جديدة من شأنها أن توفر كفاءة وإنتاجية أعلى. وقد وصل تعدين مكيث الماس قبالة ناميبيا الآن إلى أعماق المياه التي تصل إلى 200 متر.

2-1-3 - معلومات مستكملة بشأن مكيث القصدير

تشكل رواسب المكيث في مجاري الأنهار والوديان وفي قاع البحر ما يقرب من 80 في المائة من موارد القصدير في العالم (Kamilli and others, 2017). وأكثر المناطق اتساعا بالنسبة للمكيث البري والبحري هي في حزام القصدير الشاسع في جنوب شرق آسيا. وفي عام 2017، أصبحت إندونيسيا ثاني أكبر منتج للقصدير في العالم، وقامت بالتعدين في البر والبحر بكميات متساوية تقريبا، وهي أكبر منتج للقصدير البحري. واستنادا إلى التقرير السنوي لعام 2018 لشركة التعدين PT Timah Tbk[3]، ارتفع إجمالي إنتاج القصدير في إندونيسيا من 121 24 طنا في عام 2016 إلى 444 33 طنا في عام 2018، وهو أعلى مستوى إنتاج منذ عام 2012. ويحتل احتياطي إندونيسيا البالغ 000 800 طن المرتبة الثانية بعد احتياطي الصين، الذي يبلغ 000 100 1 طن (United States Geological Survey (USGS), 2019)، وتقدر شركة Timah أن موارد القصدير في إندونيسيا تبلغ 633 043 1 طنا. وتستكشف شركة Timah في تعدينها البحري استخدام تكنولوجيا تعدين الآبار، التي تعتقد الشركة أنها يمكن أن تزيد من إنتاج ركاز القصدير بتأثير بيئي أقل بكثير. وسيشكل هذا تطورا هاما، حيث أن رواسب مكيث القصدير البحرية تُستخرج بأساليب التجريف، التي لها أثر بيئي على النظم الإيكولوجية القاعية وغير القاعية، والنظم الإيكولوجية في المياه المتوسطة العمق.

وعلى سبيل المقارنة، في عام 2018، بلغ إنتاج المناجم في ماليزيا 000 4 طن فقط، ولكن الاحتياطي يقدر بـ 000 250 طن (USGS, 2019). ومن الناحية التاريخية، أنتجت ماليزيا 55 في المائة من القصدير المستخدم في جميع أنحاء العالم (Kamilli and others, 2017).

2-1-4 - معلومات مستكملة بشأن رواسب الرمل الحديدي

الرمال الحديدية هي رمال تحتوي على حبيبات من أكاسيد الحديد (الماغنتيت في العادة)، وتوجد عادة على طول المناطق الساحلية. ويتم تعدين الرمال لاستخراج الحديد من أجل استخدامه في صناعة الصلب. وتضمّن التقييم العالمي الأول دراسة لحالة رواسب الرمل الحديدي التي تتجمع قبالة سواحل نيوزيلندا في أعماق المياه التي تتراوح بين 20 و 42 مترا. ومُنح تصريح تعدين لشركة ترانس تاسمان ريسورسز المحدودة (TTR) في أيار/مايو 2014 لتعدين ما يصل إلى 50 مليون طن من الركاز سنويا لمدة 20 عاما، وسيتم تعدين هذه الكمية على مساحة 66 كيلومترا مربعا، كخطوة أولى في عملية تنظيمية تسمح باستخراجها. وكما ورد في التقييم العالمي الأول، رفضت لجنة صنع القرار التابعة لوكالة حماية البيئة النيوزيلندية منح ترخيص بيئي للتعدين في حزيران/يونيه 2014، على أساس عدم كفاية البيانات البيئية. غير أن اللجنة منحت

[2] انظر www.mining-technology.com/features/giant-mining-vessels-how-high-quality-gems-are-exploited-from-the-sea/.
[3] انظر www.timah.com.

في آب/أغسطس 2018 تصريحا بيئيا لتعدين ما يصل إلى 50 مليون طن سنويا من الرمل الحديدي لمدة 35 عاما، على أساس طلب منقح. وفي وقت لاحق، استأنفت جماعات البيئة وصيد الأسماك هذا القرار، وقضت المحكمة العليا في نيوزيلندا في آب/أغسطس 2018 بعدم إجراء أي تعدين، وأحالت المسألة من جديد إلى اللجنة لمواصلة النظر فيها استنادا إلى معايير المحكمة المتعلقة بالاختبارات القانونية الصحيحة للإدارة التكيفية. واستأنفت شركة TTR حكم المحكمة العليا أمام محكمة الاستئناف، واستأنفته الآن أمام محكمة النقض، حيث توجد القضية حاليا.

وقد مُنحت ثلاث شركات إضافية تراخيص استكشاف للرمل الحديدي في المناطق البحرية النيوزيلندية. وحصلت شركة كاس المحدودة للمعادن البحرية على ترخيص استكشاف للرمل الحديدي قبالة ساحل نيو بليموث، وهي نفس المنطقة العامة التي يشملها تصريح التعدين الممنوح لشركة TTR. وفي أيار/مايو 2018، تم منح شركة تعدين الرمل الحديدي البحري المحدودة إذنا بالاستكشاف داخل محمية بحرية قبالة ساحل نيو بليموث، وهي نفس المنطقة التي تشملها تراخيص شركتي TTR وكاس. وحصلت شركة المحيط الهادئ للتعدين البحري على ترخيص استكشاف لرمال التيتانيوم والحديد (المنيت) قبالة خليج بلنتي، شرق الجزيرة الشمالية.

2-1-5 - الرواسب الفوسفورية: تشاثام رايز (نيوزيلندا)، ودون دييغو (المكسيك)، ومشروع ساندبايبر الناميبي للفوسفات البحري وغيره من المشاريع (ناميبيا)

الفوسفوريت هو صخرة رسوبية أو رواسب تحتوى على كميات كافية من معادن الفوسفات لتكون ذات أهمية اقتصادية. ويستخدم الفوسفات كسماد في الزراعة وفي الصناعة الكيميائية، على سبيل المثال كحمض الفوسفوريك المستخدم في معظم المشروبات الغازية. ولم يبدأ التعدين بعد في أي من مناطق التراخيص الثلاثة المدرجة في هذا الفرع (انظر الشكل الأول للاطلاع على المواقع).

وتمتلك شركة تشاثام للفوسفات الصخري ترخيص تعدين منذ كانون الأول/ديسمبر 2013 وتقدمت بطلب للحصول على موافقة بيئية في حزيران/يونيه 2014، ولكن لجنة صنع القرار التي عينتها وكالة حماية البيئة النيوزيلندية رفضت الطلب في شباط/فبراير 2015. وتتوقع الشركة الانتهاء من إعادة تقديم الطلب إلى وكالة حماية البيئة والنظر في القضية بحلول نهاية عام 2021. وتخطط لتعدين مساحة قدرها 820 كيلومترا مربعا لاستخراج ما يصل إلى 1,5 مليون طن من الفوسفات سنويا في أعماق المياه التي تصل إلى 450 مترا. وتنظر الشركة في الوقت الراهن في إمكانية استخراج عناصر أرضية نادرة كنواتج ثانوية محتملة هامة.

وقد تمت تغطية مشروع دون دييغو المكسيكي المقترح للفوسفات في التقييم العالمي الأول، وفي ذلك الوقت قدمت شركة أوديسي للاستكشاف البحري تقييما للأثر البيئي إلى أمانة البيئة والموارد الطبيعية في المكسيك (SEMARNAT) للموافقة عليه. وفي نيسان/أبريل 2016، رُفض طلب تطوير مشروع الفوسفات من خلال فرعها، Exploraciones Oceánicas. وفي عام 2018، تم استئناف القرار أمام المحكمة الإدارية المكسيكية، التي قضت بأن القرار لم ينظر في الإجراءات الواسعة النطاق المقترحة للتخفيف من الآثار البيئية، لكن أمانة البيئة والموارد الطبيعية أعادت تأكيد قرارها السابق. والمشروع حاليا في مراحل مختلفة من التفاوض.

وحصلت الشركة الناميبية المحدودة للفوسفات البحري على ترخيص تعدين (ML170) في تموز/يوليه 2011، وقدمت برنامجا لتقييم الأثر البيئي وللإدارة البيئية في عام 2012. وحصلت على شهادة التزام بيئي للتعدين في أيلول/سبتمبر 2016؛ غير أن الشهادة سُحبت بعد شهرين، في أعقاب احتجاجات من جانب مختلف أصحاب المصلحة. واستأنفت الشركة القرار أمام المحكمة العليا في ناميبيا. وفي أيار/مايو 2018، نجحت الشركة في

استئنافها، ونقضت المحكمة العليا قرار سحب الشهادة[4]. وستجري عمليات الشركة في أعماق مائية تتراوح بين 190 و 345 مترا على مساحة تبلغ حوالي 200 2 كيلومتر مربع، على بعد 60 كيلومترا من ساحل ناميبيا. كما أن هناك شركات أخرى تحمل تراخيص للمناطق الواقعة قبالة سواحل ناميبيا، بما في ذلك شركة تشاثام.

2-1-6 - التعدين في قاع البحار

جاء في التقييم العالمي الأول أن تعدين المترسبات الكبريتيدية الضخمة قد يبدأ في حوض مانوس، بحر بسمارك، المنطقة الاقتصادية الخالصة في بابوا غينيا الجديدة، في عام 2017. غير أنه نظرا لعدم القدرة على جمع الأموال اللازمة، تم تقليص هذا العنصر من الشركة المعنية[5].

وتعمل دول المحيط الهادئ الجزرية على وضع واعتماد تشريعات للتعدين في قاع البحار في المناطق الخاضعة للولاية الوطنية. وتم دعم نشر التشريعات التنظيمية الوطنية من خلال عدد من المبادرات، بما في ذلك اتحاد الحدود البحرية الجاري للمحيط الهادئ، ومشروع المعادن الموجودة في أعماق البحار (2011-2016) لجماعة المحيط الهادئ، الذي يموله الاتحاد الأوروبي.

وتدير السلطة الدولية لقاع البحار حاليا 30 عقدا للاستكشاف[6]. وكانت أفريقيا، وقت إعداد هذا التقرير، القارة الوحيدة التي لم ترعى فيها أي من البلدان أنشطة استكشاف في المنطقة. وتجري حاليا في إطار السلطة الدولية لقاع البحار مناقشة مشروع لوائح متعلقة باستغلال الموارد المعدنية البحرية في المنطقة، ويعتبر مجلس السلطة اعتمادها مسألة ملحة[7].

1-6-1-2 - العقيدات المتعددة الفلزات

تتشكل العقيدات المتعددة الفلزات في الغالب على قاع البحر السحيق المغطى بالرواسب في المحيطات العالمية في أعماق المياه البالغة ما بين 500 3 و 500 6 متر (Kuhn and others, 2017) (انظر الأشكال الأول، والثاني-جيم، والثاني-دال). ويتركز الاهتمام الاقتصادي في هذه الرواسب على النيكل والنحاس والكوبالت والمنغنيز، على الرغم من أن الموليبدينوم والتيتانيوم والليثيوم والزركونيوم والعناصر الأرضية النادرة والإيتريوم تتشكل أيضا بتركيزات عالية (Hein and others, 2013؛ و Kuhn and others, 2017).

ووقت كتابة هذا التقرير، كان قد بدأ نفاذ 18 عقدا للعقيدات المتعددة الفلزات، منها 16 عقدا في منطقة صدع كلاريون - كليبرتون الواقعة في شمال شرق المحيط الهادئ (انظر الشكل الثالث)، وعقد واحد في شمال غرب المحيط الهادئ، وعقد واحد في حوض المحيط الهندي الأوسط. ويمكن أن يصل حجم منطقة الاستكشاف المخصصة للمتعاقد إلى 000 150 كيلومتر مربع كحد أقصى، ولكن لا يجوز أن يتجاوز 000 75 كيلومتر مربع بعد مرور ثماني سنوات على تاريخ العقد[8].

وفيما عدا منطقة كلاريون - كليبرتون، تقع مناطق عالية الوفرة في حوض بيرو وحوضي بينرين وساموا. ورغم أن معظم حقول العقيدات توجد في هذه المنطقة، يمكن أيضا العثور على رواسب هامة للعقيدات المتعددة الفلزات داخل المناطق الاقتصادية الخالصة التابعة لعدة دول ومناطق منها جزر كوك، وكيريباس، ونيوي، وساموا الأمريكية (الولايات المتحدة) (Hein and others, 2005؛ و 2015).

[4] انظر https://namiblii.org/na/judgment/high-court-main-division/2018/122.
[5] انظر https://dsmf.im.
[6] انظر https://isa.org.jm/index.php/exploration-contracts.
[7] انظر الوثيقة ISBA/24/C/8/Add.1، الفقرة 7.
[8] انظر الوثيقة ISBA/19/C/17، المادة 25.

2-1-6-2 - المترسبات الكبريتيدية الضخمة أو الكبريتيدات المتعددة الفلزات في قاع البحر

تحدث نظم الدوران الحراري المائي العالية الحرارة في جميع أحواض المحيطات على طول مراكز امتداد الأحياد في وسط المحيط وعلى طول الأقواس البركانية ومراكز امتداد صدع القوس الخلفي (انظر الشكل الأول). والمنتجات الأعلى حرارة هي رواسب المترسبات الكبريتيدية الضخمة ورواسب الكبريتات في نظم التدفق المركز، مثل المداخن، ورواسب المنغنيز الحراري المائي المنخفض الحرارة ورواسب أكسيد الحديد في نظم التدفق المنتشر (انظر الشكلين الثاني-هاء والثاني-واو). وقد تتشكل الرواسب في أعماق المياه التي تبلغ ما بين 200 و 000 5 متر، وتوجد عموما رواسب المياه العميقة على طول مراكز الامتداد، ورواسب المياه الضحلة على طول الأقواس البركانية. وتحدث تركيزات عالية من النحاس والزنك والذهب والفضة في بعض رواسب المترسبات الكبريتيدية الضخمة في جميع تلك الظروف. ولا تعرف كميات الرواسب المتشكلة بنشاط معرفة جيدة عموما، ولكنها عادة ما تكون صغيرة. أما كميات ودرجات رواسب المترسبات الكبريتيدية الضخمة غير النشطة خارج المحور فتصعب معرفتها على نحو أشد، ولكن من المرجح أن تكون كمياتها أكبر وأن تماثل بعض نظيراتها على اليابسة (German and others, 2016؛ و Jamieson and others, 2017).

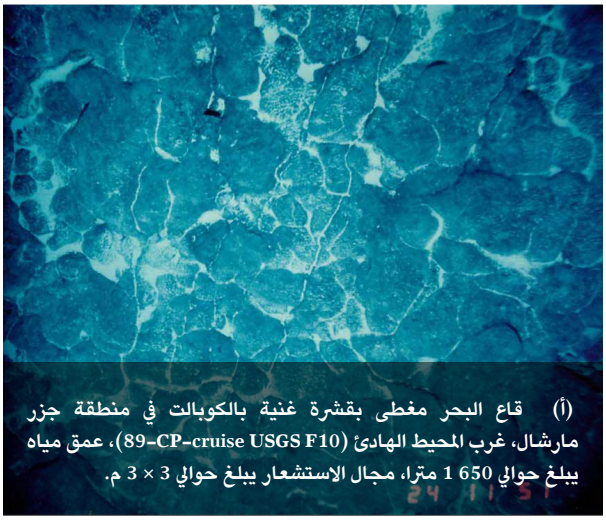
ويشيع تشكل المترسبات الكبريتيدية الضخمة الحرارية المائية داخل المناطق الاقتصادية الخالصة التابعة للعديد من دول المحيط الهادئ، مثل فيجي واليابان ونيوزيلندا وجزر سليمان وتونغا وفانواتو، إضافة إلى النرويج والبرتغال في المحيط الأطلسي والمملكة العربية السعودية والسودان في البحر الأحمر. ويتوافق آخر هذه الرواسب مع الرواسب الطينية الحاملة للفلزات من غور أطلانطس 2، والتي قد تكون رواسب المترسبات الكبريتيدية الضخمة الوحيدة المماثلة في الحجم للودائع الأرضية الكبيرة (تصل إلى 90 مليون طن) (Hoagland and others, 2010).

وفي هذه المنطقة، دخلت سبعة عقود لاستكشاف المترسبات الكبريتيدية الضخمة حيز النفاذ منذ عام 2011: ثلاثة في المحيط الأطلسي وأربعة في المحيط الهندي. وتتألف المنطقة المشمولة بكل عقد من هذه العقود من 100 قطعة على الأكثر، مرتبة في خمس مجموعات أو أكثر؛ ويبلغ مقاس كل قطعة حوالي 10 كيلومترات في 10 كيلومترات، ولا تزيد مساحتها عن 100 كيلومتر مربع. ولا يجوز أن تتجاوز مساحة منطقة الاستكشاف 500 2 كيلومتر مربع بحلول نهاية السنة العاشرة من تاريخ العقد[9].

[9] انظر الوثيقة ISBA/16/A/12/Rev.1، المادتان 12 و 27.

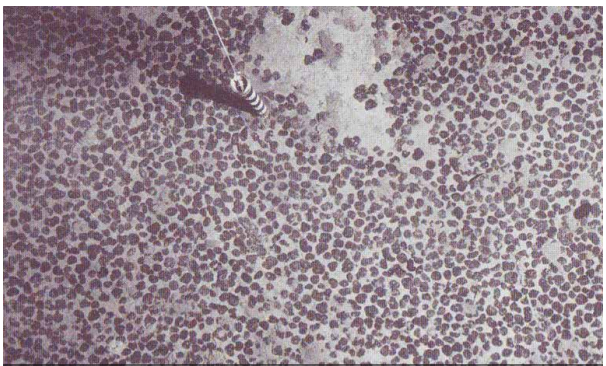
الشكل الثاني

صور قاع البحار والرواسب المعدنية للقشور والعقيدات والكبريتيدات المتعددة الفلزات



(أ) قاع البحر مغطى بقشرة غنية بالكوبالت في منطقة جزر مارشال، غرب المحيط الهادئ (USGS cruise F10–89–CP)، عمق مياه يبلغ حوالي 1 650 مترا، مجال الاستشعار يبلغ حوالي 3 × 3 م.

(ب) قشرة بسماكة 12 سنتيمترا (USGS cruise F7 ,2–CD29–86 HW) من منطقة جزيرة جونستون، وسط المحيط الهادئ؛ استخرجت من عمق مياه يبلغ 2 225 مترا، ويمثل شريط المقياس 10 سنتيمترات.



(ج) قاع البحر مغطى بالعقيدات المتعددة الفلزات في حقل العقيدات في منطقة كلاريون – كليبرتون، عمق المياه يبلغ 5 000 متر تقريبا، مجال الاستشعار يبلغ حوالي 3 × 3 م.

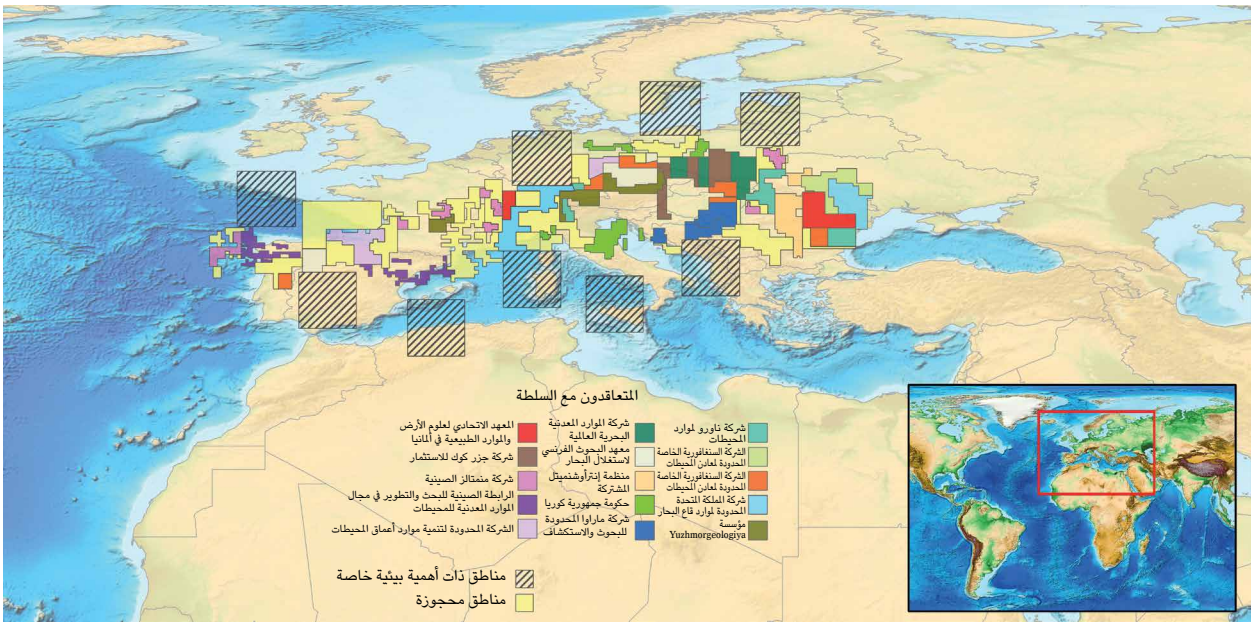
(د) عقيدات متعددة الفلزات من منطقة صدع كلاريون – كليبرتون، شمال شرق المحيط الهادئ؛ ويبلغ قطر كل عقيدة 3 سنتيمترات، وعمق المياه التقريبي يبلغ 5 000 متر.

(هـ) قاع البحر مع فوهة دخان أسود نشطة من شمال شرق المحيط الهادئ، عمق المياه التقريبي يبلغ 2 200 متر، مجال الاستشعار يبلغ حوالي 4 × 4 م (الإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي، حزام النار).

(و) مقطع عرضي عبر مدخنة كبريتيد زنك كبيرة تظهر قناة سيليكا صفراء تدفقت من خلالها السوائل الساخنة؛ جمعت في عمق مياه يبلغ 377 مترا، قوس ماريانا البركاني، غرب المحيط الهادئ (JAMSTEC, cruise NT10–12).

الشكل الثالث

خريطة عقد السلطة الدولية لقاع البحار في منطقة صدع كلاريون - كليبرتون، مركبة على خريطة أوروبا لإظهار الحجم



المصدر: السلطة الدولية لقاع البحار، 2019: منطقة كلاريون - كليبرتون.

2-1-6-3 - قشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت

تتشكل قشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت على جوانب الجبال البحرية وقممها والأحياد والهضاب التي تكون فيها الصخور مكشوفة في قاع البحر (انظر الشكلين الثاني - ألف والثاني - باء). وهناك عدة آلاف من هذه الهياكل في أحواض المحيطات، وهي وفيرة بصورة خاصة في المحيط الهادئ (انظر الشكل الأول). وتوجد قشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت في أعماق المياه التي تتراوح بين حوالي 400 و 7000 متر. وبالإضافة إلى الكوبالت والنيكل والمنغنيز، تحتوي هذه القشور على مجموعة واسعة من الفلزات النادرة والأساسية ذات الأهمية الاقتصادية والتي لها تطبيقات في التكنولوجيات الناشئة وتكنولوجيات الجيل القادم، ولا سيما التلوريوم، والنيوبيوم، والعناصر الأرضية النادرة، وفلزات مجموعة الإيتريوم والسكانديوم والبلاتين (Hein and others, 2013؛ و 2017).

واستنادا إلى الرتبة والكمية والطوبوغرافيا وعمر القشرة المحيطية والظروف الأوقيانوغرافية، فإن أفضل المناطق داخل المنطقة والولاية الوطنية لاستكشاف قشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت وتعدينها في المستقبل تقع ضمن منطقة القشرة الرئيسية في المحيط الهادئ، على النحو الذي حدده هاين وآخرون (Hein and others, 2009؛ و 2013)، بما في ذلك المناطق الاقتصادية الخالصة في جزر بونين (اليابان)، وكمنولث جزر ماريانا الشمالية (الولايات المتحدة)، وجزر إيزو (اليابان)، وجزر جونستون المرجانية (الولايات المتحدة)، وجزر مارشال. ويقع نحو نصف الجبال البحرية والأحياد ضمن منطقة القشرة الرئيسية الضخمة في المناطق الاقتصادية الخالصة ونصفها الآخر في المنطقة. ويوجد قدر أقل من الموارد الكامنة في مناطق المحيط الهادئ الاقتصادية الخالصة في بولينيزيا الفرنسية (فرنسا) وكيريباس ونيوي وتوفالو. كما تظهر الجبال البحرية في شمال شرق المحيط الأطلسي (المناطق

الاقتصادية الخالصة في البرتغال وإسبانيا) درجات وكميات فلزية تستدعي إجراء المزيد من الدراسة.

ويجري حاليا استكشاف قشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت بنشاط في المنطقة في إطار خمسة عقود أبرمت مع السلطة الدولية لقاع البحار: أربعة في الجزء الغربي من منطقة القشرة الرئيسية وواحد في جنوب غرب المحيط الأطلسي. وتتألف المنطقة المشمولة بكل عقد من عقود الاستكشاف مما لا يزيد عن 150 قطعة مرتبة في مجموعات؛ ويمكن أن تكون كل قطعة مربعة أو مستطيلة الشكل، ولا تزيد مساحتها عن 20 كيلومترا مربعا. ولا يجوز أن تتجاوز مساحة منطقة الاستكشاف 1 000 كيلومتر مربع بحلول نهاية السنة العاشرة من تاريخ العقد[10].

2-2 - التطورات التكنولوجية

إن تطوير التكنولوجيا فيما يتعلق بقشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت متأخر كثيرا عن التطور في مجالي المترسبات الكبريتيدية الضخمة والعقيدات المتعددة الفلزات، وهو غير مشمول في هذا الفرع.

2-2-1 - المترسبات الكبريتيدية الضخمة في قاع البحر

منذ التقييم العالمي الأول، تم إجراء العديد من عمليات التعدين التجريبي في قاع البحار في الموقع الأصلي، وكان أكثر هذه العمليات اكتمالا عملية لمدة شهرين قامت بها شركة اليابان الوطنية للنفط والغاز والمعادن في صيف عام 2017 في المنطقة الاقتصادية الخالصة لليابان على عمق 1 600 متر، بالقرب من محافظة أوكيناوا (METI, 2017). وشملت العملية اختبارا تجريبيا للنظام الكامل المتوخى لاستخراج المترسبات الكبريتيدية الضخمة من قاع البحر (انظر الشكل الرابع - دال). وقد استخدمت لأول مرة أدوات إنتاج التعدين الثلاث التي صممتها شركة نوتيلوس للمعادن لاستخراج رواسب المترسبات الكبريتيدية الضخمة في سولوارا 1 قبالة ساحل بابوا غينيا الجديدة. وخضعت الآلات، التي صنعتها شركة Soil Machine Dynamics، لتجارب مغمورة في حفريات برية مغلقة في جزيرة موتوكيا[11]. وقد تم تطوير أدوات أخرى لتعدين المترسبات الكبريتيدية الضخمة، أو يجري تطويرها، مثل أداة حفر الأخاديد لتعدين المترسبات الكبريتيدية الضخمة Bauer BC40 (انظر الشكل الرابع - جيم).

2-2-2 - العقيدات المتعددة الفلزات

كان من المقرر إجراء اختبار تعديني في الموقع الأصلي للعقيدات المتعددة الفلزات في عام 2019 في منطقة كلاريون - كليبرتون وداخل مناطق التعاقد التابعة للمعهد الاتحادي لعلوم الأرض والموارد الطبيعية وشركة Global Sea Mineral Resources NV (GSR)، برعاية ألمانيا وبلجيكا، على التوالي، على عمق مائي يبلغ حوالي 4 500 متر. وركز الاختبار على نموذج جهاز جمع العقيدات (Patania II) الذي طورته شركة DEME، التي تعد شركة GSR من فروعها (انظر الشكل الرابع - ألف). ولم ينجح الاختبار بسبب تلف الموصل السري، مما أدى إلى انقطاع التيار الكهربائي[12]. وفي عام 2017، في منطقة كلاريون - كليبرتون أيضا، أطلقت شركة GSR بنجاح النموذج الأولي لجهاز جمع العقيدات Patania I. وقد تم تطوير أدوات أخرى لتعدين العقيدات المتعددة الفلزات، أو يجري تطويرها، مثل أدوات تعدين العقيدات التابعة للمعهد الكوري لبحوث السفن وهندسة المحيطات (انظر الشكل الرابع-باء) التي صُممت لجمع العقيدات المتعددة الفلزات، التي سيتم سحقها بعد ذلك قبل دخولها إلى نظام التخزين وإدخالها في أنبوب الرفع.

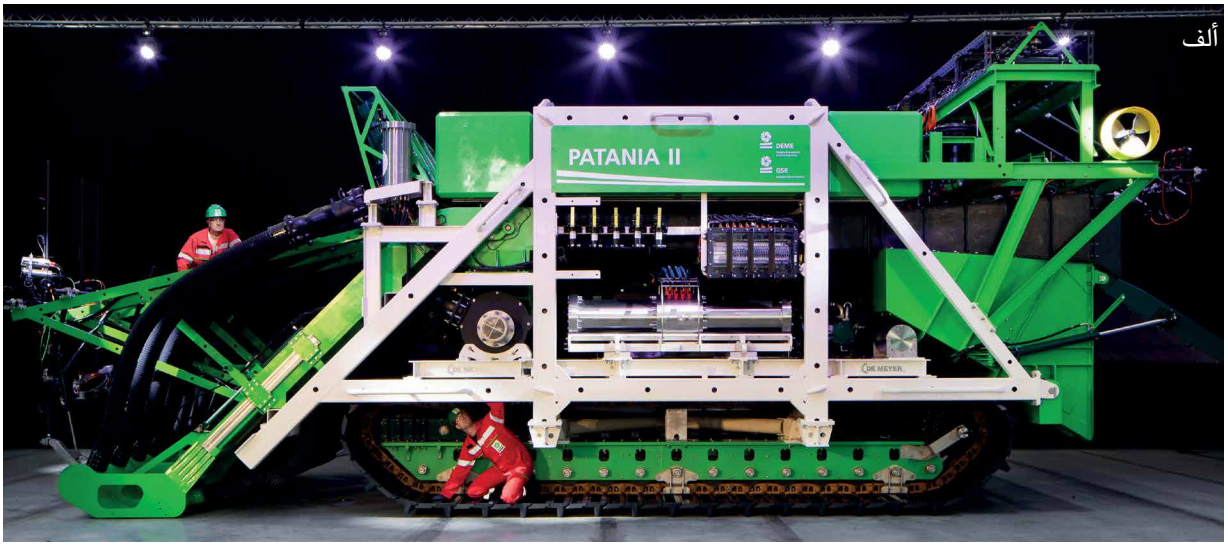
[10] انظر الوثيقة ISBA/18/A/11، المادتان 12 و 27.
[11] انظر https://dsmobserver.com/2017/07/nautilus-png-submerged-trials/.
[12] انظر www.deme-gsr.com/news/article/patania-ii-technical-update/.

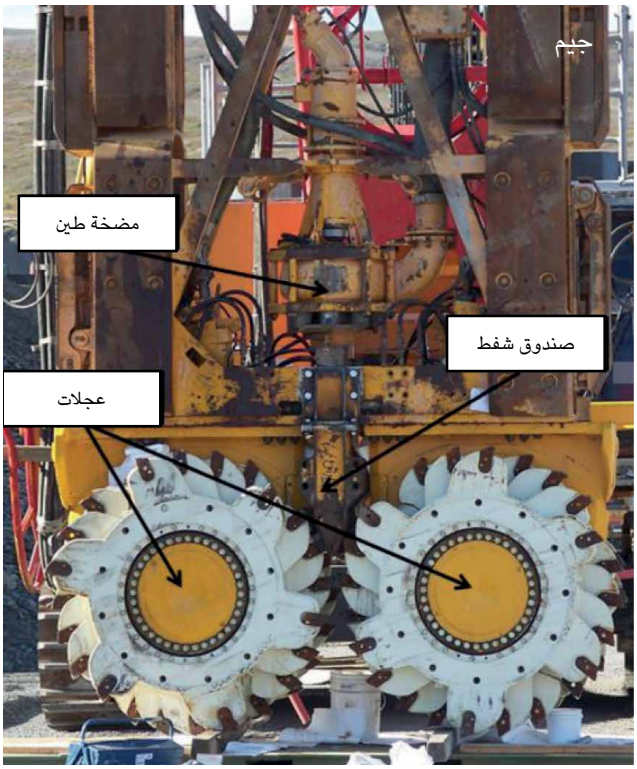
2-3 - التوجهات في المستقبل

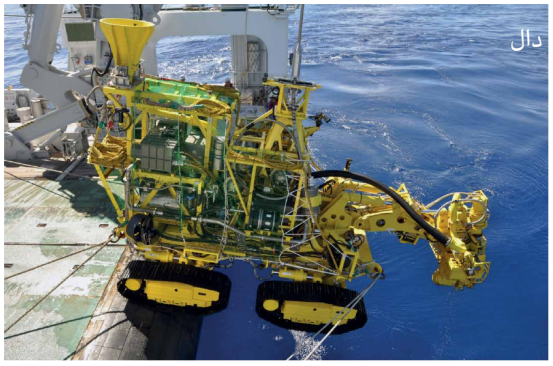
يمكن أن يؤدي الانتقال إلى مستقبل منخفض الكربون تلتزم به معظم الحكومات إلى تنشيط الاهتمام بالتعدين في قاع البحار والبحث عن مصادر جديدة للفلزات. وقد تحدث غالبية أنشطة التعدين في قاع البحار العميقة في المنطقة، التي تشمل معظم السهول السحيقة، وكذلك معظم أجزاء الأحياد والجبال البحرية في وسط المحيط التي تشكل قاع البحر. ومن شأن ذلك أن يعزز تحولا نموذجيا في صناعة التعدين. وسيتولى المجتمع الدولي رصد التعدين في قاع البحار في معظمه في إطار السلطة الدولية لقاع البحار، الذي يضم حاليا 168 عضوا. بيد أن هناك مسائل كثيرة لا تزال مفتوحة وينبغي معالجتها على الصعيد العالمي. فعلى سبيل المثال، كيف سيؤثر هذا النشاط الاقتصادي المحتمل على إنتاج التعدين البري، الذي غالبا ما يشكل مصدرا هاما للدخل في كثير من البلدان النامية؟ وكيف وعلى أي مستوى سيكون للتعدين في قاع البحار العميقة تأثير على البيئة في الآجال القصيرة والمتوسطة والطويلة؟ وللإجابة على السؤال الأخير على الأقل، لا تزال هناك حاجة إلى تطورات تكنولوجية كبيرة لتعزيز الرصد الموقعي للبيئة البحرية والحصول على بيانات تمثيلية عن السلاسل المكانية والزمنية.

الشكل الرابع

أمثلة على نماذج أولية جديدة لأدوات تعدين في قاع البحار العميقة







(ألف) آلة التعدين Patania II التابعة لشركة Global Seabed Mineral Resources (GSR; Belgium) والمستخدمة للعقيدات المتعددة الفلزات (صورة مقدمة من شركة GSR).
(باء) آلة تعدين العقيدات المتعددة الفلزات التابعة للمعهد الكوري لبحوث السفن وهندسة المحيطات (صورة التقطها هين).
(جيم) أداة حفر الأخاديد لتعدين الكبريتيدات المتعددة الفلزات من طراز BC40 تابعة لشركة Bauer Maschinen GmbH
(دال) آلة التعدين للكبريتيدات المتعددة الفلزات التابعة لشركة اليابان الوطنية للنفط والغاز والمعادن، تم اختبارها في حقل كبريتيد بغور أوكيناوا في صيف عام 2017.

3 - الجوانب البيئية

3-1 - أوجه التقدم في المعارف، والآثار البيئية

تغطي بيئة المياه العميقة أكثر من 90 في المائة من مساحة المحيطات وتشمل مجموعة من النظم الإيكولوجية والموائل على مستوى قاع البحر وفي العمود المائي (Ramirez-Llodra and others, 2011؛ و Gollner and others, 2017). وتقع مختلف أنواع الموارد المعدنية على مستوى قاع البحر في بيئات جيولوجية وأوقيانوغرافية مختلفة، مما يؤدي إلى وجود أنواع مختلفة من الموائل والمجتمعات.

ومن شأن القواعد التنظيمية التي تهدف إلى تجنب الآثار على الحيوانات المرتبطة بالموارد وغير المرتبطة بها، والحد منها، والتخفيف من حدتها، أن تعالج عادة الآثار المادية والضوضاء والضوء وأعمدة الجسيمات. وعلى مدى العقد الماضي، حددت عدة مشاريع ومبادرات الآثار المحتملة المترتبة على التعدين في قاع البحار العميقة، مثل مدى تأثير الرواسب أو أعمدة المياه بعيدا عن المناطق التي يجري تعدينها مباشرة، وسميتها المحتملة (Managing Impacts of Deep-Sea Resource Exploitation, 2016). وتشمل بعض الآثار المتوقعة على النظم الإيكولوجية (انظر الجدول أدناه) الحد من الترابط بين المجموعات، والتدخل في دورة حياة الأنواع، والتغيرات السلوكية، وفقدان الأنواع والموائل، والتأثيرات على هيكل النظام الإيكولوجي وطريقة عمله، والتأثيرات على كيمياء أعمدة المياه. وتتسم عدة أنواع من الأحياء والنظم الإيكولوجية في أعماق البحار بخصائص ضعيفة، مثل النضج في سن متقدم نسبيا، وبطء معدلات النمو، وطول متوسط العمر المتوقع، وانخفاض معدل التزويد أو عدم القدرة على التنبؤ به.

وقد أبرزت الأعمال التي جرت مؤخرا دور جميع موارد قاع البحار بوصفها موائل بالغة الأهمية بالنسبة للمجتمعات. وترتبط مجموعة واسعة من موائل الحيوانات بالعقيدات المتعددة الفلزات، وهي الركيزة الصلبة السائدة في سهل منطقة كلاريون - كليبرتون السحيق (Vanreusel and others, 2016؛ و Simon-Lledó and others, 2019a). والنظم الإيكولوجية النشطة ذات الفتحات الحرارية المائية هي موائل مجزأة غير عادية وتستعمرها كائنات مخلقة كيميائيا متوطنة وأنواع نادرة في الغالب (Van Dover and others, 2018). ولم تُدرس المترسبات الكبريتيدية الضخمة المرتبطة بالحقول غير النشطة ذات الفتحات دراسة جيدة، ولكن المؤلفات الموجودة تحدد وجود مرجانيات وإسفنجيات المياه الباردة، التي لم يتحدد بعد اعتمادها على المجتمعات الميكروبية (Boschen and others, 2016؛ و Van Dover, 2019). وتستضيف قشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت الموجودة على الجبال البحرية نظما إيكولوجية مختلفة تبعا للموقع وعمق المياه، وتشمل مرجانيات وإسفنجيات المياه الباردة وأنواع أخرى مشكلة للموائل (Rowden and others, 2010).

وفي حلقة عمل عُقدت مؤخرا بهدف تقييم طبيعة أعمدة التعدين في المياه المتوسطة العمق وآثارها المحتملة على النظم الإيكولوجية في المياه المتوسطة العمق، أفيد بأن أنشطة التعدين في قاع البحار قد تؤثر على الكائنات الحية في المياه المتوسطة العمق بعدة طرق، ولكن نطاق الاضطرابات المحتملة لا يزال غير واضح، ودعي إلى إجراء مزيد من البحوث بشأن الحيوانات غير القاعية، ولا سيما في مناطق أعالي البحار الوسطى والسحيقة في المياه المتوسطة العمق (Drazen and others, 2019).

وعلى الرغم من عدم وجود عمليات تعدين على نطاق تجاري، فقد أجريت تجارب في أعماق البحار تحاكي أنشطة التعدين. وقد تم إجراء أول عملية تعدين تجارية للعقيدات المتعددة الفلزات في عام 1970. ومنذ ذلك الحين، كان هناك عدد من عمليات التعدين التجريبي التجارية الصغيرة النطاق أو الاضطرابات المصممة علميا لمحاكاة التعدين. وقد حددت نتائج تأثيرات محاكاة التعدين حدا أدنى للحدة المرجحة لآثار التعدين المسببة للاضطراب والمقاييس الزمنية المطلوبة لإنعاش مجتمع القاع (Jones and others, 2017، والمراجع الواردة

فيه). وقدمت عمليات المحاكاة المصممة لتقليد تعدين العقيدات المتعددة الفلزات إيضاحات بشأن عمليات الانتعاش في أعقاب أحداث الاضطرابات الصغيرة النطاق، التي وقعت قبل ما يصل إلى 26 عاما، في السهول السحيقة (Gollner and others, 2017؛ و Jones and others, 2017). وأظهرت نتائج تلك الدراسات أن الحيوانات اللاطئة الكبيرة تعاني من انتعاش بطيء للغاية بعد الاضطرابات (انظر أيضا Vanreusel and others, 2016) وأظهرت باستمرار تأثيرات كبيرة ونقصا في الانتعاش الحيواني حتى خلال فترات تقدر بعقود من الزمن (Jones and others, 2017). وفي حين أن الآثار على الحيوانات التي تعيش في العقيدات كانت متوقعة تماما، حيث أن العقيدات تستغرق ملايين السنين لتتشكل، فإن هناك أيضا آثارا هامة على الكائنات الحية التي تسكن الرواسب في المسارات المضطربة وبالقرب منها (Simon-Lledó and others, 2019b).

ضغوط التعدين في قاع البحار، والآثار المحتملة على الموائل المختلفة، وخدمات النظم الإيكولوجية التي قد تتأثر[أ]

الضغط	الأثر المحتمل	خدمات النظم الإيكولوجية المتأثرة	الموئل
استخراج ركائز قاع البحر	— فقدان الحيوانات القاعية عن طريق الإزالة المباشرة — التغيرات في تكوين الرواسب — فقدان الموئل أو تدهوره — الإجهاد الذي تتعرض له الحيوانات	**الدعم** — تدوير المغذيات — الدوران — إنتاج التخليق الكيميائي — الإنتاج الثانوي — التنوع البيولوجي	— محيطي قاعي — قاعي
عمود الاستخراج	— فقدان أو تلف الأنواع القاعية عن طريق خنق الكائنات الحية (من الحيوانات الحية العيانية إلى الكائنات المجهرية) — التغيرات السلوكية في الحيوانات — التغيرات في تكوين الرواسب — التغيرات في مورفولوجيا قاع البحار	**التنظيم** — احتجاز الكربون — التنظيم البيولوجي — تجديد المغذيات — تكوين الموائل البيولوجية — الإصلاح البيولوجي وإزالة السموم	— محيطي قاعي — قاعي
عمود نزح الماء	— انسداد هيكل التغذية أو الإحساس أو التنفس — الأضرار الحركية في الأنسجة — الإجهاد	**التوفير** — تخزين ثاني أكسيد الكربون — مصائد الأسماك — المنتجات الطبيعية	— غير قاعي — محيطي قاعي — قاعي
إطلاق المواد من الرواسب (أعمدة الاستخراج ونزح الماء)	— السمية — إطلاق المغذيات — التعكر		— غير قاعي — محيطي قاعي — قاعي
الضوضاء في المحيطات	— اضطراب الحيوانات		— غير قاعي — محيطي قاعي — قاعي
الضوء تحت الماء	— اضطراب الحيوانات		— غير قاعي — محيطي قاعي — قاعي

أ انظر، على سبيل المثال، Thurber and others, 2014.

3-2 - السياسات والتشريعات: الأنظمة والسياسات الجديدة والتطورات الدولية والإقليمية والوطنية

بالنسبة للرواسب القريبة من الشاطئ، من المتوقع حدوث زيادة في استخراج الرمال والحصى في العقود المقبلة، وربما يمتد ذلك إلى أعماق المياه التي تزيد عن 50 مترا. ومن المتوقع أيضا أن يكون هناك تنظيم بيئي أكثر صرامة، مصحوبا بتطوير تكنولوجيات استخراج أكثر ملاءمة للبيئة، فيما يتعلق باستغلال الركام البحري (Ellis and others, 2017؛ و Kaikkonen and others, 2018، مثلا).

وما زالت معايير الإدارة والمبادئ التوجيهية البيئية للتعدين في قاع البحار العميقة في مراحلها الأولى (Jones and others, 2019). وقد اعتمدت السلطة الدولية لقاع البحار "مدونة للتعدين" لتنظيم أنشطة التنقيب والاستكشاف، وستنشئ أنظمة لاستغلال المعادن في المنطقة. وسيتواكب وضع هذه الأنظمة مع وضع المعايير والمبادئ التوجيهية الرامية إلى تحديد الأهداف البيئية وتحديد عتبات بيئية. ومن الأدوات الحاسمة لتحديد الأهداف البيئية اعتماد خطط إقليمية لإدارة البيئة في المناطق التي توجد فيها عقود استكشاف. وقد وضعت السلطة أول خطة للإدارة البيئية في عام 2011 للعقيدات المتعددة الفلزات في منطقة كلاريون - كليبرتون واعتمدت في عام 2012[13]. وعُقدت عدة حلقات عمل أو ستعقد قريبا لوضع معايير تدعم وضع خطط إقليمية جديدة للإدارة البيئية[14].

وكما يتضح من خلال الدراسة المقارنة للتشريعات الوطنية القائمة بشأن التعدين في قاع البحار العميقة، ففي 5 حزيران/يونيه 2018، كان ما مجموعه 31 دولة قد زوّد السلطة الدولية لقاع البحار بمعلومات عن التشريعات الوطنية المتعلقة بأنشطة التعدين في قاع البحار العميقة، أو نصوصها[15].

3-3 - الثغرات في البيانات والمعلومات والمعارف

يمكن تناول تعريف آثار التعدين على العمود المائي وعلى مستوى قاع البحار وتحديدها بدقة باستخدام مؤشرات بيئية معينة تحدد ما يمثل ظروفا بيئية جيدة وعتبات مناسبة لهذه الآثار. وفي الوقت الراهن، هناك نقص كبير في المعلومات عن النظم الإيكولوجية في أعماق البحار، وتاريخ الحياة الأساسي للأنواع في أعماق البحار وخصائصها البيولوجية، وخصائص تكنولوجيات التعدين في المستقبل، واستجابة الكائنات الحية في أعماق البحار لآثار التعدين. وبالتالي، قد تكون هناك عواقب غير متوقعة مترتبة على التعدين. ويمكن تصنيف الثغرات المعرفية في ثلاث فئات: التنوع البيولوجي، والترابط، والوظائف والخدمات (Miller and others, 2018؛ و Thornborough and others, 2019). ولا يزال هناك نقص في المعلومات عن المكونات الأساسية لكل نظام إيكولوجي، والتفاعلات بين تلك المكونات، وعلاقات النظم الإيكولوجية بالتدرجات البيئية. وهذه المعلومات الإيكولوجية الأساسية ضرورية للسماح بالتنبؤ بكيفية استجابة التنوع البيولوجي، وترابط الأنواع، ووظائف وخدمات النظم الإيكولوجية للتغيير.

[13] انظر الوثيقتين ISBA/17/LTC/7 و ISBA/18/C/22.
[14] انظر الوثيقة ISBA/24/C/3.
[15] متاحة على الرابط التالي: www.isa.org.jm/national-legislation-database.

4 - الآثار الاقتصادية والاجتماعية

4-1 - الآثار الاقتصادية

يرتبط اقتصاد التعدين في قاع البحار العميقة ارتباطا وثيقا بحالة تكنولوجيا التعدين وزيادة الطلب على الفلزات في أحدث التطبيقات التكنولوجية. ومن بين أنواع الرواسب المعدنية الثلاثة في قاع البحار التي تم النظر فيها في هذا الفصل، تعتبر العقيدات المتعددة الفلزات الأقرب إلى أن يتم تعدينها. ويرجع ذلك إلى عاملين مجتمعين هما السهولة النسبية في الاستخراج، نتيجة للطبيعة المنفصلة للعقيدات، والنمو المتوقع في الطلب، ولا سيما بالنسبة للكوبالت والنيكل لاستخدامهما في تكنولوجيات الطاقة الخضراء. وبالتالي، فإن التركيز الاقتصادي في هذا الفرع ينصب تحديدا على العقيدات.

4-1-1 - الجوانب الاقتصادية لتعدين العقيدات المتعددة الفلزات في قاع البحار

لن تعتمد أنشطة التعدين التجارية للعقيدات المتعددة الفلزات على الجوانب الاقتصادية العامة للنظام فحسب، بل أيضا على اقتصاديات فرادى أصحاب المصلحة. وفي حين أن الإيرادات المحتملة من مبيعات الفلزات ستكون كافية ماليا لتبرير الاستثمارات الكبيرة وتكاليف التشغيل المرتبطة بالتعدين في قاع البحار العميقة، فإن الأولوية في هذه الإيرادات فيما يتعلق بالمنطقة يجب أن تكون للنفقات الإدارية للسلطة الدولية لقاع البحار. ويمكن استخدام الأموال المتبقية للوفاء بالتزامات أخرى بموجب الجزء الحادي عشر من اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[16] والاتفاق بشأن تنفيذ الجزء الحادي عشر من اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار المؤرخة 10 كانون الأول/ديسمبر 1982[17]، بما في ذلك التقاسم العادل للمنافع، وفقا للمادة 140 والفقرة الفرعية (ز) من الفقرة 2 من المادة 160 من الاتفاقية، وتعويض البلدان النامية المنتجة للفلزات البرية، إذا تضرروا من جراء تأثير التعدين في قاع البحار العميقة على أسعار الفلزات. وينبغي أيضا توفير التمويل للرصد والإصلاح البيئيين والتنظيميين. ولن تحدث عمليات التعدين إلا إذا كانت الإيرادات المتبقية بعد المدفوعات إلى السلطة الدولية لقاع البحار (أو ما يعادلها بالنسبة للتعدين في قاع البحار العميقة في المناطق الخاضعة للولاية الوطنية) يمكن أن تغطي تكاليف التشغيل وتوفر عائدات كافية لجذب الاستثمار. وتشير التحقيقات الأولية في الجوانب الاقتصادية للتعدين في قاع البحار العميقة إلى أن الإيرادات قد تصل إلى هذه المستويات، ولكن تظل ثمة مسائل منها مستوى الأموال اللازمة للوفاء بالالتزامات بموجب الجزء الحادي عشر من الاتفاقية، والمسؤولية عن الضرر البيئي، والعائدات التي يطلبها المستثمرون.

4-1-2 - إيرادات الفلزات

بينما تحتوي العقيدات المتعددة الفلزات على العديد من الفلزات، إلا أن أربعة منها فقط تتشكل حاليا بتركيزات عالية بما يكفي لتبرير تكلفة الاستخراج بالنسبة لمجهزي الفلزات. والمنغنيز هو إلى حد بعيد أكبر فلز من حيث الكتلة، وبالتالي فهو جزء مهم من تدفق الإيرادات، على الرغم من انخفاض سعره في السوق نسبيا. وفي حين أن تركيزات الكوبالت والنحاس والنيكل أقل من ذلك، فإنها تحظى بأسعار أعلى، وبالتالي فهي توفر مصادر هامة للدخل.

ومن الصعب التنبؤ بأسعار الفلزات في المستقبل وقد تختلف عن تلك التوقعات، وهذا من جوانب عدم اليقين التي يمكن أن تخلق مخاطر كبيرة للمستثمرين. ومن المتوقع أن يؤدي كل من الكوبالت والنيكل أدوارا هامة في حلول تخزين الطاقة في المستقبل، وبالتالي، قد يشهدان نموا كبيرا في الطلب واتجاهات تصاعدية في الأسعار. وفيما يتعلق بالمنغنيز، فإن تعدين العقيدات المتعددة الفلزات سيضيف كميات كبيرة من هذه المادة إلى سوق محدودة الحجم، وقد يشكل هذا في حد ذاته ضغطا تنازليا كبيرا على الأسعار.

[16] United Nations, Treaty Series, vol. 1833, No. 31363.
[17] المرجع نفسه، المجلد 1836، الرقم 31364.

4-1-3 - جمع العقيدات، والاستثمارات في تجهيز الفلزات، وتكاليف التشغيل

تتمتع السلطة الدولية لقاع البحار بسلطة على الأنشطة في موقع المناجم البحرية فقط، ولكن التكاليف التي تتجاوز ذلك الاختصاص يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تقييم العوامل الاقتصادية التي سيكون لها تأثير على الاستثمارات. ولهذا السبب، يتعين أن تبحث دراسات النظم المالية في الاستثمارات والتكاليف في البحر وكذلك في المراحل النهائية.

وبالنسبة للتكلفة، هناك حاجة إلى استثمارات أولية كبيرة ثم إلى نفقات تشغيلية مستمرة. وتُملي وفورات الحجم حدا أدنى لحجم العمليات التي يعتقد العديد من الخبراء أنها ستنطوي على استخراج وتجهيز ما بين 1,5 مليون و 3 ملايين طن جاف من العقيدات سنويا. وسيتطلب نظام يولد 3 ملايين طن جاف سنويا استثمارات أولية تبلغ نحو 4 بلايين دولار، بما في ذلك حوالي 300 مليون دولار لدراسات الاستكشاف والجدوى، وأكثر من 1,5 بليون دولار لمعدات جمع العقيدات ونظام مخصص للنقل، وأكثر من بليوني دولار لمحطة لتجهيز الفلزات. وتقدر النفقات التشغيلية السنوية بنحو بليون دولار سنويا، ويخصص ثلثها تقريبا لجمع العقيدات، أما الثلثان الباقيان فيخصصان لتجهيز الفلزات. ومن شأن إيرادات الفلزات لما قدره 3 ملايين طن جاف سنويا، مع النظر في الخسائر الفلزية وتوقعات الصناعة لأسعار الفلزات الطويلة الأجل، أن تدر ما يقرب من 2,5 بليون دولار من الإيرادات السنوية.

4-1-4 - توزيع الأموال على أصحاب المصلحة

يبقى أن نرى ما إذا كان مستوى الإيرادات المتبقي بعد الوفاء بمتطلبات الجزء الحادي عشر من اتفاقية قانون البحار سيكون كافيا لتحفيز جميع الجهات الفاعلة على المشاركة. ومن المتوقع أن ينشأ سوق للعقيدات، حيث يتم نقلها من جامعي الفلزات إلى مجهزيها من خلال مركز تخليص تجاري عالمي، إذا ما أصبحت متاحة. ومع ذلك، وإلى أن تنشأ تلك السوق، لا يمكن تقييم اقتصاديات هذا النظام إلا من خلال تقدير تدفق الإيرادات بين جميع أصحاب المصلحة. وسوف يدفع جامعو العقيدات إتاوات إلى السلطة الدولية لقاع البحار عندما يستخرجون العقيدات من قاع البحر. وسيدفع مجهزو الفلزات لجامعي العقيدات مقابل المورد (العقيدات). وسيقوم مجهزو الفلزات ببيع المنتجات الفلزية النهائية في السوق العالمية لمجموعة متنوعة من المستهلكين النهائيين. وسيتعين أن تغطي هذه الإيرادات جميع النفقات التشغيلية التي تتكبدها مجهزو الفلزات، بالإضافة إلى دفع مبالغ إلى جامعي العقيدات (ومقدمي خدمات النقل) للحصول على العقيدات. وأي فائض سيخضع لضرائب الشركات المحلية. وفي حين أن السلطة لن ترى هذه الأموال، فإن الضرائب المحلية يمكن أن يكون لها تأثير كبير على اقتصاديات أصحاب المصلحة الآخرين، وبالتالي يجب النظر في ذلك عند تقييم ما إذا كان النظام يدر عوائد كافية لتبرير الاستثمار.

وسيتلقى جامعو العقيدات مدفوعات عن العقيدات من مجهزي الفلزات، ولكن سيتعين عليهم تغطية تكاليفهم التشغيلية ودفع الإتاوات إلى السلطة الدولية لقاع البحار (أو السلطة المحلية، إذا كانت العملية داخل منطقة اقتصادية خالصة)، من أجل الحصول على حقوق استغلال العقيدات. وقد يتعين عليهم أيضا الإسهام في صناديق الاستدامة البيئية وتقديم سندات كضمانات للأضرار البيئية غير المتوقعة. وقد تخضع أي أرباح للضرائب من الدولة الراعية، ويمكن أن تخضع لمدفوعات إتاوات إضافية إلى السلطة. وستتلقى السلطة أموالا في شكل مدفوعات إتاوات عن الحقوق في العقيدات. ويمكن أيضا أن تكون السلطة الوصي على أي صناديق استدامة أو سندات خصوم بيئية. ويجب أن تكون مدفوعات الإتاوات كافية للتعويض عن التخلي عن حقوق العقيدات، بالإضافة إلى أي تغييرات أخرى في بيئة أعماق البحار.

وتجري مناقشة مجموعة متنوعة من نظم الإتاوات في السلطة، بما في ذلك نظم قيمية ثابتة ذات مرحلة واحدة أو مرحلتين، ونظم قيمية متغيرة، حيث يتغير المعدل مع أسعار الفلزات أو الظروف المالية الأخرى للسوق، ونظم

مركبة مع معدل قيمي ثابت ومعدل إضافي مرتبط بالأرباح. والنظم القيمية هي تلك التي ترتبط فيها الإتاوات بقيمة المفلز المستخرج. ولكل نظام من هذه النظم مزايا وعيوب مختلفة، ولا سيما فيما يتعلق بالجهات صاحبة المصلحة التي تتحمل المخاطر وتجني الفوائد المترتبة على التغيرات في أسعار الفلزات وتكاليف المشاريع، وتوقيت الإيرادات لكل من أصحاب المصلحة.

4-1-5 - العائدات للمستثمرين والتدفقات النقدية للسلطة الدولية لقاع البحار

سيتطلب ارتفاع الاستثمارات الأولية بدرجة كبيرة من جامعي العقيدات ومجهزي الفلزات جمع الأموال في أسواق رأس المال العالمية. وتشير التقديرات إلى أن الممولين لن يستثمروا إلا إذا كان معدل عائد الاستثمار يبلغ حوالي 18 في المائة بالنسبة للسيناريوهات الأكثر معقولية لأسعار الفلزات والتكاليف في المستقبل. وعلى النقيض من ذلك، كثيرا ما تتطلب الاستثمارات في التعدين البري التقليدي معدلات عائد تتجاوز 15 في المائة ولكنها تنطوي على مستويات أدنى بكثير من المخاطر التكنولوجية. ومن شأن مجموعة متنوعة من نظم الإتاوات ومعدلاتها أن تترك للمتعاقدين إيرادات كافية لتحقيق هذه المعدلات من العوائد. غير أنه لا يزال من غير الواضح ما إذا كان أي من هذه الأنشطة سيوفر إيرادات كافية للسلطة للتعويض عن إزالة العقيدات والتغيرات في بيئة أعماق البحار.

4-2 - الآثار الاجتماعية

من المفهوم أن الآثار الاجتماعية المحتملة لأنشطة التعدين في قاع البحار العميقة معقدة وتراكمية على حد سواء (Koschinsky and others, 2018). وفي حين أن التعدين في قاع البحار العميقة قد يؤدي إلى آثار اجتماعية لا تحصى، فإن هناك رأيا عاما مفاده أن التأثير المباشر على المجتمع سيكون أقل من تأثير التعدين البري (Roche and Bice, 2013). فعلى سبيل المثال، كثيرا ما تؤدي مشاريع التعدين البري إلى نزوح المجتمعات المحلية، وتغيرات في استخدام الأراضي، والحاجة إلى تشييد الهياكل الأساسية، مثل الطرق والسكك الحديدية (World Bank, 2017b). كما أن ظروف العمل غير المأمونة (مثل المخاطر المهنية) والمخاطر التي تهدد سلامة وصحة المجتمعات المحلية التي تعيش بالقرب من مواقع التعدين (نتيجة للكوارث في الموقع أو التعرض لتلوث الهواء والماء بسبب التعدين مثلا) هي أيضا آثار جديرة بالملاحظة من جراء التعدين البري (International Resource Panel, 2020). ولن تلعب هذه العوامل دورا في التعدين في قاع البحار العميقة. وعلاوة على ذلك، تحتوي الرواسب المعدنية في قاع البحر في الغالب على محتويات فلزية أعلى من تلك الموجودة في البر، ومن شأن تحول التركيز إلى قاع البحر كمصدر تكميلي للفلزات أن يقلل من الحاجة إلى تعدين المواقع الأرضية على نطاق أوسع (Sharma and Smith, 2019).

ومن الاعتبارات ذات الصلة للتحقق من الآثار الاجتماعية المحتملة للتعدين في قاع البحار العميقة هو الموقع المخطط للأنشطة ذات الصلة. وقد أصبح من الواضح بصورة متزايدة أن المناطق المرتبطة عادة بالرواسب المعدنية في قاع البحار تقع بعيدا عن المجتمعات البشرية. وبالتالي، فإن مسائل إعادة التوطين أو النزاع المتعلقة باستخدام الأراضي لا تنشأ فيما يتعلق بالتعدين في قاع البحار العميقة، على عكس التعدين البري (Sharma and Smith, 2019). وعلاوة على ذلك، فإن الآثار الاجتماعية المتعلقة بالتعدين في قاع البحار العميقة في المنطقة سوف تختلف عن تلك التي تقع ضمن الولايات الوطنية. غير أنه من المسلم به أن أنشطة التعدين في قاع البحار العميقة قد تتعارض مع الاستخدامات الأخرى للحيز البحري، مثل مصائد الأسماك والشحن والكابلات في أعماق البحار وأراضي الرعاية وطرق الهجرة.

ونظرا لطبيعة التعدين في قاع البحار العميقة واحتمال وقوع ضرر عابر للحدود، فإن قطاعات المجتمع التي يمكن أن تتأثر مباشرة بالأنشطة ذات الصلة تشمل المجتمعات المحلية في الإقليم الذي تنفذ فيه تلك الأنشطة، وتلك الموجودة في الدول الساحلية المجاورة (Dunn and others, 2017). ونظرا لأن المنطقة ومواردها المعدنية قد أُعلنت تراثا مشتركا للبشرية، فإن الآثار الاجتماعية يلزم النظر فيها ككل

(Hunter and others, 2018). وبغض النظر عن بعد أي أنشطة في المنطقة عن المراكز السكانية، لا تزال هناك شواغل كبيرة بشأن الكيفية التي يمكن بها أن يكون لفقدان التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية، بما في ذلك دور أعماق البحار في تنظيم المناخ، أثر سلبي على المجتمع ككل (Kaikkonen and others, 2018).

وعند النظر في الآثار الاجتماعية، فإن اتباع نهج يشمل الفوائد التي يمكن للمجتمع أن يجنيها من التعدين في قاع البحار العميقة، فضلا عن العواقب السلبية المحتملة، من شأنه أن يوفر معلومات هامة يمكن أن تستند إليها القرارات. وقد يشمل هذا النهج توزيع المنافع المالية من خلال آلية لتقاسم المنافع، إضافة إلى استحداث مصدر إضافي لإمدادات الفلزات لتلبية الطلبات الحالية والمقبلة. وينبغي الاعتراف بأنه في حين أن وجود مصدر جديد لإمدادات الفلزات قد يكون مفيدا، فإنه يمكن أن تكون هناك عواقب سلبية، مثل عواقبه على البلدان التي يعتمد اقتصادها اعتمادا كبيرا على تصدير الفلزات التي يتم الحصول عليها من التعدين البري، ووفقا للفقرة 10 من المادة 151 من اتفاقية قانون البحار، والفقرة 1 من المادة 7 من مرفق الاتفاق المتعلق بتنفيذ الجزء الحادي عشر منها، ينبغي دراسة هذه العواقب ومعالجتها.

وبالإضافة إلى ما سبق، فإن مفهوم "الترخيص الاجتماعي للعمل" يستحق اهتماما خاصا. ويشمل هذا المفهوم قبول المجتمع، بالإضافة إلى الإذن المطلوب من الجهة المنظمة، بأن نشاطا تجاريا مثل استخراج الموارد يمكن الاضطلاع به (Owen and Kemp, 2013؛ و Parsons and Moffat, 2014). كما أن مسائل الشفافية وإشراك أصحاب المصلحة على نطاق واسع في عملية صنع القرار هي أيضا ذات أهمية خاصة (Ardron and others, 2018؛ و Madureira and others, 2016).

وأخيرا، ولضمان استيعاب جميع التكاليف الخارجية التي يتحملها المجتمع نتيجة للتعدين في قاع البحار العميقة، يمكن النظر في اتباع نهج إدراج مبدأ تغريم الملوث في الإطار التنظيمي للسلطة الدولية لقاع البحار (Lodge and others, 2019).

5 - الاحتياجات في مجال بناء القدرات

هناك حاجة ماسة إلى بناء القدرات في مجال بحوث التنوع البيولوجي في أعماق البحار وحفظه، وفي مجال تحديد وتقييم الرواسب المعدنية البحرية، ولا سيما في الدول النامية. وإن تقنيات وتكنولوجيا الاستكشاف المتعلقة بقشور المنغنيز الحديدي الغنية بالكوبالت متخلفة كثيرا عن تلك المتعلقة بالمترسبات الكبريتيدية الضخمة والعقيدات المتعددة الفلزات.

وثمة عنصر رئيسي آخر يلزم الآن للتعدين البحري، وهو توسيع نطاق جمع بيانات الأساس، ولا سيما فيما يتعلق بتوصيف النظم الإيكولوجية ومكوناتها، إضافة إلى الاختلافات الطبيعية للأساس البيئي، بما في ذلك فيما يتعلق بالجرف القاري في المياه الضحلة، وأعماق البحار.

وأخيرا، هناك أيضا حاجة واضحة إلى تنمية شفافة وشاملة للقدرات التنظيمية من أجل تجنب الآثار على النظم الإيكولوجية، والحد منها، والتخفيف من حدتها، وإلى رصد إلكتروني لآثار التعدين على المدى الطويل.

وفي عام 2019، قدمت المجموعة الأفريقية إلى السلطة الدولية لقاع البحار وثيقة بشأن برامج التدريب للبلدان النامية، شددت فيها على بناء القدرات والاحتياجات الإنمائية[18]. وفي تقرير تقييمي صدر مؤخرا بشأن استعراض برامج ومبادرات بناء القدرات التي نفذتها السلطة[19]، عرضت أمانة السلطة بالتفصيل عملها فيما يتعلق ببناء القدرات. وقد درست الأمانة في ذلك التقرير المواضيع الأساسية لبناء القدرات التي نفذتها السلطة

[18] انظر الوثيقة ISBA/25/A/8.
[19] متاح على الرابط التالي: www.isa.org.jm/files/2020-02/assessment.pdf.

حتى الآن، وهي برنامج التدريب الذي يقدمه المتعاقدون، وصندوق الهبات للبحوث العلمية البحرية في المنطقة، وبرنامج التدريب الداخلي. وكان ذلك التقرير، إلى جانب تقارير أخرى، موضوع حلقة العمل الدولية المعنية بتنمية القدرات وبالموارد وتقييم الاحتياجات، التي عقدت في كينغستون في الفترة من 10 إلى 12 شباط/فبراير 2020. وثمة ملخص لحلقة العمل متاح على الموقع الشبكي للسلطة[20].

وثمة شراكات استراتيجية بين الأمم المتحدة والمؤسسات الإقليمية تركز على إنشاء منابر لتعزيز التعاون الدولي في برامج بناء القدرات، وهي تعالج بعض المسائل الخاصة التي تواجهها البلدان النامية، وتساعد على إيجاد أرضية مشتركة لتحسين الإجراءات. وفي إطار السلطة الدولية لقاع البحار، يُعترف بالحاجة إلى توسيع الفرص المتاحة للدول النامية للمشاركة في الأنشطة في المنطقة[21]. وفي حين أن برامج تدريب موظفي السلطة الدولية لقاع البحار والدول النامية لا تزال التزاما تعاقديا للكيانات التي أبرمت عقودا مع السلطة في مجال الاستكشاف، فإن رصد الآثار الإيجابية والفرص الجديدة التي قد تكون تلك البرامج قد أوجدتها لتلك البلدان يمثل تحديا.

المراجع

Ardron, Jeff A., and others (2018). Incorporating transparency into the governance of deep-seabed mining in the Area beyond national jurisdiction. *Marine Policy*, vol. 89, pp. 58–66.

Banerji, A. (2019). India plans deep dive for seabed minerals. *Marine Technology Magazine*, 2019.

Beaulieu, S.E. (2015). *InterRidge Global database of Active Submarine Hydrothermal Vent Fields*. Prepared for InterRidge, Version 3.3, kml file produced 16 September 2015. Available at http://vents-data.interridge.org.

Boschen, Rachel E., and others (2016). Seafloor massive sulfide deposits support unique megafaunal assemblages: implications for seabed mining and conservation. *Marine Environmental Research*, vol. 115, pp. 78–88.

Dunn, D.C., and others (2017). Adjacency: How legal precedent, ecological connectivity, and Traditional Knowledge inform our understanding of proximity. https://nereusprogram.org/wp-content/uploads/2018/09/BBNJ-Policy-brief-adjacency_v5.pdf.

Drazen J.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 5, e33527. https://doi.org/10.3897/rio.5.e33527

Ellis, J., and others (2017). Environmental management frameworks for offshore mining: the New Zealand approach. *Marine Policy*, vol. 85, pp. 178–192.

Gavriletea, Marius Dan (2017). Environmental impacts of sand exploitation. Analysis of sand market. *Sustainability*, vol. 9, No. 7, art. 1118.

German, Christopher R., and others (2016). Hydrothermal exploration of mid-ocean ridges: where might the largest sulfide deposits be forming? *Chemical Geology*, vol. 420, pp. 114–126.

Gollner, Sabine, and others (2017). Resilience of benthic deep-sea fauna to mining activities. *Marine Environmental Research*, vol. 129, pp. 76–101.

Gonçalves, D.S., and others (2014). Morphodynamic evolution of a sand extraction excavation offshore Vale do Lobo, Algarve, Portugal. *Coastal Engineering*, vol. 88, pp. 75–87.

[20] متاح على الرابط التالي: www.isa.org.jm/files/2020-02/outcomessummary_0.pdf.

[21] انظر الوثيقة ISBA/24/A/10.

Graedel, Thomas E., and others (2015). On the materials basis of modern society. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, No. 20, pp. 6295–6300.

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.

Hein, James R., and others (2015). Critical metals in manganese nodules from the Cook Islands EEZ, abundances and distributions. *Ore Geology Reviews*, vol. 68, pp. 97–116.

Hein, James R., and others (2017). Arctic deep water ferromanganese-oxide deposits reflect the unique characteristics of the Arctic Ocean. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 18, No. 11, pp. 3771–3800.

Hein, James R., and others (2009). Seamount characteristics and mine-site model applied to exploration- and mining-lease-block selection for cobalt-rich ferromanganese crusts. *Marine Georesources and Geotechnology*, vol. 27, No. 2, pp. 160–176.

Hein, James R., and others (2005). Marine mineral resources of Pacific Islands-a review of the Exclusive Economic Zones of islands of US affiliation, excluding the State of Hawaii.

Hoagland, Porter, and others (2010). Deep-sea mining of seafloor massive sulfides. *Marine Policy*, vol. 34, No. 3, pp. 728–732.

Hunter, Julie, and others (2018). Broadening common heritage: Addressing gaps in the deep sea mining regulatory regime. *Harvard Environmental Law Review*, vol. 16. https://harvardelr.com/2018/04/16/broadening-common-heritage.

International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2018). *Interim Report of the Working Group on the Effects of Extraction of Marine Sediments on the Marine Ecosystem (WGEXT), 16–19 April 2018, Copenhagen, Denmark.* ICES CM 2018/HAPISG:05.

_____(2019). *Working Group on the Effects of Extraction of Marine Sediments on the Marine Ecosystem (WGEXT)*. ICES Scientific Reports, vol. 1, No. 87. http://doi.org/10.17895/ices.pub.5733.

International Resource Panel (2020). Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing extractive industries towards sustainable development. Ayuk, E.T., and others, A Report by the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi.

Jamieson, John W., and others (2017). Seafloor Massive Sulfide Resources. In *Encyclopedia of Maritime and Offshore Engineering*, pp. 1–10. American Cancer Society. https://doi.org/10.1002/9781118476406.emoe579.

Jones, Daniel O.B., and others (2017). Biological responses to disturbance from simulated deep-sea polymetallic nodule mining. *PLoS One*, vol. 12, No. 2, e0171750.

Jones, Daniel O.B., and others (2019). Existing environmental management approaches relevant to deep-sea mining. *Marine Policy*, vol. 103, pp. 172–181.

Kaikkonen, Laura, and others (2018). Assessing the impacts of seabed mineral extraction in the deep sea and coastal marine environments: current methods and recommendations for environmental risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 135, pp. 1183–1197.

Kamilli, Robert J., and others (2017). Tin. Report 1802S. Professional Paper. Reston, United States. USGS Publications Warehouse. https://doi.org/10.3133/pp1802S.

Kim, Junbeum, and others (2015). Critical and precious materials consumption and requirement in wind energy system in the EU 27. *Applied Energy*, vol. 139, pp. 327–34. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.11.003.

Koschinsky, Andrea, and others (2018). Deep-sea mining: Interdisciplinary research on potential environmental, legal, economic, and societal implications. *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 14, No. 6, pp. 672–691.

Kuhn, Thomas, and others (2017). Composition, formation, and occurrence of polymetallic nodules. In *Deep-Sea Mining*, pp. 23–63. Springer.

Lodge, Michael W., and others (2019). Environmental Policy for Deep Seabed Mining. In *Environmental Issues of Deep-Sea Mining*, pp. 347–379. Springer.

Madureira, Pedro, and others (2016). Exploration of polymetallic nodules in the Area: Reporting practices, data management and transparency. *Marine Policy*, vol. 70, pp. 101–107.

Managing Impacts of Deep-Sea Resource Exploitation (2016). www.eu-midas.net.

McLellan, Benjamin C., and others (2016). Critical minerals and energy–impacts and limitations of moving to unconventional resources. *Resources*, vol. 5, No. 2. https://doi.org/10.3390/resources5020019.

Miller, K.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. http://doi.org/10.3389/fmars.2017.00418.

Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan (2017). www.meti.go.jp/english/index.html.

Owen, John R., and Deanna Kemp (2013). Social licence and mining: A critical perspective. *Resources Policy*, vol. 38, No. 1, pp. 29–35.

Parsons, Richard, and Kieren Moffat (2014). Constructing the meaning of social licence. *Social Epistemology*, vol. 28, Nos. 3–4, pp. 340–363.

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.

Qin, Ya-Chao, and others (2014). Offshore aggregates resources on the northern continental shelf of the East China Sea. *Resource Geology*, vol. 65, No. 1, pp. 39–46. https://doi.org/10.1111/rge.12052

Ramirez-Llodra, Eva, and others (2011). Man and the Last Great Wilderness: Human Impact on the Deep Sea. *PLOS ONE*, vol. 6, No. 8, pp. 1–25. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022588.

Roche, Charles, and Sara Bice (2013). Anticipating social and community impacts of deep sea mining. *Deep Sea Minerals and the Green Economy, Secretariat of the Pacific Community, Suva*, pp. 59–80.

Rowden, Ashley A., and others (2010). A test of the seamount oasis hypothesis: seamounts support higher epibenthic megafaunal biomass than adjacent slopes. *Marine Ecology*, vol. 31, pp. 95–106.

Sharma, Rahul, and Samantha Smith (2019). Deep-sea mining and the environment: an introduction. In *Environmental Issues of Deep-Sea Mining*, pp. 3–22. Springer.

Simon-Lledó, Erik, and others (2019a). Biological effects 26 years after simulated deep-sea mining. *Scientific Reports*, vol. 9, art. 8040. https://doi.org/10.1038/s41598-019-44492-w.

Simon-Lledó, Erik, and others (2019b). Ecology of a polymetallic nodule occurrence gradient: Implications for deep-sea mining. *Limnology and Oceanography*, vol. 64, No. 5, pp. 1883–94. https://doi.org/10.1002/lno.11157.

Thornborough, K.J., and others (2019). Towards an ecosystem approach to environmental impact assessment for deep-sea mining. In *Environmental Issues of Deep-Sea Mining*, pp. 63–94. Springer, Cham.

Thurber, Andrew R., and others (2014). Ecosystem function and services provided by the deep sea. *Biogeosciences*, vol. 11, No. 14, pp. 3941–3963.

Torres, Aurora, and others (2017). A looming tragedy of the sand commons. *Science*, vol. 357, No. 6355, pp. 970–971.

Union européenne des producteurs de granulats (2018). *A Sustainable Industry for a Sustainable Europe Annual Review 2017–2018*. Brussels: European Aggregates Association.

United Nations (2017a). *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 States Geological Survey (USGS) (2019). *Mineral Commodity Summaries 2019*. United States Geological Survey.

Van Dover, Cindy Lee, and others (2018). Scientific rationale and international obligations for protection of active hydrothermal vent ecosystems from deep-sea mining. *Marine Policy*, vol. 90, pp. 20–28.

Van Dover, Cindy Lee, and others (2019). Inactive Sulfide Ecosystems in the Deep Sea: A Review. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 461. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00461.

Vanreusel, Ann, and others (2016). Threatened by mining, polymetallic nodules are required to preserve abyssal epifauna. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 26808.

World Bank (2017a). The growing role of minerals and metals for a low carbon future. World Bank Publications, Washington, D.C. http://documents.worldbank.org/curated/en/207371500386458722/pdf/ 117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMiningJuly.pdf.

_____(2017b). Precautionary management of deep sea minerals. World Bank Publications, Washington, D.C. http://documents1.worldbank.org/curated/en/349631503675168052/pdf/119106-WP- PUBLIC-114p-PPDSMbackgroundfinal.pdf.

Zweibel, Ken (2010). The impact of tellurium supply on cadmium telluride photovoltaics. *Science*, vol. 328, No. 5979, pp. 699–701. https://doi.org/10.1126/science.1189690.

الفصل 19

التغيرات في مجال التنقيب عن المواد الهيدروكربونية واستخراجها

المساهمون: أمرديب دانجو (منظم الاجتماعات)، وأرسونينا بيرا، وكاكو يبو سيرافيم، وألان سيمكوك (عضو رئيسي مشارك)، وجوشوا ت. توهومواير (عضو رئيسي).

النقاط الرئيسية

- منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017b)، يواصل قطاع النفط والغاز في البحر توسعه على الصعيد العالمي، لا سيما في المياه العميقة والعميقة جدا. وتشمل العوامل الرئيسية لهذا التوسع استخدام المنصات ذات قوائم الشد، والمنصات ذات الصواري، والنظم العائمة للإنتاج والتخزين والتفريغ.
- في العقد القادم، يمكن للمناطق الحدودية مثل شرق البحر الأبيض المتوسط، والساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية (البرازيل وغيانا)، والساحل الغربي لأفريقيا، أن تشكل أهم العوامل المحركة للنمو في التنقيب عن النفط والغاز وإنتاجهما في عرض البحر.
- يشهد نشاط سحب المنصات من الخدمة اتجاها تصاعديا، ولا سيما في المناطق الناضجة، مثل بحر الشمال وخليج المكسيك.
- لا تزال ممارسات التنقيب والإنتاج تتطور في اتجاه تقليل الآثار المحتملة على البيئة المحيطة إلى أدنى حد ممكن.
- يقتضي إنشاء قدرة تنظيمية لإدارة الموارد البحرية بفعالية، ولا سيما في المناطق الحدودية، التزاما كبيرا واستثمارات مؤسسية طويلة الأجل.
- يفيد كل من الابتكار التكنولوجي في قطاع إنتاج النفط والغاز في البحر والقدرة الصناعية المتطورة التي بناها القطاع على مدى عقود من الزمن في نشوء صناعة الطاقة البحرية المتجددة.
- يتمثل أحد العوامل الرئيسية المحفزة لقطاع الموارد الهيدروكربونية البحرية منذ التقييم العالمي الأول للمحيطات في التقدم التكنولوجي المحرز في تحليل البيانات المتعلقة بالتنقيب عن هذه الموارد وإنتاجها في عرض البحر، من أجل تعزيز الكفاءات التشغيلية والمالية.

1 - مقدمة

1-1 - النطاق

وفّر الفصل 21 من التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017b) حالة الأساس لمجال الصناعات الهيدروكربونية البحرية، في إطار مناقشته لاتجاهات التنقيب والإنتاج، والجوانب الاجتماعية والاقتصادية، والتكنولوجيات الناشئة، والاتجاهات المستقبلية المحتملة. وشمل الفصل أيضا الآثار البيئية المرتبطة بأنشطة تنمية الموارد وإنتاجها، وسلط الضوء على الفجوات في القدرات اللازمة لتقييم الآثار.

ويتضمن هذا الفصل تقييما للحالة الراهنة لقطاع إنتاج المواد الهيدروكربونية في عرض البحر، ويعرض بعض مظاهر التقدم التي تحققت في هذا القطاع منذ التقييم الأول. ويصف الفصل الاتجاهات المتعلقة بالتنقيب والإنتاج وسحب المنصات من الخدمة، ويتضمن تقييما متعمقا للجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، بما فيها الآثار المحتملة، ويغطي الثغرات في بناء القدرات، لا سيما في الاقتصادات الناشئة، والدور الحاسم الذي تؤديه صناعة المواد الهيدروكربونية في عرض البحر في تيسير صناعة الطاقة البحرية المتجددة على الصعيد العالمي. ويتعلق محتوى الفصل أيضا بالفصول 6 دال و 8 و 9 و 20 و 21 و 26 من هذا التقييم.

ويتعلق هذا الفصل بخمسة من أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة[1] وهي: الهدف 8 (تعزيز النمو

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع)، والهدف 9 (إقامة بُنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع المستدام الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار)، والهدف 12 (ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة)، والهدف 13 (اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغيّر المناخ وآثاره؛ والهدف 14، (حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام).

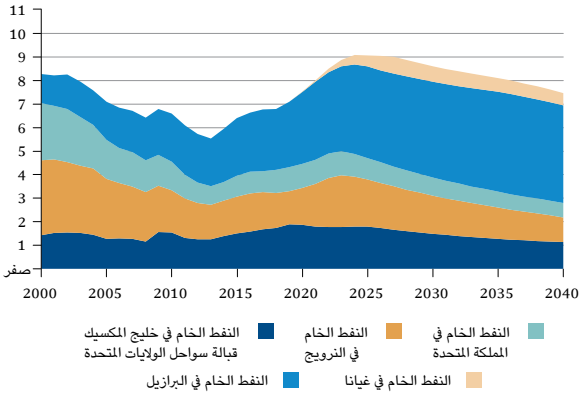
1-2 - لمحة عامة عن الاتجاهات العالمية السائدة فيما يتعلق بالموارد الهيدروكربونية البحرية وإنتاجها

نما الإنتاج العالمي للنفط الخام باطراد وتجاوز 100 مليون برميل يوميا في عام 2018، في حين زاد إنتاج الغاز الطبيعي بوتيرة أسرع ليصل إلى 113,7 بليون مليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2016 (International Energy Agency, 2019).[2] ولا يزال إنتاج النفط والغاز على اليابسة يشكل الحصة الأكبر، غير أن إنتاج النفط في عرض البحر، الذي استقر عند حوالي 27 مليون برميل يوميا على مدى عقد من الزمن، يظهر اتجاها تصاعديا (Clemente, 2018). وفي الوقت نفسه، نما إنتاج الغاز الطبيعي في عرض البحر باطراد في العقد الماضي بمقدار 35 بليون مليون وحدة حرارية بريطانية، بفضل المكاسب الإنتاجية التي تحققت قبالة ساحل البرازيل وأستراليا وفي شرق البحر الأبيض المتوسط، والمكاسب الأكثر أهمية التي تحققت في الخليج الفارسي، بفضل تنمية حقل الشمال الضخم قبالة ساحل قطر (Davis, 2018). ومن المتوقع أن يزداد إنتاج الغاز الطبيعي اعتمادا على الأنشطة التي تُنفَّذ في المياه الضحلة في المقام الأول، في حين ستعتمد زيادة إنتاج النفط بدرجة كبيرة على الحفر في المناطق ذات المياه العميقة والعميقة جدا.

ويتم إنتاج النفط في عرض البحر في أكثر من 50 بلدا، وأكبر البلدان المنتجة هي المملكة العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل والمكسيك والنرويج. وفي الفترة الأخيرة، اكتُشِفَت موارد كبيرة لم يسبق استغلالها قبالة الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية. ووفقا لمنظمة البلدان المصدرة للنفط[3]، فإنتاج النفط في عرض البحر قبالة البرازيل وغيانا سيُعوِّض انخفاض الإنتاج في مناطق أخرى، وإن كان الإنتاج في المنطقة الاقتصادية الخالصة للولايات المتحدة في خليج المكسيك، التي هي أقدم منطقة بحرية منتجة للنفط والغاز، قد يحافظ على مستواه بفضل الموارد المكتشفة في المياه العميقة والعميقة جدا (OPEC, 2019)[4].

الشكل 1

الإنتاج السابق والمتوقع للنفط الخام في مناطق إنتاج بحرية مختارة



المصدر: منظمة البلدان المصدرة للنفط (2019).

1-3 - التقدم المحرز في مجال المعارف والقدرات

لا تزال عمليات التنقيب والتنمية الجديدة التي تجري في عرض البحر تشكل مصدرا رئيسيا لزيادة الإنتاج العالمي من النفط والغاز. وقد شجع التقدم التكنولوجي

[2] حُوِّلت هذه الكمية إلى 5,3 مليون برميل من مكافئ النفط يوميا.

[3] الدول الأعضاء في منظمة البلدان المصدرة للنفط في عام 2020 هي: الإمارات العربية المتحدة، وأنغولا، وإيران (جمهورية – الإسلامية)، والجزائر، والعراق، وغابون، وغينيا الاستوائية، وفنزويلا (جمهورية – البوليفارية)، والكونغو، والكويت، وليبيا، والمملكة العربية السعودية، ونيجيريا.

[4] من المفهوم عموما أن المياه الضحلة لا يمتد عمقها ع إلى أكثر من 300 متر، ويتراوح عمق المياه العميقة بين 300 و 1 500 متر، أما المياه التي يزيد عمقها عن 1 500 متر فتعتبر مياه عميقة جدا.

في العقد الماضي على التنقيب في المياه العميقة والعميقة جدا على مسافات أكثر بعدا عن الشاطئ، ومكّن من اكتشاف احتياطيات كبيرة جديدة. فقد زادت الأعماق التي تصل إليها قدرات التنقيب في عرض البحر من حوالي 050 3 مترا إلى أكثر من 350 3 مترا بين عامي 2010 و 2018، في حين ارتفعت القدرة على الإنتاج باستخدام المنصات العائمة من 438 2 مترا في عام 2010 إلى ما يقرب من 900 2 متر في عام 2018 (Barton and others, 2019). وقد مكّن هذا التقدم التكنولوجي جزئيا من امتداد قطاع استخراج النفط والغاز في عرض البحر إلى مناطق جديدة، منها شرق البحر الأبيض المتوسط، ومناطق قبالة ساحل غيانا.

وتحقق أيضا تقدم في فهم الآثار البيئية والاجتماعية المحتملة لأنشطة التنقيب والإنتاج على البيئة المحيطة وفي وضع نُهُج جديدة للتخفيف من آثارها. فعلى سبيل المثال، أنشأت المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية سجلا للضوضاء البحرية من أجل تسجيل الأنشطة البشرية التي تنتج ضوضاء نبضية عالية (10 هرتز – 10 كيلوهرتز) في البحار المحيطة بإقليمها[5]. وتهدف هذه المبادرة إلى توفير بيانات الأساس والتحديد الكمي للضغط الواقع على البيئة من الأنشطة البشرية المنشأ المرتبطة بالتنقيب عن الموارد الهيدروكربونية وتنميتها، بما فيها المسوح السيزمية، ورسم صورة تحليلية لباطن القاع، ودق الأوتاد. كذلك، فإن مشروع سيربنت SERPENT، الذي يمثل اسمه بالإنكليزية اختصارا لعبارة "الشراكة العلمية والبيئية في مجال المركبات التي تُشغَّل عن بعد باستخدام التكنولوجيا الصناعية المتاحة"، يعد مثالا على التعاون الدولي بين الأوساط العلمية، وجهات التنظيم البيئي، وصناعة النفط والغاز من أجل جمع وتوفير بيانات الأساس الخاصة بالنظم البيئية المحيطة بمنشآت النفط والغاز البحرية باستخدام أحدث المركبات التي تُشغَّل عن بعد والتي يمكنها العمل في المحيطات العميقة (SERPENT Project, 2020).

وفي الآونة الأخيرة، ساهمت صناعة النفط والغاز البحرية في قطاع توليد الطاقة البحرية المتجددة من خلال توفير الخبرة لمشاريع إنشاء محطات لتوليد الطاقة من الرياح في عرض البحر بكميات كبيرة تغذي الشبكة، وصيانة هذه المرافق وسحبها من الخدمة. فمفاهيم الهندسة التصميمية والإنشائية لتربينات الرياح العائمة، التي يمكنها أن تُوسِّع بشكل كبير من نطاق تنمية موارد الطاقة الريحية في المياه الأكثر عمقا التي ترتبط بتوافر مستويات أعلى من هذا الموارد، تتأثر إلى حد كبير بمنشآت التنقيب عن النفط والغاز في المياه العميقة (International Renewable Energy Agency, 2016).

2 - التنقيب عن الموارد الهيدروكربونية وإنتاجها في عرض البحر وسحب منصاتها من الخدمة

2-1 - تكنولوجيات المسح والتنقيب المستخدمة في البحث عن الموارد الهيدروكربونية في البحر

تحدد تقنيات المسح والتنقيب المستخدمة في البحث عن النفط والغاز مواقع الموارد الهيدروكربونية المتراكمة تحت التكوينات الصخرية الصمّاء. فالتقييم الأولي باستخدام المسوح السيزمية يُقيِّم موقع التكوينات الجيولوجية الغنية بالموارد الهيدروكربونية (أي مجموعة الصخور المحتوية على النفط والغاز) التي تشترك في تاريخ واحد من حيث تَوَلُّد هذه الموارد وانتقالها وانحباسها في الصخور (Maloney, 2018؛

[5] انظر Joint Nature Conservation Committee, Marine Noise Registry Service، على الرابط التالي: https://mnr.jncc.gov.uk/.

Bureau of Ocean Energy Management, 2017). ويمهد هذا التقييم الطريق لإجراء مسوح جيولوجية وجيوفيزيائية من أجل الحصول على بيانات منقحة عن التكوينات الجيولوجية المحتوية على الموارد. وتوفر هذه المسوح أيضا تقييما للموارد المعدنية البحرية، والموارد الأثرية والقاعية، ولأي هياكل اصطناعية مدفونة ومهجورة في قاع المحيطات.

وتستخدم المسوح السيزمية البحرية سفنا متخصصة مجهزة بمزيج من المدافع الهوائية ومصادر صوتية أخرى. وتشمل المعدات أيضا مسماعات مائية مربوطة بمجموعة كابلات (شرائط طولية) مجرورة خلف السفينة. وتنتج المصادر الصوتية نبضة سيزمية تُوجَّه نحو قاع المحيط فترتد لتعكس الحدود الفاصلة بين مختلف طبقات الصخور. ثم تُسجَّل النبضة المنعكسة بواسطة مسماعات مائية ويُحتفَظ بها لإخضاعها للتحليل.

ويحدث حاليا تحول في تقدير الموارد بفضل التقدم الذي تحقق مؤخرا في مجال الحوسبة الفائقة وتكنولوجيا الانعكاس الكامل للشكل الموجي. فالانعكاس الكامل للشكل الموجي، الذي هو نوع جديد من تقنيات المعالجة التي تُطبَّق على البيانات السيزمية الموجودة باستخدام أجهزة كمبيوتر فائقة، ينتج نموذجا للطبقات الصخرية تحت السطحية بدقة تفصيلية عالية (Stratas Advisors, 2019). وبالمثل، يوفر التقدم في تكنولوجيا المسح السيزمي الرباعي الأبعاد، بالاقتران مع قوة الحوسبة الفائقة، إطلالات ثاقبة جديدة على خصائص خزانات الموارد الهيدروكربونية، مما يوفر قدرا أكبر من اليقين للجهات التي يحتمل أن تتولى تنمية هذه الموارد.

2-2 - التغيرات التكنولوجية في مجالي الحفر والإنتاج، بما فيها التكنولوجيات الناشئة

لا يزال الحفر والإنتاج في عرض البحر يستفيدان من التقدم التكنولوجي الكبير. فالتقنيات المتطورة تتيح الآن حفر آبار متعددة من منصة حفر واحدة، أما التقدم في الرصد الآني لحُفَر الآبار الاستكشافية باستخدام كابلات الألياف البصرية، فهو يحُسِّن حاليا من أداء الخزانات إلى أقصى حد ويخفف من مخاطر تَعطُّل المعدات (Beaubouef, 2019). كذلك، يعزز استخدام أدوات التحليل التنبؤي والذكاء الاصطناعي تحليلَ البيانات للكشف عن تعطل المعدات ويُحسِّن الكفاءة التشغيلية (Husseini, 2018).

ويتيح استخدامُ سفن الإنتاج والتخزين والتفريغ العائمة الحفرَ في المناطق البحرية الأكثر بعدا عن الشاطئ التي لا يمكن ربطها بسهولة بشبكة خطوط أنابيب تنقل النفط والغاز إلى الشاطئ. كما مهَّد استخدام هذه السفن الطريق للتنقيب عن الموارد وتنميتها في بيئات غير مؤاتية لم يكن من الممكن الوصول إليها من قبل، ولا سيما في خطوط العرض الأكثر بعدا عن خط الاستواء وفي المنطقة القطبية الشمالية. وهذه السفن مجهزة لتخزين المواد الهيدروكربونية على متنها ونقل حمولتها بشكل دوري إلى ناقلات تحملها إلى الشاطئ. ويمكن لهذه السفن أيضا أن تنفصل عن مراسيها في الأحوال الجوية السيئة، مثل الزوابع والأعاصير. وعند استنفاد الخزانات، يمكن إعادة نشر هذه السفن إلى مواقع محتملة جديدة. وتشهد السوق العالمية لهذه السفن حاليا زخما ناشئا عن توجيه استثمارات كبيرة للتنقيب عن الموارد وتنميتها في المياه العميقة في مناطق مثل ساحل البرازيل (Rystad Energy, 2019). وفي الوقت نفسه، يشهد تصميم هذه السفن تطورا في اتجاه تعزيز السلامة وتقليل التعقيد إلى أدنى حد وخفض تكاليف التصنيع والتشغيل (Barton, 2018).

وقد مكَّن هذا التقدم التكنولوجي من التنقيب والإنتاج في أعماق غير مسبوقة وعلى مسافات غير مسبوقة من الشواطئ. ففي آذار/مارس 2019، كان الرقم القياسي لعمق الآبار الاستكشافية في المياه العميقة جدا هو 400 3 متر، قبالة ساحل أوروغواي، وكان الرقم القياسي لعمق منصات الإنتاج التشغيلية 896 2 مترا، في خليج المكسيك (Barton and others, 2019).

2-3 - التقنيات المستخدمة في سحب المنصات من الخدمة والاتجاهات السائدة في هذا المجال

تختلف القواعد التي تنظم سحب المنصات من الخدمة من بلد لآخر، غير أن جهات التنظيم أصبحت تشترط أكثر فأكثر إزالة جميع هياكل الحفر والإنتاج تماما من البيئة البحرية. فاتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي (أوسبار) لعام 1992[6] تشترط إزالة المنشآت البحرية التي خرجت من الخدمة، ما لم يُمنَح إعفاء يجيز ترك هذه المنشآت بأكملها أو أجزاء منها في مكانها (OSPAR Commission, 1992). وبالمثل، فإن اتفاقية حماية البيئة البحرية والمنطقة الساحلية للبحر الأبيض المتوسط[7] لعام 1995 توفر الإطار المنظِّم للسحب من الخدمة في منطقة البحر الأبيض المتوسط، وتقضي بإزالة جميع المنشآت التي أصبحت مهجورة أو التي خرجت من الخدمة. واعتمدت مناطق أخرى أطرا تنظيمية مماثلة تستند إلى اتفاقيات إقليمية، مثل البروتوكول المتعلق بالتلوث البحري الناجم عن استكشاف الجرف القاري واستغلاله، في إطار المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية في الشرق الأوسط (ROPME, 198) أو تستند، في غياب أي اتفاقية إقليمية، إلى المبادئ التوجيهية والمعايير المتعلقة بإزالة المنشآت والتركيبات البحرية المقامة على الجرف القاري وفي المنطقة الاقتصادية الخالصة للمنظمة البحرية الدولية (IMO, 1989) التي تستند إلى الفقرة 3 من المادة 60 من اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[8]. وتتباين القواعد التنظيمية المطبقة على خطوط الأنابيب. ففي حين تشترط بعض مناطق الاختصاص إزالتها تماما، تتناول مناطق اختصاص أخرى كل حالة على حدة، على حسب المخاطر التي تهدد الصيد والملاحة International Association of Oil & Gas) Producers, 2017). واتفاقية منع تلوث البحار الناجم عن رمي النفايات ومواد أخرى فيها لعام 1972 هي المعاهدة الدولية الرئيسية التي تحمي البيئة البحرية من جميع مصادر التلوث، بما في ذلك إلقاء التركيبات والنفايات. واعتُمد في عام 1996 بروتوكول لتلك الاتفاقية من أجل حظر ترك التركيبات الاصطناعية في البحر (بغرض التخلص منها عمدا)، بما في ذلك تغطيس منصات النفط والغاز بقلبها في مواقعها (IMO, 2020).

وعادة ما ينطوي السحب من الخدمة على سد البئر المهجورة، وإعداد المنصة للإزالة عن طريق غسلها وتنظيفها من أي مواد هيدروكربونية متبقية، وقطع الأنابيب والكابلات التي تربط بين الوحدات المكونة لسطحها، واستخدام معدات مثل صنادل ورافعات أبراج الرفع لتفكيك النصف العلوي للمنصة ونقله إلى الشاطئ للتصرف فيه. وتشمل العملية أيضا إزالة الشدّة المعدنية للمنصة أو هيكل الدعامات المعدنية باستخدام معدات رفع الأحمال الثقيلة، وهي عملية تستغرق وقتا طويلا ومكلفة. ومتى وصل الهيكل إلى اليابسة، يُفكك للتخلص منه أو يباع كخردة.

ويتركز نشاط سحب المنصات البحرية من الخدمة بدرجة كبيرة في بحر الشمال، وخليج المكسيك التابع للولايات المتحدة، وأجزاء من منطقة آسيا والمحيط الهادئ. وقد أدى نضوب حقول النفط القديمة في بحر الشمال بشكل مطرد إلى اشتداد الطلب على سحب المنصات من الخدمة، الذي يُتوقَّع أن يتكلف 32 بليون دولار بين عامي 2018 و 2022 (Wood Mackenzie, 2017). وفي المنطقة الاقتصادية الخالصة للولايات المتحدة في خليج المكسيك، يركز السحب من الخدمة على المنصات الموجودة في المياه الضحلة، مع انتقال أنشطة الحفر والإنتاج إلى المياه العميقة والعميقة جدا.

[6] United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No. 42279. والأطراف المتعاقدة في الاتفاقية هي الاتحاد الأوروبي وإسبانيا، وألمانيا، وأيرلندا، وآيسلندا، والبرتغال، وبلجيكا، والدانمرك، والسويد، وسويسرا، وفرنسا، وفنلندا، ولكسمبرغ، والمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية، والنرويج، وهولندا.

[7] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1102, No. 16908.

[8] المرجع نفسه، المجلد 1046، الرقم 15749.

والمنصات الموجودة في عرض البحر تساهم في البيئة البحرية بتركيبات صلبة فتوفر، في سياق ذلك، مصادر غذائية وموائل مادية معقدة لمجموعة متنوعة من الكائنات الحية. فالدراسات تشير إلى ارتفاع مستويات الإنتاجية الأحيائية والسمكية في المناطق المحيطة بالمنصات مقارنةً بالشعاب المرجانية الطبيعية الموجودة في أعماق مماثلة (Shinn, 1974; Claisse and others, 2015). ومن منطلق الوعي بالقيمة الإيكولوجية لهذه التركيبات، تبحث بلدان، مثل بروناي دار السلام وماليزيا، إمكانية تحويل المنصات العتيقة إلى شعاب مرجانية اصطناعية بدلا من إزالتها تماما والتصرف فيها على اليابسة، في عملية تُعرف باسم برامج "تحويل منصات الحفر إلى شعاب") (Bull and Love, 2019). وتجري عمليات التحويل هذه بالفعل في الولايات المتحدة، حيث تُحوَّل المنصات العتيقة إلى شعاب على أساس كل حالة على حدة بالتشاور مع الولايات الساحلية. وفي نيسان/أبريل 2018، كانت 532 منصة من المنصات التي كانت مُركَّبة على الجزء الخارجي من الجرف القاري للولايات المتحدة قد حُوِّلَت إلى شعاب مرجانية في خليج المكسيك(Bureau of Safety and Environmental Enforcement, 2020).

ومن أجل تقييم خيارات سحب المنصات من الخدمة، تقترح ولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة وغيرها من مناطق الاختصاص استخدام تحليل صافي الفوائد البيئية كأداة تعين على اتخاذ قرار الاختيار بين تحويل المنصة إلى شعاب وإزالتها. وتحليل صافي الفوائد البيئية هو نهج تحليلي يستخدم في المقارنة بين الخيارات البديلة لأي إجراء مقترح، عن طريق إدراج قياسات بيئية غير نقدية، مثل خدمات النظم الإيكولوجية وقيمها (Efroymson and others, 2004). ومن المتصور أن تعتمد مناطق اختصاص أخرى هذا النهج أو نُهُجا مماثلة للنظر من منظور شمولي في آثار خيارات السحب من الخدمة على البيئة والنظم الإيكولوجية.

3 - الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتنقيب عن المواد الهيدروكربونية البحرية وإنتاجها وسحب منصاتها من الخدمة

3-1 - الآثار الاقتصادية والاجتماعية

يتسم التنقيب عن النفط والغاز وإنتاجهما في عرض البحر بالاستخدام الكثيف لرأس المال، حيث قدر الإنفاق الاستثماري العالمي السنوي عليه بمبلغ 155 بليون دولار في عام 2018، ويُتوقَّع أن تزيد الاستثمارات عن 200 بليون دولار في عام 2021 (Sandøy, 2018). وتتمثل المجالات الرئيسية للإنفاق الرأسمالي في التصميم الهندسي لتركيبات الحفر والإنتاج وشرائها وإنشائها ونصبها.

والقوة العاملة المتخصصة في قطاع إنتاج النفط والغاز في عرض البحر تُستمَّد بشكل كبير من مجموعة عالمية من الموهوبين ذوي المهارات الراقية. وقد برزت مدن مثل هيوستن، الولايات المتحدة، وأبردين، المملكة المتحدة، كمراكز محورية عالمية، لا تخدم الصناعة البحرية الإقليمية فقط ولكن توفر أيضا الخبرات والخدمات للمشاريع في مختلف أنحاء العالم. فقد أقامت هذه الصناعة روابط قوية مع المجتمعات المحلية، حيث تتيح فرصا مقدَّرة جدا للأعمال التجارية والعمالة، وغالبا ما يحدث ذلك بطريقة متضافرة مع الأنشطة التقليدية. فعلى سبيل المثال، في ولاية لويزيانا، بالولايات المتحدة، يستأجر صيادو الجمبري، خلال الموسم الذي يقل فيه نشاط الصيد، قوارب لممارسة أنشطة في إنتاج النفط والغاز في عرض البحر (Priest, 2016)، بينما يحصل بعض الصيادين على دخل إضافي من عملهم على منصات الإنتاج. ووفقا لمكتب إدارة السواحل في الإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي في الولايات المتحدة، ساهمت أنشطة إنتاج النفط والغاز في عرض البحر في اقتصاد الولايات المتحدة بنحو 80 بليون دولار في عام

2016 ووظَّفت بشكل مباشر ما يقرب من 130 000 عامل برواتب متوسطها 153 000 دولار سنويا، وهو ما يعادل قرابة ثلاثة أضعاف المتوسط الوطني للأجور (NOAA, 2018). ومع أخذ التوظيف المباشر وغير المباشر في الحسبان، يتجاوز عدد الوظائف التي تدعمها أنشطة النفط والغاز في الجزء الخارجي من الجرف القاري للولايات المتحدة 268 000 وظيفة (United States Department of Interior, 2018). وفي الوقت نفسه، لا تزال أنشطة النفط والغاز في عرض البحر مصدرا مهما للعمالة الماهرة في المملكة المتحدة، إذ دعمت حوالي 259 900 وظيفة في عام 2018، منها وظائف كثيرة وفرتها تلك الأنشطة بشكل غير مباشر ووظائف كثيرة شجعت على توفيرها (Oil & Gas UK (OGUK), 2019). كما تولِّد أنشطة النفط والغاز في عرض البحر في مناطق أخرى مستويات عالية من الناتج الاقتصادي وتُوظِّف عمالا بأجور مستوياتها تفوق المتوسط.

وبدأ إنتاج النفط والغاز في عرض البحر يدخل مرحلة النضج في العديد من المناطق، ولا سيما في بحر الشمال والمياه الضحلة في خليج المكسيك. ومع انخفاض الإنتاج واستنفاد خزانات النفط الرئيسية إلى مستوى لا يقبل الاستصلاح، تتوقع الصناعة إنفاق حوالي 100 بليون دولار على الصعيد العالمي في العقد المقبل على أنشطة السحب من الخدمة (OGUK, 2018). وينطوي هذا الاتجاه على إمكانية إيجاد فرص عمل كبيرة، بعضها يمكن أن يُعوِّض تناقص فرص العمل المتصلة بالتنقيب والإنتاج.

3-2 - الآثار البيئية

تطورت ممارسات التنقيب عن موارد النفط والغاز وتنميتها في عرض البحر تطورا كبيرا من حيث تقليل الآثار على البيئة المحيطة إلى أدنى حد ممكن، ولكن تحدث حتى الآن عمليات تصريف تشغيلية وعارضة وآثار بيئية أخرى. وتشتمل عمليات التصريف التشغيلية على المواد الكيميائية التي تنشأ نتيجة لأنشطة الحفر، والماء المُنتَج، وأوحال وفُتَات الحفر، فضلا عن كميات صغيرة من نفايات المنازل والصرف الصحي المعالجة. وتتمثل الآثار البيئية الكبيرة الأخرى التي يتكرر حدوثها في الضوضاء، واضطراب قاع البحر، وفقدان التنوع البيولوجي. وبالإضافة إلى ذلك، يساهم تركيب خطوط الأنابيب والهياكل الأساسية ذات الصلة أيضا في حدوث بعض عمليات التصريف في البيئة البحرية. ويمكن أن يجري سحب المنشآت من الخدمة بطريقة تُحدث آثارا بيئية أكثر حدة أو أقل حدة، تبعا للمنهجيات المتبعة في إزالة هذه المنشآت وتدابير المتابعة البيئية اللاحقة.

والماء المُنتَج هو مزيج من النفط والماء يخرج من التكوينات الجوفية التي تُجلَب إلى السطح خلال عملية الإنتاج. وتطرأ على نسبة الماء في ذلك المزيج، التي تكون صغيرة في البداية، زيادة بمرور الوقت، بينما تتناقص النسبة المئوية للمواد الهيدروكربونية (Clark and Veil, 2009). ويقدر المتوسط العالمي بثلاثة براميل من الماء المُنتَج لكل برميل من النفط (Khatib and Verbeek, 2002). وفي الوقت نفسه، يمكن في الآبار الأقدم عمرا أن تزيد النسبة عن 50 برميلا من الماء المُنتَج لكل برميل من النفط. ووفقا لدراسة أجرتها مؤسسة IFP Énergies Nouvelles، من المتوقع أن يتجاوز المستوى العالمي للماء المُنتَج 300 مليون برميل يوميا في عام 2020، بزيادة 20 في المائة عن مستويات عام 2008. ومن المتوقع أن ينبع معظم هذه الزيادة من إنتاج النفط والغاز في عرض البحر (IFP Énergies Novelles, 2011).

وتشمل خيارات التخلص من الماء المُنتَج حقنه في نفس التكوين الذي أُنتِج منه النفط، ومعالجة هذا الماء حتى يستوفي معيار جودة معين ثم إما يُصرَّف الماء المُعالَج في البيئة أو يُستخدَم في عمليات حقول النفط والغاز. وفي حين أن الماء المُنتَج المُعالَج على اليابسة يُحقَن معظمه في باطن الأرض، فإن الماء المُنتَج المُعالَج في عرض البحر يُصرَّف في البيئة البحرية. وغالبا ما تُنظَّم عمليات التصريف هذه من خلال القواعد التنظيمية المحلية أو الوطنية المتعلقة بجودة المياه، مثل القانون المتعلق بنظافة المياه في الولايات المتحدة. وتستثمر وزارة الطاقة الأمريكية حاليا 4,6 مليون دولار لتمويل مشاريع من شأنها أن ترتقي بتقنيات معالجة الماء المُنتَج

(Department of Energy, 2019). وعلى الرغم من أن المشاريع الممولة تركز على الحفر على اليابسة، فإن العديد من مظاهر التقدم ستكون ذات مغزى لإنتاج النفط والغاز في عرض البحر.

وانبعاث الملوثات الخاضعة للمعايير التنظيمية، سواء أكانت تلك الملوثات متعلقة بمصادر نابعة من المنصات أم بمصادر غير نابعة منها، يمكن أن يؤثر على جودة الهواء في المناطق المجاورة لمنصات الحفر والإنتاج. وتتمثل المصادر النابعة من المنصات في الانبعاثات التي تنتجها المعدات الموجودة على متن السفن، مثل الغلايات، والمحركات والمضخات الهوائية اللتين تعملان بالغاز الطبيعي، في حين تتعلق المصادر غير النابعة من المنصات بالانبعاثات التي تنتجها عملياتُ مد الأنابيب، والسفنُ وطائرات الهليكوبتر المستخدمة في الدعم والمسح. وبالإضافة إلى ذلك، تتأثر جودة الهواء بحرق الغاز غير المرغوب فيه أو الزائد عن الحاجة المتولد من منصات الإنتاج في مواقع مفتوحة. فوفقا للبنك الدولي، حُرِق حوالي 145 بليون متر مكعب من الغاز المتصل بإنتاج النفط في العالم في عام 2018، وهو ما يعادل إجمالي الاستهلاك السنوي للغاز في أمريكا الوسطى والجنوبية (World Bank, 2019a). وتهدف المبادرات المتعددة الأطراف، مثل الشراكة العالمية بين القطاعين العام والخاص للحد من حرق الغاز، التي يقودها البنك الدولي، إلى الحد بدرجة كبيرة من الحرق في مواقع الإنتاج. وتشجع الشراكة البحوث ذات الصلة، وتنشر أفضل الممارسات وتعمل مع شركات النفط الوطنية والحكومات الإقليمية والوطنية والمؤسسات الدولية لإزالة الحواجز التقنية التي تحول دون الحد من حرق الغاز (World Bank, 2019b).

وقد حدثت تحسينات كبيرة في التنبؤ بالتسرب النفطي، والاستجابة له، وفهم آثاره. وقد تحققت تحسينات في التنبؤ بهذا التسرب من خلال تحسين تصور مسار النفط ومصيره باستخدام مجموعات موسعة من أدوات النمذجة، مثل مجموعة الأدوات المعروفة باسم "بيئة النمذجة التشغيلية العامة"، التي تستخدمها الإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي في الولايات المتحدة (NOAA 2019). وبالمثل، فإن مشروع GRACE المتعلق بإجراءات الاستجابة المتكاملة للتسرب النفطي وآثاره البيئية) في الاتحاد الأوروبي يبحث حاليا في الآثار الخطيرة التي تترتب على التسرب النفطي والآثار البيئية التي تترتب على استخدام تكنولوجيات الاستجابة التسرب النفطي في الظروف المناخية الباردة، مثل تلك التي تسود في شمال المحيط الأطلسي (Jørgensen and others, 2019). وتحقق أيضا تقدم في استخدام السواتل وغيرها من التقنيات لمراقبة التسرب النفطي ورصده؛ وأساليب تقييم الآثار السامة للنفط المتسرب؛ وفهم آثاره على المرجانيات والثدييات البحرية والسلاحف البحرية من أجل إيجاد أفضل السبل لحماية الأحياء البرية والنظم الإيكولوجية البحرية المتأثرة بالنفط المتسرب وإنقاذها وإعادتها إلى حالتها الأصلية (NOAA 2020).

4 - الثغرات الرئيسية في المعارف ومجال بناء القدرات

4-1 - أهمية رصد الآثار البيئية التي تحدث على المدى الطويل والتخفيف منها

لقد خضعت الآثار التي تلحق بالبيئة البحرية على المدى القصير بسبب التنقيب عن موارد النفط والغاز وتنميتها لدراسة مستفيضة. غير أن فهم الآثار التي تحدث على المدى الطويل لم يكتمل بالقدر نفسه. ويعطي الرصد الطويل الأجل نظرة متعمقة قيّمة على الإيكولوجيا والتغيرات البيئية وإدارة الموارد الطبيعية (Lohner and Dixon, 2013). كما يوفر قياسا منهجيا للمؤشرات البيئية والاجتماعية والاقتصادية الرئيسية على مر الزمن لتصميم سياسات وتدابير تخفيف فعالة وتنفيذها، مع وضع خط أساس طبيعي لقياس

الاتجاهات على مر الزمن. ويمكن عندئذ استخدام خط الأساس هذا لتقييم التغيرات الناجمة عن أنشطة الحفر والإنتاج التي تجري. وعلى الرغم من أن إقامة برامج الرصد الطويل الأجل في بيئة المناطق البحرية يشكل تحديا خاصا، فإن صناعة النفط والغاز والجهات التنظيمية تشجع هذه البرامج من أجل تقييم التغيّرات ووضع استراتيجيات فعالة للتخفيف من آثارها. فعلى سبيل المثال، تسجل منظومتا المراصد اللتان رُكبتا قبالة ساحل أنغولا التغيرات التي تحدث على المدى الطويل في البيئة الفيزيائية والكيميائية والأحيائية بسبب تنمية موارد النفط والغاز (Vardaro and others, 2013). وبالمثل، يشكل برنامج الرصد الطويل الأجل للمحمية البحرية الوطنية المعروفة باسم "ضفاف حدائق الزهور" (Flower Garden Banks) في خليج المكسيك واحدا من أعرق البرامج الرامية إلى رصد صحة الشعاب المرجانية في المناطق المجاورة لمرافق إنتاج النفط والغاز التشغيلية (NOAA, 2018). وعلى نطاق عالمي، يستخدم مشروع SERPENT، المذكور أعلاه، تقنية فائقة التطور في الرصد الطويل الأجل لموائل الشعاب المرجانية والنظم الإيكولوجية الأخرى الموجودة في البحار العميقة. ويلزم إقامة المزيد من هذه البرامج لرصد الآثار البيئية الطويلة الأجل وضمان تنمية الموارد بطريقة مراعية للاعتبارات البيئية.

4-2 - الثغرات في مجال بناء القدرات، لا سيما في الاقتصادات الناشئة

يتسع حاليا نطاق التنقيب عن النفط والغاز وإنتاجهما في عرض البحر، ويصل أحيانا إلى مناطق ضئيلة الخبرة في إدارة الموارد. وتمثل إدارة الموارد في بيئة المناطق البحرية للمسؤولين عن إدارة موارد النفط والغاز تحديات فريدة في مراقبة الوصول إلى هذه الموارد وتشجيع تنميتها. وتتطلب الإدارة الفعالة، في جوهرها، تحديد حقوق الملكية لموارد النفط والغاز البحرية داخل المنطقة الاقتصادية الخالصة لأي بلد.

وتهدف النظم الوطنية لإدارة الموارد عموما إلى توضيح نطاق الولاية في عرض البحر، وحل النزاعات المتعلقة بالاستخدامات المتعددة، وتطبيق إطار تنظيمي للتنمية بالاقتران مع القوانين المتعلقة بحماية البيئة، ومنع التلوث، ومعايير الصحة والسلامة، والتعامل مع التسرب النفطي، وغير ذلك. وتنحو الأطر التنظيمية إلى نهج من اثنين (Dagg and others, 2011)، إما النهج التوجيهي الذي تُوجَّه فيه جهات التشغيل إلى ما يجب عليها أن تفعله؛ أو نهج الأداء أو النهج القائم على الأهداف، الذي تُحدد فيه الأهداف المقرر أن تحققها جهات التشغيل ولكن يسمح لها باختيار الكيفية التي تحقق بها تلك الأهداف.

ولكل من هذين النهجين فوائد وعيوب. فالأنظمة التوجيهية تتميز بالبساطة النسبية في تنفيذها وتتبعها، ولكنها قد تكبح الابتكار والحلول الإبداعية على حد سواء بسبب تركيزها على قواعد وأنظمة مُحددة تحديدا ضيقاً. ومن ناحية أخرى، يمكن للأنظمة القائمة على الأداء أن تخلق أعباء إدارية إضافية من حيث تتبع الأنظمة والتحقق من تحقيق الأهداف. وكثيرا ما يُدمج هذان النهجان لإنشاء نظام تنظيمي مختلط.

وعند إنشاء إطار تنظيمي جديد لإنتاج النفط والغاز في عرض البحر، يمكن لمنطقة الاختصاص المعنية أن تُكيِّف إطارها التنظيمي المستخدم بالفعل في تنمية المعادن على اليابسة، وأن تعتمد في الوقت نفسه عناصر من مناطق الاختصاص التي لديها ممارسات تنظيمية أكثر رسوخا وخبرة كبيرة في إدارة موارد النفط والغاز في عرض البحر. ويمكن تعضيد ذلك ببناء القدرات من خلال المؤسسات المتعددة الأطراف، مثل البنك الدولي، ومن خلال تبادل المعلومات فيما بين مناطق الاختصاص المختلفة.

ويمكن إخضاع الإطار التنظيمي لعمليات استعراض دورية لتقييم الآثار الاقتصادية وغيرها من العواقب غير المقصودة. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام إطار تحليل الأثر التنظيمي، الذي يُستخدَم في العديد من مناطق الاختصاص لإجراء التقييمات بشكل منتظم، والذي تدعمه كيانات دولية مثل منظمة التعاون

والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD, 2019). وبالإضافة إلى ذلك، من المهم إدماج ممارسات تنظيمية جيدة في الإدارة نفسها إذا كان مطلوبا من عامة الناس أو الوكالات التنظيمية تنفيذ السياسات بفعالية وكفاءة. وتتطلب هذه الممارسات توفير القدرات اللازمة لتحديد التوقيت الذي سيجري فيه التنظيم والمسائل التي ستخضع له ونطاقه، من أجل إتاحة الاستجابة للظروف المتغيرة وضمان الشفافية والمرونة وتنسيق السياسات.

ويتطلب بناء القدرة على إدارة موارد الطاقة البحرية بشكل سليم وفعال التزاما كبيرا واستثمارات مؤسسية طويلة الأجل. غير أن المردود متناسب مع المتطلبات، فهذه القدرة تكفل تنمية الموارد بطريقة مسؤولة وتوزيع الفوائد الاقتصادية بشكل عادل.

5 - دور صناعة الهيدروكربونات البحرية في تيسير صناعة الطاقة البحرية المتجددة

بنى قطاع إنتاج النفط والغاز في عرض البحر قدرات صناعية متطورة من خلال الابتكار التكنولوجي والخبرة التي تراكمت فيه عبر عقود من العمل في بعض من أشد البيئات صعوبة في العالم. وتستفيد الآن من هذه المعرفة المتراكمة صناعةُ الطاقة البحرية المتجددة التي لا تزال ناشئة، والتي تشمل الطاقة المولَّدة من الأمواج، ومن المد والجزر، ومن تيارات المحيط، ومن الرياح في عرض البحر. وقد استخدَمت الطاقةُ المولَّدة من الرياح في عرض البحر، وهي الشكل الأكثر تطورا من أشكال الطاقة البحرية المتجددة، على وجه الخصوص، التكنولوجيا والمهاراتِ التي أتقنها قطاع النفط والغاز. فقد صُمِّمَت أساسات تربينات الرياح وأبراجها لتتحمل قوى الأمواج والرياح والحَتّ وغيرها من القوى التي خضعت للتحليل لأول مرة أثناء تصميم منصات النفط والغاز. وبالمثل، جرى فيما يتعلق بالخبرة المكتسبة من معالجة الأثر التآكلي للمياه المالحة ورذاذ مياه البحر على منصات النفط، الاستفادةُ من تلك الخبرة في تجهيز تربينات الرياح الأرضية للاستخدام في البيئة البحرية وتعديلها بشكل مناسب للتركيب في عرض البحر (Breeze, 2016). وبُحِثَت باستفاضة حلول الحشف الأحيائي لتركيبات النفط والغاز المغمورة، واستُفِيد منها مؤخرا في تركيبات الطاقة البحرية المتجددة. وجرى أيضا في تركيب كابلات نقل الطاقة البحرية المتجددة في قاع المحيطات استخدام التكنولوجيا والخبرات التي طُوِّرَت في البداية من أجل مد خطوط الأنابيب المغمورة لخدمة منصات النفط والغاز المقامة في عرض البحر.

والبنية التحتية الصناعية الكبيرة التي تخدم صناعة النفط والغاز في عرض البحر تدعم الآن صناعة توليد الطاقة من الرياح في عرض البحر. والشدّات المعدنية للهياكل في أول مشروع لتوليد الرياح في عرض البحر في الولايات المتحدة قبالة جزيرة بلوك، صنعتها ووردتها شركة في لويزيانا ذات خبرة في إنشاء تركيبات لمنشآت صناعة النفط والغاز في عرض البحر في خليج المكسيك. وبالمثل، أُستُفِيد في بحر الشمال من الخبرة المستفيضة المتراكمة في قطاع النفط والغاز في تصميم وإنشاء التربينات العائمة لتوليد الرياح في عرض البحر لصالح مشروع Hywind Scotland، الذي ينفذ في منطقة يتعذر فيها عمليا تركيب التربينات التقليدية التي تُثبَّت دعاماتها في القاع.

وخبرة قطاع النفط والغاز في مجال اللوجستيات البحرية تحدد الآن شكل صناعة الطاقة البحرية المتجددة. ففي الولايات المتحدة، صمم المهندسون سفينة بحرية متنوعة القدرات بدرجة تكفي لتركيب تربينات الرياح وسحب منصات النفط والغاز من الخدمة على حد سواء (McGowan, 2018). وهذه المبادرات تتيح وفورات كبيرة في تكاليف تنمية موارد الطاقة البحرية المتجددة. ويشكل استخدام البنية التحتية للموانئ وسفن الخدمات

مثالا آخر على الاستفادة من الأصول الموجودة بالفعل في تيسير استغلال موارد الطاقة البحرية الجديدة.

وتنظر صناعة الطاقة البحرية المتجددة حاليا في استخدام منصات النفط والغاز البحرية المهجورة لتركيب تربينات لتوليد الرياح، على الرغم من أن المخاوف المتعلقة بسلامة التركيبات يمكن أن تعوق خطط التحويل هذه. وثمة خيار يحتمل أن يكون أكثر قابلية للتطبيق وهو إعادة تشكيل المنصات المهجورة لتحويل الكهرباء المُولَّدة من الطاقة البحرية المتجددة إلى هيدروجين أو غاز اصطناعي، يمكن استخدامه بعد ذلك في الفترات التي تنخفض فيها قوة الرياح أو الأمواج ولتعزيز الإمكانات السوقية لمشاريع الطاقة البحرية المتجددة. وأجرى معهد Energy Delta في هولندا مشروع محاكاة تجريبي في عام 2015 لاختبار هذا المفهوم (Jepma and Van Schot, 2016). وتتحقق من إعادة استخدام المنصات في أغراض جديدة فوائدُ إضافية تتمثل في تأخير التكاليف الباهظة لسحبها من الخدمة مع منحها فرصة جديدة كي تظل منتجة وذات عوائد اقتصادية إيجابية. ويتوخى اقتراح آخر أن تمد تربينات الرياح البحرية منصات النفط والغاز بالكهرباء لتستخدمها في العمليات التي تجري على متنها، حيث تستمد هذه المنصات الكهرباء عادةً من تربينات الغاز الموجودة على متنها. وخلصت دراسة حالة إفرادية استخدمت هذا النهج في بحر الشمال إلى أن ذلك سيؤدي إلى وفورات كبيرة في التكاليف وإلى انخفاض انبعاثات الملوثات المشمولة بالمعايير وانبعاثات غازات الدفيئة (Korpås and others, 2012). وفي وقت لاحق، صدرت موافقة في عام 2019 على إمداد منصات النفط والغاز في بحر الشمال بالكهرباء من مشروع Hywind Tampen، الذي يضم محطات عائمة تُولِّد كل منها طاقة قدرها 88 ميغاوات من الرياح في عرض البحر (Oil & Gas Journal, 2020). وإيجاد أوجه تآزر كهذه واستغلال الخبرة والدراية والبنية التحتية المتوافرة لدى قطاع النفط والغاز يسمح لقطاع الطاقة البحرية المتجددة الصاعد بخفض التكاليف وتوفير الوقت والموارد.

6 - خلاصة

يسهم النفط والغاز المنتجان في عرض البحر إسهاما هاما في الإنتاج العالمي للمواد الهيدروكربونية. فقد دفع الطلب العالمي المتزايد على تلك المواد، مقترنا بالتقدم التكنولوجي في مجال التنقيب والإنتاج في عرض البحر، هذه الصناعة إلى اكتشاف احتياطيات جديدة في مياه أعمق وبيئات تكثر فيها التحديات، وغالبا ما يكون ذلك في مناطق لم يسبق فيها تنمية الموارد أو في بحار شبه مغلقة، وهي مناطق تكون معرضة بشكل خاص للحوادث البيئية. ولذلك، ما زال الإنتاج العالمي للمواد الهيدروكربونية في عرض البحر يتزايد، مما يتيح للمجتمعات الساحلية فرصا اقتصادية، ويتيح للحكومات الوطنية الإيرادات المتأتية من الإيجارات والإتاوات التي تحتاج إليها بشدة. ومن المهم أن تدار المشاريع الجديدة والقائمة في عرض البحر بطريقة مسؤولة بيئيا، أن يتم سحب المرافق العتيقة من الخدمة وفقا للأنظمة الوطنية والاتفاقيات الإقليمية المتعلقة بالبيئة البحرية. وقد لوحظ عدد من الاتجاهات الرئيسية منذ التقييم العالمي الأول، من بينها التقدم التكنولوجي الذي تحقق في جمع بيانات التنقيب والإنتاج وتحليلها من أجل تعزيز الكفاءة التشغيلية، وزيادة استخدام المنصات المرنة، مثل المنظومات العائمة للإنتاج والتخزين والتفريغ، من أجل توسيع نطاق الإنتاج ليصل إلى مناطق لم تُستكشَف من قبل، وقيام الصناعة والجهات التنظيمية بإعطاء دفعة جديدة في اتجاه الحد من الآثار البيئية عن طريق تعميم تدابير معززة للسلامة والاسترشاد بالعلوم في تنمية الموارد.

المراجع

Barton, Christopher M. (2018). FPSO market inches forward. *Offshore*, 1 August 2018. www.offshore-mag.com/field-development/article/16762275/fpso-market-inches-forward.

Barton, C., and others (2019). Worldwide progression of water depth capabilities for offshore drilling & production. *Offshore*, May 2019. https://digital.offshore-mag.com.

Beaubouef, Bruce (2019). Drilling technologies advance to meet challenging reservoir environments. *Offshore*, 25 September 2019. www.offshore-mag.com/drilling-completion/article/14040687/drilling-technologies-advance-to-meet-challenging-reservoir-environments.

Breeze, Paul (2016). *Wind Power Generation*. Academic Press.

Bull, Ann Scarborough, and Milton S. Love (2019). Worldwide oil and gas platform decommissioning: a review of practices and reefing options. *Ocean & Coastal Management*, vol. 168, pp. 274–306. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.10.024.

Bureau of Ocean Energy Management (2017). National Assessment of Undiscovered Oil and Gas Resources of the U.S. Outer Continental Shelf. OCS Report, BOEM 2017-085. www.boem.gov/sites/default/files/oil-and-gas-energy-program/Resource-Evaluation/Resource-Assessment/2016a-National-Assessment-of-Undiscovered-Oil-and-Gas-Resources.pdf

Bureau of Safety and Environmental Enforcement (2020). Rigs to Reefs. www.bsee.gov/what-we-do/environmental-focuses/rigs-to-reefs

Claisse, Jeremy T., and others (2015). Impacts from partial removal of decommissioned oil and gas platforms on fish biomass and production on the remaining platform structure and surrounding shell mounds. *PloS One*, vol. 10, No. 9, pp. e0135812.

Clark, C.E., and J.A. Veil (2009). Produced water volumes and management practices in the United States.

Clemente, Jude (2018). The quiet rise in U.S. offshore oil production. *Forbes*. 2018. www.forbes.com/sites/judeclemente/2018/04/10/the-quiet-rise-in-u-s-offshore-oil-production.

Dagg, Jennifer, and others (2011). Comparing the offshore drilling regulatory regimes of the Canadian Arctic, the US, the UK, Greenland and Norway. *The Pembina Institute*.

Davis, Carolyn (2018). Offshore Natural Gas Discoveries, Production Overtaking Oil. NGI's Daily Gas Price Index. 2018. www.naturalgasintel.com/articles/114290-offshore-natural-gas-discoveries-production-overtaking-oil?v=preview.

Department of Energy (2019). Department of Energy Invests $4.6M in Produced Water Treatment. Energy.Gov. 2019. www.energy.gov/fe/articles/department-energy-invests-46m-produced-water-treatment.

Efroymson, Rebecca A., and others (2004). A Framework for Net Environmental Benefit Analysis for Remediation or Restoration of Contaminated Sites. *Environmental Management*, vol. 34, No. 3, pp. 315–31. https://doi.org/10.1007/s00267-004-0089-7.

Husseini, Talal (2018). Big Data in oil and gas operations and other awesome tech advancements. *Offshore Technology: Oil and Gas News and Market Analysis*, blog, 22 October 2018. www.offshore-technology.com/features/big-data-in-oil-and-gas-tech.

IFP Énergies Nouvelles (2011). Water in fuel production: oil production and refining. Panorama. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/050/42050183.pdf?r=1

International Association of Oil & Gas Producers (2017). *Overview of International Offshore Decommissioning Regulations – Volume 1: Facilities*. Report 584. www.iogp.org/bookstore/product/overview- of-international-offshore-decommissioning-regulations-volume-1-facilities.

International Energy Agency (2019). Gas 2019: Analysis and forecasts to 2024. 2019. www.iea.org/reports/market-report-series-gas-2019.

International Maritime Organization (IMO) (1989). *1989 Guidelines and Standards for the Removal of Offshore Installations and Structures on the Continental Shelf and in the Exclusive Economic Zone*. IMO resolution A.672(16). https://cil.nus.edu.sg/wp-content/uploads/formidable/18/1989-Guidelines-and-Standards-for-the-Removal-of-Offshore-Installations-and-Structures-on-the-Continental-Shelf-and-in-the-Exclusive-Economic-Zone.pdf.

_____ www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/London-Convention-Protocol.aspx.

International Renewable Energy Agency (2016). Floating foundations: A game changer for offshore wind power. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Offshore_Wind_Floating_Foundations_2016.pdf.

Jepma, Catrinus, and Miralda van Schot (2016). Connect North Sea oil and gas platforms to offshore wind farms to produce green gas. Energypost.Eu, 22 January 2016. https://energypost.eu/connect-north-sea-oil-gas-platforms-offshore-wind-farms-produce-green-gas.

Jørgensen, Kirsten. S., and others (2019). The EU Horizon 2020 project GRACE: integrated oil spill response actions and environmental effects. *Environmental Sciences Europe*, vol. 31, No. 44. https://doi.org/10.1186/s12302-019-0227-8.

Khatib, Zara, and Paul Verbeek (2002). Water to Value – Produced Water Management for Sustainable Field Development of Mature and Green Fields. In *SPE-73853-MS*, p. 4. SPE: Society of Petroleum Engineers. https://doi.org/10.2118/73853-MS.

Korpås, Magnus, and others (2012). A case-study on offshore wind power supply to oil and gas rigs. *Energy Procedia*, vol. 24, pp. 18–26.

Lohner, Timothy W., and Douglas A. Dixon (2013). The value of long-term environmental monitoring programs: an Ohio River case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 185, No. 11, pp. 9385–9396.

Maloney, Joseph (2018). What's on the Shelf? Assessing oil and gas resources on the OCS. *BOEM Ocean Science*, vol. 15, No. 2, www.boem.gov/Ocean-Science-Dec-Jan-Feb-Mar-2018.

McGowan, Elizabeth (2018). Oil industry expertise is helping to get offshore wind turbines in the water. Energy News Network, 21 June 2018. https://energynews.us/2018/06/21/northeast/oil-industry-expertise-is-helping-to-get-offshore-wind-turbines-in-the-water.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2020). 8 Advances in Oil Spill Science in the Decade Since Deepwater Horizon. Office of Response and Restoration. https://blog.response.restoration.noaa.gov/8-advances-oil-spill-science-decade-deepwater-horizon

_____ (2019). GNOME Suite for Oil Spill Modeling. Office of Response and Restoration. https://response.restoration.noaa.gov/gnome

_____ (2018). *NOAA Report on the U.S. Ocean and Great Lakes Economy. Office of Coastal Management*. https://coast.noaa.gov/data/digitalcoast/pdf/econ-report.pdf.

Oil & Gas Journal (2020). Equinor, partners get green light for Hywind Tampen development. 8 April 2020. www.ogj.com/general-interest/article/14173631/equinor-partners-get-green-light-for-hywind-tampen-development

Oil & Gas UK (OGUK) (2018). *Decommissioning Insight 2018*. https://oilandgasuk.co.uk/wp-content/uploads/2019/03/OGUK-Decommissioning-Insight-Report-2018.pdf.

_____ (2019). *Economic Report 2019*. https://oilandgasuk.co.uk/wp-content/uploads/2019/09/Economic-Report-2019-OGUK.pdf.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2019). *Regulatory Impact Analysis*. www.oecd.org/regreform/regulatory-policy/ria.htm.

Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) (2019). *World Oil Outlook 2040*.

OSPAR Commission (1992). On the prevention and elimination of pollution from offshore sources. Annex III. www.ospar.org/site/assets/files/1169/pages_from_ospar_convention_a3.pdf.

Priest, Tyler (2016). Shrimp and Petroleum: The Social Ecology of Louisiana's Offshore Industries. *Environmental History*, vol. 21, No. 3, pp. 488–515. https://doi.org/10.1093/envhis/emw031.

Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME) (1989). *Protocol Concerning Marine Pollution Resulting from Exploration and Exploitation of the Continental Shelf (1989)*. http://ropme.org/42_ROPME_PROTOCOLS_EN.clx.

Rystad Energy (2019). FPSO market is booming with Brazil fueling demand. www.rystadenergy.com/newsevents/news/press-releases/FPSO-market-is-booming-with-Brazil-fueling-demand.

Sandøy, Emil Varre (2018). Offshore oil and gas investments expected to grow starting in 2019. *Offshore*, 2 February 2018. www.offshore-mag.com/field-development/article/16762252/offshore-oil-and-gas-investments-expected-to-grow-starting-in-2019.

SERPENT Project (2020). Scientific and Environmental ROV Partnership using Existing Industrial Technology (SERPENT) project. www.serpentproject.com/

Shinn, Eugene A. (1974). Oil structures as artificial reefs. In *Proceedings of an International Conference on Artificial Reefs*, pp. 91–96. Texas A&M University.

Stratas Advisors (2019). Advances in Seismic Imaging Technology, Hart Energy. 2019. www.hartenergy.com/exclusives/advances-seismic-imaging-technology-177370.

United Nations (2017a). *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 States Department of the Interior (2018). FY 2018 Economic Contributions, DOI Contributions by Bureau, Bureau of Ocean Energy Management. https://doi.sciencebase.gov/doidv/doi-bureau.html?bureau=Bureau%20of%20Ocean%20Energy%20Management

Vardaro, Michael F., and others (2013). A Southeast Atlantic deep-ocean observatory: first experiences and results. *Limnology and Oceanography: Methods*, vol. 11, No. 6, pp. 304–15. https://doi.org/10.4319/lom.2013.11.304.

Wood Mackenzie (2017). US $32 billion of decommissioning worldwide over the next five years: is the industry ready? www.woodmac.com/reports/upstream-oil-and-gas-us32-billion-of-decommissioning-worldwide-over-the-next-five-years-is-the-industry-ready-9599.

World Bank (2019a). Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR). 2019. www.worldbank.org/en/topic/gas-flaring-reduction.

_____(2019b). Increased shale oil production and political conflict contribute to increase in global gas flaring. 2019. www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/06/12/increased-shale-oil-production-and-political-conflict-contribute-to-increase-in-global-gas-flaring.

الفصل 20

الاتجاهات المتعلقة بالضوضاء البشرية المنشأ الداخلة إلى البيئة البحرية

المساهمون: آنا سيروفيتش (منظمة الاجتماعات)، وكارين إيفانز (عضوة رئيسية)، وكارلوس غارسيا سوتو (عضو رئيسي مشارك)، وجون أ. هيلدبراند، وسيرجيو م. خيسوس، وجيمس ميلر.

النقاط الرئيسية

- تشتمل مصادر الضوضاء البشرية المنشأ الرئيسية في المحيطات على السفن، والنشاط الصناعي، بما فيه التنقيب بالمسح السيزمي، وتنمية موارد الطاقة المتجددة، والمسابير الصوتية (السونار).
- تتفاوت مستويات الضوضاء البشرية المنشأ باختلاف الزمان والمكان، وتتمثل العوامل الأساسية المحركة لها في مستويات النشاط البشري في المنطقة وخصائص انتشار الصوت فيها. ولا تظل الضوضاء مستمرة بعد إزالة مصدر الصوت من البيئة.
- تتميز المناطق التي بها أعلى مستويات من الضوضاء البشرية المنشأ بالاستخدام الصناعي الكثيف، مثل خليج المكسيك وبحر الشمال وشمال المحيط الأطلسي.
- تشتمل المناطق التي يُتوقَّع أن تزداد فيها الضوضاء البشرية المنشأ على منطقة القطب الشمالي، في ظل فتح المنطقة أمام الشحن، وأفريقيا، في ظل اتساع نطاق الاستثمار في المنطقة.
- يزداد حاليا فهم آثار الضوضاء البشرية المنشأ على التنوع البيولوجي البحري، بالتوازي مع زيادة الاعتراف بضرورة رصد الضوضاء التي تدخل إلى البيئة البحرية، وربما الحد منها.

1 - مقدمة

تميزت العقود القليلة الماضية بزيادة الوعي بأهمية الصوت للحياة البحرية وزيادة فهم الأثر المحتمل للضوضاء البشرية المنشأ على تلك الحياة. وفي السنوات العشر الماضية، ازدادت الجهود التي بُذِلَت في بعض المناطق من أجل وضع مبادئ توجيهية ومعايير لرصد وتنظيم إسهام الضوضاء البشرية المنشأ في البيئة البحرية. ولئن كانت الضوضاء البشرية المنشأ لم تُتَنَاول بوصفها فصلا قائما بذاته في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017)، فقد كانت محور التركيز لأحد اجتماعات عملية الأمم المتحدة التشاورية غير الرسمية المفتوحة العضوية المتعلقة بالمحيطات وقانون البحار[1]. وتستدعي الزيادة الأخيرة في الوعي بآثارها النظرَ فيها بشكل خاص في هذا التقييم. ولذلك، يقدم هذا الفصل نظرة عامة إجمالية، تشمل وصفا للمصادر الرئيسية للضوضاء البشرية المنشأ في البيئة البحرية والحالة الراهنة للمعارف المتعلقة بوضع الضوضاء البشرية المنشأ في المحيطات. وبالإضافة إلى ذلك، وبالنظر إلى أن العوامل الرئيسية المساهمة في الضوضاء البشرية المنشأ تشمل الشحن، وتوليد الطاقة، والتنقيب عن النفط والغاز واستخراجهما، فإن الفصول المخصصة لتلك الأنشطة في التقييم العالمي الأول لها أهميتها في السياق الحالي.

وكانت بحرية الولايات المتحدة مصدرا مبكرا للبيانات المتعلقة بالضوضاء البيئية في المحيطات، حيث إن لديها تسجيلات تعطي، بداية من خمسينيات القرن العشرين، نظرة متعمقة على صوت الوسط المحيط عند ترددات تقل عن بضع مئات من وحدات الهرتز (Ross, 2005). وبالإضافة إلى الجهود البحثية المبذولة من قبل أفراد أو مجموعات صغيرة، بدأت على مدى العقد الماضي نظم رصد المحيطات ذات النطاق الإقليمي في جمع بيانات صوتية، كان أولها مرصد نبتون كندا (Neptune Canada)، الذي أصبح الآن جزءا من مبادرة الشبكات الكندية لمراصد المحيطات (Ocean Networks Canada)، والنظام المتكامل للرصد البحري في أستراليا

[1] انظر A/73/68.

(Integrated Marine Observing System). وبدأ نظاما الرصد هذان في نشر مساميع مائية وجمع تسجيلات صوتية في عامي 2008 و 2009 على التوالي. وفي الآونة الأخيرة، أدى تطوير القياسات والمبادئ التوجيهية أيضا إلى إحراز تقدم في إجراء تقييمات الأثر ونمذجة صوت الوسط المحيط باستخدام مصادر البيانات البديلة التي تُستَخدم كمصادر وسيطة في محاكاة المصادر الرئيسية للضوضاء البشرية المنشأ، مثل نظام المعلومات التلقائي (AIS) وبيانات سجلات الضوضاء النبضية (مثلا، Sertlek and others, 2019; United States National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) (2020) CetSound: Cetacean and sound mapping project).

وفي الوقت نفسه، لا تزال التحديات قائمة في قياس ضوضاء الوسط المحيط ونمذجة الانتشار الصوتي، وكذلك في فهم أثر الضوضاء على التجمعات الحيوانية. وتشمل تحديات القياس جمع البيانات المُعَايَرَة وغياب التوحيد القياسي في كل من القياس والإبلاغ. وقد أصدر كل من المعهد الأمريكي للمعايير الوطنية/الجمعية الأمريكية للصوت والمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس معايير لقياس الضوضاء تحت الماء من السفن، ولكن تطبيق هذه المعايير كان محدودا لأنه يحتاج إلى صفائف من أجهزة الاستشعار. وثمة عقبة إضافية تعرقل جمع البيانات وهي التكلفة العالية نسبيا لنشر الأجهزة تحت الماء واسترجاعها، والتكلفة الأعلى لتركيب النظم المتصلة بالكابلات. ومن منظور النمذجة، تشمل التحديات عدم وجود بيانات موثوقة دقيقة التفاصيل عن الظروف البيئية اللازمة لإعداد نماذج دقيقة، وانخفاض الدقة المكانية والزمانية للبيانات المقيسة التي تُستخدَم في التحقق من صحة النماذج. وأخيرا، وفيما يتعلق بالآثار، يجري العمل لزيادة فهم الحساسيات السمعية لدى العديد من الأنواع، وخاصة الحيتان البالينية، والأثر التراكمي لمصادر الضوضاء المتعددة، والأثر على مستوى التجمعات الأحيائية؛ ولكن لا تزال هناك صعوبات عملية.

2 - وصف الحالة البيئية

يمثل الصوت وسيلة فعالة للاتصال في البيئة البحرية حيث تنتقل الموجات الصوتية بكفاءة شديدة عبر الماء، وبسرعة تزيد عن سرعة انتقالها في الهواء بخمس مرات تقريبا. غير أن القوة الصوتية تتناقص مع انتقال الصوت بعيدا عن المصدر. والتباينات في تناقص قوة الصوت نتيجة لامتصاصه وانتشاره عند مختلف الترددات تعني أن الترددات الصوتية الأكثر انخفاضا تنتقل إلى مسافات أبعد من الترددات الأكثر ارتفاعا. بالإضافة إلى ذلك، تؤثر خصائص البيئة على انتشار الصوت، وتؤثر خصائص قاع المحيط ومياهه على سرعة الصوت، وتؤثر تضاريس القاع على اتجاه انتقال الصوت. وفي المياه العميقة، يمكن أن تؤدي الظروف البيئية الخاصة إلى انتشار الصوت بكفاءة في قناة عميقة، أو إلى تقارب موجات الصوت على مسافات منتظمة (Jensen and others, 2011). ويمكن لظروف الانتشار الفريدة، مثل تأثير الدليل الموجي أو تأثير مرآة لويد، أن تسهم في تكثيف الصوت بالقرب من السطح (Jensen and others, 2011) ويمكن للتحصين الباثيمتري bathymetric shielding أن يخلق تباينا كبيرا في كثافة الصوت فيما بين المواقع القريب بعضها من بعض (McDonald and others, 2008).

وتُحسَب مستويات الصوت في المحيط، المُبلَغ عنها بوحدات "ديسيبل"، بإرجاع مستويات ضغط الصوت المقيسة (بوحدات "باسكال") إلى وحدة الضغط المعيارية وهي ميكروباسكال واحد (dB re 1 µPa). وعادة ما تقاس مستويات ضغط الصوت كقيمة عند الذروة أو قيمة من الذروة إلى الذروة أو عن طريق حساب الجذر التربيعي لمتوسط ضغط الصوت بالنسبة للإشارات الأطول مدة. وتؤدي هذه الاختلافات في القياسات إلى اختلافات في

مستويات ضغط الصوت تصل إلى 4,5 ديسيبل. وتجدر الإشارة إلى أنه نظرا لأن مستويات الصوت في الهواء محسوبة بالنسبة إلى 20 ميكروباسكال، فلا يمكن إجراء مقارنة مباشرة بين مستويات الصوت في المحيطات ومستوياته في الهواء. وارتفاع المعاوقة الصوتية في الماء بالنسبة إلى الهواء يساهم أكثر في وجود اختلاف في القياسات بين هاتين البيئتين. ونتيجة لذلك، يلزم إدخال تصحيح قدره 61,5 ديسيبل من أجل مقارنة مستويات الصوت المحمولة في الهواء بمستويات الصوت الذي يحدث تحت الماء. وعند الإبلاغ عن مستويات الضوضاء، فإن حساب الكثافة الطيفية لقوة الصوت يتطلب مزيدا من التصحيح من خلال حساب عرض النطاق الترددي للإشارة، وبالتالي فعادة ما يُبلَغ عنه بوحدات "ديسيبل" بالنسبة إلى الضغط المرجعي 1 ميكروباسكال مربع/هرتز (dB re 1 µPa2/Hz). ولا تكون مستويات صوت الوسط المحيط في المحيطات في غياب الضوضاء متطابقة عند الترددات المختلفة، إنما تتراوح بين 60 و 70 ديسيبل بالنسبة إلى الضغط المرجعي 1 ميكروباسكال مربع/هرتز عندما تقل الترددات عن 100 هرتز وتنخفض إلى أقل من 40 ديسيبل بالنسبة إلى الضغط المرجعي 1 ميكروباسكال مربع/هرتز عندما تزيد الترددات عن 10 كيلوهرتز (Wenz, 1962). وحركة الجسيمات مكون آخر من مكونات الموجات الصوتية يثير تحديات أكبر في قياسه، ولكنه من المكونات التي من المهم النظر فيها عند تقييم أثر الصوت على الأسماك (Popper and Hawkins, 2019).

وتشمل العوامل الرئيسية المساهمة في البيئة الصوتية للمحيطات المصادر الجيوفيزيائية، مثل الرياح والأمواج والثلوج والبراكين والزلازل؛ والمصادر البيولوجية، مثل الثدييات البحرية والأسماك واللافقاريات؛ والمصادر البشرية المنشأ. وتتعدد مصادر الضوضاء البشرية المنشأ في البيئة البحرية؛ وتشمل المصادر الرئيسية السفنَ (على سبيل المثال، السفن التجارية، وسفن صيد الأسماك، والسفن الترفيهية والسياحية)، والنشاط الصناعي (على سبيل المثال، توليد الطاقة في عرض البحر، بما يشمل أنشطة التنقيب بالمسح السيزمي، والتنمية الساحلية، وعمليات التعدين)، والسونار (مثل أجهزة السونار المستخدمة في صيد الأسماك وتلك المستخدمة للأغراض العسكرية والعلمية). وفي بعض الحالات يكون إنتاج الصوت متعمدا وبالغ الأهمية بالنسبة للنشاط المعني، مثل التنقيب بالمسح السيزمي والسونار، بينما يكون في حالات أخرى عرضيا، كما هو الحال في مجال الشحن والتنمية الساحلية. وتتفاوت مستويات الضوضاء البشرية المنشأ باختلاف الزمان والمكان، ويحركها عاملان أساسيان هما مستويات النشاط البشري الموجود في المنطقة وخصائص انتشار الصوت فيها.

ويرد في الجدول أدناه استعراض عام للعوامل البشرية المنشأ الرئيسية التي تساهم في صوت الوسط المحيط في المحيطات، ومستوى كل مصدر، والنطاق الرئيسي لترددات. وجريا على النهج المتبع في الاستعراضات الأخرى لضوضاء المحيطات، يُنظَر في نشاط المسح السيزمي بمعزل عن الأنشطة الصناعية الأخرى، حيث إنه مساهم رئيسي عند ترددات منخفضة على نطاقات واسعة، وآثاره تختلف بدرجة كبيرة عن آثار المصادر الصناعية الأخرى للضوضاء. ويُقدَّم أيضا استعراض لآثار الضوضاء على الحياة البحرية. وتشتمل الآثار المحتملة التي يُنظر فيها في هذا التقييم على الآثار الفسيولوجية والسلوكية، فضلا عن الآثار على معدلات النفوق، في الحالات التي أُبلِغ عنها في الماضي. غير أن هناك امتدادا هاما لهذه الدراسات المتعلقة بأثر الضوضاء على المستوى الفردي يتمثل في فهم عواقب الاضطراب الصوتي على المستوى الجمعي، بما في ذلك الآثار التراكمية (National Academies, 2017).

2-1 - حركة الملاحة البحرية كعامل مساهم في ضوضاء المحيطات

يتمثل المصدران الرئيسيان للصوت النابع من السفن البحرية في التكهُّف والاضطراب اللذين يُولِّدهما رفاس السفينة، ولكن هناك أيضا جزءا كبيرا من مساهمة السفن في الطاقة الصوتية تُولِّده آلاتها، وينتقل ويتشعّب عبر جسمها (Ross, 1976). وتأتي ضوضاء التَدَفُّق التي تتولَّد مع سير أي سفينة عبر المياه فتضيف، على مستوى

أقل، إلى مساهمة السفينة في ضوضاء الوسط المحيط. وتتوقف مستويات مساهمة العناصر المختلفة على سلسلة من المتغيرات المادية، منها أبعاد السفينة، وحمولتها، وغاطسها، وحِمْلها، وسرعتها، فضلا عن حالة الرياح والبحر من حيث تَدَخُّلها في حركة السفن في المياه.

وتشتمل حركة الملاحة البحرية على الشحن التجاري، والبواخر السياحية، والسفن العسكرية، والعبّارات، وقوارب الصيد، والزوارق الساحلية المستخدمة لأغراض ترفيهية. ويشتمل الشحن التجاري على سفن الحاويات، وناقلات النفط، وناقلات السوائب الجافة، وسفن البضائع العامة، وبواخر الركاب. ولفئات السفن المختلفة بصمات ضوضائية مميزة تعتمد أيضا على سرعة السفينة وطولها (Ross, 1976؛ McKenna and others, 2013). وعلى سبيل المثال، فسفينة حاويات تجارية حديثة تبحر بسرعة التشغيل المعتادة البالغة 12 مترا في الثانية تكون مستويات الصوت فيها 195 ديسيبل بالنسبة إلى الضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر من مصدر الصوت، وتكون غالبية الطاقة الصوتية متركزة عند ترددات تقل عن 100 هرتز (Gassmann and others, 2017). وبالنسبة للسفن الأصغر حجما (كتلك التي يقل طولها عن 20 مترا على سبيل المثال، مثل قوارب الركاب وقوارب الصيد، والقوارب الترفيهية عالية السرعة، والزلاجات النفاثة، وما إلى ذلك، تكون مستويات الصوت المتشعب أقل (128–142 ديسيبل بالنسبة إلى الضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر من مصدر الصوت (Erbe, 2013) ويشمل طيف القدرة طاقة أعلى من 1 كيلوهرتز (Erbe, 2013)، مما يجعل نطاقات انتشار الصوت أقصر من تلك الخاصة بالشحن التجاري.

وغالبا ما تكون ضوضاء الشحن التجاري هي المساهم الرئيسي في الضوضاء البشرية المنشأ في المحيطات عند الترددات التي تقل عن 200 هرتز (Wenz, 1962؛ و Roul and others, 2019). وقد أدت عولمة الاقتصاد إلى زيادة حادة في الشحن التجاري في جميع أنحاء العالم على مدار السنوات الثلاثين الماضية. وحدثت زيادة منتظمة (باستثناء عامي 1985 و 2009) في الحجم العالمي للتجارة المنقولة بحرا، حيث بلغت 10,7 بلايين طن في عام 2017 (United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2018). وكان من المتوقع أن يبلغ متوسط النمو السنوي 3,8 في المائة في الفترة 2018–2023، ولكن ذلك يمكن أن يتأثر بجائحة كوفيد-19. وبالإضافة إلى الزيادة المطردة في حجم التجارة، أصبحت السفن أيضا تقضي وقتا أطول في البحر، حيث سُجلت زيادة نسبتها 5 في المائة في عام 2017 (UNCTAD, 2018). وزاد أيضا مجموع الحمولة الطنّية الإجمالية للسفن بالتواكب مع حجم التجارة. وترتبط الزيادات الكلية في الشحن التجاري ارتباطا قويا بالزيادات في مستويات ضغط الصوت في المحيطات، التي ارتفعت بحوالي 3 ديسيبل بالنسبة إلى الضغط المعياري 1 ميكروباسكال مربع/هرتز في العقد الواحد في نطاق الترددات التي تتراوح بين 10 هرتز و 50 هرتز، على مدار العقود الأخيرة من القرن العشرين (McDonald and others, 2006). ويبدو أن هذه الزيادة قد استقرت دون ارتفاع منذ بداية القرن الحادي والعشرين (Frisk, 2012، والمراجع المشار إليها فيه).

وعنصر "الشحن البعيد" من عناصر ضوضاء الوسط المحيط، الذي ينشأ في الحالات التي لا يتسنى فيها التمييز بين البصمات الصوتية لفرادى السفن في البيانات ولكن تظهر هذه البصمات في صورة زيادة في الطاقة الصوتية في الترددات التي تقل عن 100 هرتز (Wenz, 1962)، في أي مكان ووقت، يعتمد بدرجة كبيرة على توزيع السفن في تلك اللحظة. ويتوزع نشاط الشحن بشكل غير متساو على خطوط العرض، حيث ترتفع كثافته في نصف الكرة الشمالي على طول الممرات الملاحية الكثيفة الاستخدام. وينجم عن ذلك عادة مستويات عالية من صوت الوسط المحيط (80–90 ديسيبل أو أكثر بالنسبة إلى الضغط المعياري 1 ميكروباسكال مربع/هرتز) عند الترددات التي يهيمن عليها الصوت النابع من نشاط الشحن (10–100 هرتز) في شمال المحيط الأطلسي وشمال المحيط الهادئ (Ross, 2005؛ و McDonald

and others, 2006؛ و Širović and others, 2013). وفي القطب الشمالي، حيث تقل حركة الشحن بدرجة كبيرة، تكون ضوضاء الوسط المحيط عند الترددات المنخفضة نابعة في المقام الأول من عوامل بيئية، مثل الغطاء الثلجي للبحر وظروف الرياح (Roth and others, 2012). وفي المياه الساحلية، بالقرب من الموانئ والشواطئ المزدحمة، يمكن لسفن الصيد الصغيرة والمتوسطة الحجم والقوارب الترفيهية والعبّارات الصغيرة أن تكون أيضا من العوامل الهامة التي تسهم في الضوضاء البشرية المنشأ (Samuel and others, 2005؛ و Merchant and others, 2012).

ولم تُربَط مستويات ضوضاء الوسط المحيط الناجمة عن الشحن البعيد بإصابة الثدييات البحرية بأي ضرر مميت أو مدمر للأنسجة أو بغير ذلك من أشكال الضرر البدني المباشر (انظر، مع ذلك، الفصل 6 دال للاطلاع على تهديدات أخرى تتعرض لها الثدييات البحرية بسبب الشحن). وقد ارتبطت الضوضاء الناتجة عن الشحن والصناعات الحرفية الصغيرة بآثار واسعة النطاق على بقاء فرادى الكائنات ووظائف أعضائها وسلوكها، مع عواقب محتملة على بقاء المجموعات والمجتمعات التي يعيش فيها عدد من الأصناف البحرية. وفي الثدييات البحرية، تشمل هذه الآثار زيادة في مستويات الإجهاد لدى حيتان شمال الأطلسي الصحيحة (*Eubalaena glacialis*) (Rolland and others, 2012)؛ وتغيرات في سلوك البحث عن الطعام لدى الحيتان المحدبة (*Megaptera novaeangliae*) وما يصدر عنها من أصوات أثناء موسم التناسل (Blair and others, 2016؛ و Tsujii and others, 2018)؛ وتغيرات سلوكية لدى خنازير البحر (*Phocoena phocoena*) (Dyndo and others, 2015)؛ وتغيرات في سلوك التنادي وحجب مساحة التواصل وتقليلها (Parks and others, 2010؛ و Putland and others, 2018). وفي فئات الأنواع الأخرى، تشمل هذه الآثار زيادات في مستويات الإجهاد بالنسبة لعدد من أنواع الأسماك (انظر، على سبيل المثال، Nichols and others, 2015؛ و Simpson and others, 2016a)، مما قد يؤدي إلى زيادة خطر الافتراس في بعض الأنواع (Simpson and others, 2016a)، وانخفاض قدرة الأسماك ويرقات الشعاب المرجانية على اختيار الموائل المناسبة (Simpson and others, 2008؛ و 2016b)، وحجب مساحة التواصل وتقليلها (Putland and others, 2018؛ و Weilgart, 2018 والمراجع المشار إليها فيه).

2-2 - التنقيب بالمسح السيزمي كعامل مساهم في ضوضاء المحيطات

يمثل استعمال الصوت في تصوير التركيبات الجيولوجية الموجودة تحت قاع البحر أشيع التقنيات الجيوفيزيائية البحرية استخداما في صناعة النفط والغاز في عرض البحر. فتكوين صورة بتقنية انعكاس الموجات السيزمية يوفر معلومات عن رواسب النفط والغاز المحتمل وجودها على عمق عدة كيلومترات تحت قاع البحر. ومن أجل توليد مستويات صوت مرتفعة بما يكفي لاختراق الأرض الصلبة، تُجرّ صفائف كبيرة من المدافع الهوائية وراء سفن المسح. ويطلق كل مدفع هوائي كمية من الهواء تحت ضغط عال، فيخلق موجة عالية الكثافة من ضغط الصوت. وعادة ما تشتمل صفيفة المدافع الهوائية المستخدمة في مجال المسح السيزمي على ما بين 25 و 50 مدفعا فرديا (Dragoset, 2000). وتكون إشارة الضغط الصوتي التي تنتجها صفائف المدافع الهوائية مُركَّزة في اتجاه رأسي، حيث تكون الإشارة التي تنتجها غالبية الصفائف في هذا الاتجاه أقوى بمقدار يتراوح بين 12 و 15 ديسيبل. ويستحيل أن يُحسَب مستوى ذروة الصوت الذي تنتجه المصادر الصوتية المشمولة في هذه الصفائف على المسافة المعيارية 1 متر، ولكن إذا أُعتُبِرَت هذه المصادر مصدرا واحدا من أجل تبسيط التقدير، فإن مستوى ذروة الصوت يمكن أن يصل إلى 260 ديسيبل بالنسبة إلى الضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر (Turner and others, 2006). ويمكن أن تكون العمليات السيزمية محدودة المدة (أي تستغرق من أسابيع إلى أشهر) ولكنها يمكن، على حسب الأعماق، أن تؤثر على أحواض المحيط بأكملها مع انتشار الإشارات المنخفضة التردد على نطاقات كبيرة.

ويمكن أن تُجرى المسوح السيزمية أيضا لأغراض البحث، بما في ذلك خارج المناطق الخاضعة للمسوح التجارية، مثل المحيط الجنوبي. وتُجرى أيضا مسوح جيوفيزيائية عالية الدقة في المناطق الساحلية من أجل تشييد البنية التحتية الحيوية مثل الجسور والموانئ، وتشييد المحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية في الآونة الأخيرة. وتستخدم هذه المسوح مصادر صوتية مثل مولدات النبضات الصوتية بالشرر الكهربائي ومولدات النبضة الصوتية الأحادية المتكررة بالطاقة الكهرومغناطيسية، التي تقل قوتها (من 210 ديسيبل إلى 230 ديسيبل بالنسبة للضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر) عن قوة المدافع الهوائية وتعمل في نطاق ترددات أعلى (تتراوح بين 0,5 و 2,5 كيلوهرتز؛ Gontz and others, 2006). ومع أن هذه المسوح تكون عادة محصورة النطاق من الناحيتين الزمنية والمكانية، فإن أثرها يمكن أن يكون ذا مغزى بالنسبة للأنواع والنظم الإيكولوجية الشاطئية الحساسة.

ويجري تنقيب حثيث بالمسح السيزمي في المناطق البحرية لجميع القارات باستثناء أنتاركتيكا. ويوجد في خليج المكسيك أعلى مستويات لهذا النشاط في العالم، حيث يُعد التنقيب في المياه العميقة بالمسح السيزمي أكبر مصدر لضوضاء الوسط المحيط المنخفضة التردد في هذه المنطقة (Wiggins and others, 2016). وحدث نشاط كبير أيضا في شمال المحيط الأطلسي (Nieukirk and others, 2004)، وجنوب المحيط الأطلسي (Miksis-Olds and Nichols, 2016؛ و Haver and others, 2017) وبحر الشمال (Hildebrand, 2009). فقد كان نشاط المسح السيزمي يتزايد في أواخر العقد الأول وأوائل العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين بسبب ارتفاع أسعار النفط الخام، لا سيما في مناطق مثل جنوب المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط (Maglio and others, 2016). وزاد متوسط عدد سفن المسح السيزمي النشطة في العالم من 40 سفينة في عام 2004 (Hildebrand, 2009)، إلى 75 سفينة بحلول عام 2014 (استنادا إلى سجلات طواقم المسح السيزمي)، وسُجلت أعلى مستويات النشاط في خليج المكسيك، وأوروبا، وآسيا والمحيط الهادئ، وأفريقيا. غير أنه عقب انخفاض أسعار النفط الخام في عامي 2015 و 2016، انخفض عدد السفن النشطة إلى 58 سفينة بحلول منتصف عام 2018 (GeoTomo, 2018).

ووُثِّقت الآثار المرتبطة بالصوت الناتج خلال مسوح التنقيب السيزمي على الحياة البحرية بالنسبة لمجموعة من الأصنوفات، تتراوح ما بين العوالق الحيوانية والثدييات البحرية. وأفادت دراسة ماكولي وآخرين في عام 2017 (McCauley and others, 2017) بنضوب عوالق حيوانية بعد عمليات المسح السيزمي مباشرةً، بالتزامن مع زيادة العوالق الحيوانية النافقة التي تنتمي لأنواع مختلفة. وكشفت تجارب متحكم في متغيراتها أجريت على يرقات المحار المروحي أن هذه اليرقات تظهر عليها تأخيرات وتشوهات كبيرة في النمو إذا تعرضت للنبضات الصادرة من المدافع الهوائية المستخدمة في المسح السيزمي (Aguilar de Soto and others, 2013)، في حين لوحظ أن المحار المروحي البالغ يصاب باضطراب في ردود الفعل الانعكاسية (Day and others, 2016). ويحتمل أن تكون عمليات المسح السيزمي أيضا من العوامل المتسببة في جنوح الحبار العملاق (Guerra and others, 2004). وقد لوحظ أن الأسماك تُظهِر تغيرات في سلوكها ووظائف أعضائها نتيجةً لعمليات المسح السيزمي (Weilgart, 2018، والمراجع المشار إليها فيه)، مع الإبلاغ أيضا عن تغيرات في معدلات المصيد من الأسماك (Løkkeborg, 1991؛ و Løkkeborg and others, 2012). ولوحظ أن عمليات المسح السيزمي تؤثر سلبا على التواصل بين الحيتان البالينية (Di Iorio and Clark, 2009؛ و Cerchio and others, 2014). وفي حين لوحظ عدد من آثار التنقيب بالمسح السيزمي على الحياة البحرية، فإن تجارب التعرض المتحكم في متغيراتها لم تكشف عن أي آثار ملحوظة على تطور وبقاء أجنة جراد البحر الصخري الجنوبي (*Jasus edwardsii*) ويرقات سرطان دونجونيس البحري (*Metacarcinus magister*) (Pearson and others, 1994؛ و Day

and others, 2016) وكشفت عن حدوث تأثير محدود على العوالق الحيوانية المجدافية الأرجل المعرفة باسم كالانوس فينمارشيكوس (copepod Calanus finmarchicus) (Fields and others, 2019).

2-3 - النشاط الصناعي كعامل مساهم في إحداث الضوضاء في المحيطات

أنجز مجلس البحوث الوطني في الولايات المتحدة الأمريكية في عام 2003 استعراضا شاملا للضوضاء التي تحدث تحت الماء بسبب النشاط الصناعي. ويرد أدناه موجز للنتائج الرئيسية لذلك التقرير والبحوث التي نُشِرَت منذ عام 2003 في مجال الضوضاء الصناعية في المحيطات. ولأغراض هذا الفصل، فُصِلَت مساهمات صناعة النفط والغاز غير المتعلقة بالمسح السيزمي في الضوضاء البحرية عن بقية الأنشطة الصناعية التي تسهم فيها.

1-3-2 الضوضاء الصناعية الناجمة عن صناعة النفط والغاز

إلى جانب ما تسهم به صناعة النفط والغاز في الضوضاء عبر المسوح السيزمية، التي تهدف إلى التنقيب عن النفط والغاز، فإنها تسهم في الضوضاء أيضا خلال مرحلتي الحفر والإنتاج. وتُنفَّذ الأنشطة المرتبطة بصناعة النفط والغاز في جميع أنحاء العالم بين خطي عرض 72 درجة شمالا و 45 درجة جنوبا. وتمتد الأنشطة المرتبطة بالمسح السيزمي وإنتاج النفط والغاز على طول سواحل جميع قارات العالم باستثناء أنتاركتيكا (NRC, 2003). وعادة ما تكون مستويات الضوضاء المرتبطة بإنتاج النفط والغاز والأنشطة المصاحبة لها، مثل تركيب خطوط الأنابيب، وتوليد الطاقة على المنصات، وتدفق النفط والغاز من خطوط الأنابيب، ونشاط سفن الدعم، أقل بكثير من الأنشطة المرتبطة بالمسح السيزمي (Richardson and others, 1995). ويمكن أن تكون آثار الضوضاء الناجمة عن الإنتاج محصورة في المناطق القريبة من المرافق ولكنها تستمر خلال دورة الحياة النشطة لمرفق الإنتاج، والتي يمكن أن تمتد سنوات (NRC, 2003).

واستنادا إلى البيانات التي جُمِعَت على طول المنحدر الشمالي لألاسكا وساحل كندا المتاخم، فإن السفن التي تشارك بشكل نشط في أنشطة الحفر تتسبب في مستويات عالية من الصوت المتشعب حيث إن المستوى الأقصى للضغط الناتج عن مصادر عريضة النطاق، محسوبا من الجذر التربيعي لمتوسط ضغط الصوت عبر نطاق يمتد من 10 هرتز إلى 10 كيلوهرتز يبلغ حوالي 190 ديسيبل بالنسبة إلى الضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر (Richardson and others, 1995).

2-3-2 العوامل الصناعية والإنشائية الأخرى المساهمة في إحداث الضوضاء في المحيطات

يتسع نطاق الأنشطة في هذه الفئة اتساعا هائلا. فتربينات الرياح التي تُستخدَم في دق الأوتاد وتوليد الطاقة توجد عادة في المياه الأكثر عمقا، أما الأنشطة القريبة من الشاطئ كنشاط الكرَّاكات والتنمية الساحلية والإنشاءات المرتبطة بها وأحواض السفن والتشغيل اليومي للموانئ، فهي تسهم في الضوضاء في المياه الضحلة. ولا يزال التعدين في قاع البحار العميقة محدودا في معظمه بسبب ارتفاع تكاليفه إلى درجة تمنع انتشاره (Miller and others, 2018؛ و Thompson and others, 2018)، ولكن نطاقه قد يتسع في المستقبل. وهناك قصور في فهم الأثر المركب الذي يلحق بالبيئة البحرية من أنشطة صناعية شتى، منها مثلا خليط من المصادر الصوتية الأرضية أو الشاطئية أو القريبة من الشواطئ. غير أن هذه المجموعة الواسعة من الأنشطة الصناعية تنتج مستويات متباينة من ضغط الصوت عند المصدر وأنماطا صوتية متباينة، على النحو المبين بالتفصيل أدناه.

وتنطوي عملية دق الأوتاد عادة على ارتطام مطارق كبيرة بقاع البحر آلاف المرات كل ثانية تقريبا كي تَدُقَّ فيه هياكل تُثبِّت الهياكل العائمة فوق سطح المياه. وتكون مستويات شدة الضوضاء عند المصدر كبيرة في هذه العملية، حيث تتراوح هذه المستويات عند ذروتها بين 226 و 248 ديسيبل بالنسبة للضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر (Bailey

and others, 2014؛ Miller and others, 2017). وهناك عدد من التقنيات المستخدمة في تقليل مستويات الضوضاء المنتشرة نتيجةً لدق الأوتاد، منها استخدام الستائر الفقاعية الحرة الارتفاع (Würsig and others, 2000)، والستائر الفقاعية الهوائية الثابتة (Rustemeier and others, 2011)، وستائر رنّان هلمهولتز (Lee and others, 2012). ويمكن لنشر هذه التقنيات أن يخفض مستويات الصوت التي تصل إلى مناطق بعيدة عن النشاط بما يصل إلى 20 ديسيبل، وإن كان متوسط الانخفاض يبلغ حوالي 5 ديسيبل (Buehler and others, 2015).

ومحطات توليد الطاقة الريحية المشغلة في عرض البحر تنتج مستويات من الضوضاء تبلغ حوالي 150 ديسيبل بالنسبة إلى الضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر (Nedwell and Howell, 2004؛ و Hildebrand, 2009). وهذه الضوضاء يمكن أن تشكل زيادة تتراوح بين 5 و 25 ديسيبل في المستويات الكلية لصوت الوسط المحيط في المواقع القريبة (التي تبعد عن المصدر بأقل من 1 كم تقريبا) (Norro and others, 2011). وعلى غرار مرافق النفط والغاز، فإن الضوضاء المرتبطة بإنشاء محطات توليد الطاقة الريحية، الناجمة إلى حد كبير عن أنشطة دق الأوتاد، تكون محدودة المدة ولكنها يمكن أن تؤثر في مساحات واسعة من المحيط. غير أنه متى تم تشغيل هذه المحطات، ستؤثر الضوضاء الناتجة عن تشغيلها على منطقة أصغر ولكنها تستمر طالما استمر التشغيل.

وفي السنوات الأخيرة، تجدد الاهتمام بالعمليات التجارية التي تجري لاستخراج المعادن ذات القيمة الاقتصادية من أعماق البحار، بما في ذلك من مواقع فتحات التنفيس الحراري المائي في جميع أنحاء العالم، مع القيام بالاستكشاف في منطقة مرتفع وسط المحيط الأطلسي حول جُزُر الأزور (انظر أيضا الفصل 18). ولا تُعرَف مستويات الصوت التي تسهم بها هذه الأنشطة في أعماق البحار.

وتتكون الضوضاء البشرية المنشأ الناجمة عن الجَرف من صوت الآلات المحمولة على متن السفن والحركة الميكانيكية الآتية، مثلا، من آلات الشفط وتحريك التربة، وكذلك من الاستخدام المحتمل للمتفجرات. وتتراوح مستويات الضوضاء المسجلة أثناء جرف القاع من حوالي 163 ديسيبل إلى 190 ديسيبل بالنسبة إلى الضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر، على حسب نوع عملية الجرف (Greene, 1985؛ و Nedwell and others, 2008؛ و Robinson and others, 2011؛ و Reine and others, 2012؛ McQueen and others, 2020).

ويمكن أن يكون لهذه الأنشطة الصناعية المتنوعة آثار مختلفة على الحياة البحرية. فقد لوحظ أن الضوضاء النبضية كتلك التي تنشأ عن دق الأوتاد تعرقل استخدام موائل خنازير البحر (Carstensen and others, 2006) ويمكنها أن تتسبب في حدوث إعاقات سمعية للثدييات البحرية والأسماك القريبة من مصدر الضوضاء (Madsen and others, 2006؛ و Casper and others, 2013). ولوحظ أن الضوضاء الناتجة عن دق الأوتاد تزيد من معدل الأيض في بعض أنواع الأسماك وبلح البحر (Spiga and others, 2016؛ و Bruintjes and others, 2017)، وتغيّر كذلك سلوك السباحة والتجمّع لدى الأسماك (Mueller-Blenkle and others, 2010؛ و Herbert-Read and others, 2017)، وتستثير ردود فعل لدى الحبار (Jones and others, 2020). ولوحظ أيضا أن الاهتزازات التي تحدث في قاع البحار نتيجة للتجارب المصممة لمحاكاة نشاط دق الأوتاد تؤثر سلبا على نمو بلح البحر الذي يسكن القاع وعلى حالته الجسدية (Roberts and others, 2015). وفي حين أن الأسماك والثدييات البحرية يمكنها اكتشاف الأصوات الصادرة من محطات توليد الطاقة الريحية التي تعمل على مسافة بضعة كيلومترات منها، فليس معروفا ما إذا كانت هذه الأصوات تسبب أي اضطرابات في أدائها البيولوجي، وإن كان قد تبين أنها تسبب اضطرابا في السلوك الاستيطاني لدى السلطعون (Pine and others, 2012).

3-3-2 ضوضاء المحيطات الناتجة عن أجهزة السونار

تستخدم أنواع مختلفة من أجهزة السونار لرسم خرائط قاع المحيطات، والكشف عن أجسام مختلفة موجودة في عمود الماء وتحديد مواقعها (مثل العوالق أو الأسماك أو الغواصات). ويُستخدَم السونار من قبل المؤسسة العسكرية، ومجتمع الصيد التجاري والاستئجاري والترفيهي، وأوساط البحث العلمي، وجهات أخرى. ويختلف نوع الاستخدام في داخل كل مجموعة من هذه المجموعات.

فاستخدام السونار في المؤسسات العسكرية يتركز في المقام الأول على الحرب المضادة للغواصات وينطوي على نوعين من السونار هما: السونار النشط المنخفض الترددات والسونار النشط المتوسط الترددات. ويعمل السونار النشط المنخفض الترددات في حيز يتراوح بين 100 و 500 هرتز، وينتج ضغط صوت يتراوح مستواه العام عند المصدر ما بين 230 إلى 240 ديسيبل بالنسبة للضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر، مما يسمح له باكتشاف الأجسام على نطاقات طويلة (مئات الكيلومترات). أما السونار النشط المتوسط الترددات، فهو يعمل في حيز ترددي يتراوح بين 2 و 8 كيلوهرتز، وينتج ضغط صوت يبلغ مستواه عند المصدر 235 ديسيبل بالنسبة للضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر (Hildebrand, 2009)، ويصل مداه إلى عشرات الكيلومترات. وتخصص بحرية الولايات المتحدة أربع سفن لاستخدام أجهزة السونار النشط المنخفض الترددات، ويوجد ما يقرب من 300 جهاز سونار نشط متوسط الترددات في الخدمة الفعلية في القوات البحرية على الصعيد العالمي (Hildebrand, 2009).

وفي الاستخدامات غير العسكرية، تشمل أجهزة السونار التي لوحظت في معظم الأحيان على السفن "السونار الكاشف للأسماك" وغيرها من مسبارات الصدى التي تعمل بتردد واحد أو التي تعمل بترددات متعددة، والتي تسمى مسبارات الصدى المتعددة الحزم ومسبارات المسح الجانبي بالصدى. وتكون مستويات ضغط الصوت عند المصدر التي تعمل فيها أجهزة السونار غير المستخدمة في الأغراض العسكرية أقل عموما من المستويات التي تعمل فيها أجهزة السونار العسكرية، وفي معظم الحالات، تُوجَّه الأجهزة ذات الاستخدامات غير العسكرية حزم الصوت التي تنتجها إلى أسفل تحت المسار الذي تبحر فيه السفينة، أو عبر هذا المسار في حالة أجهزة السونار المتعددة الحزم. ويتراوح التردد التشغيلي المعتاد للسونار الكاشف للأسماك بين 15 و 200 كيلوهرتز. وتعمل منظومات السونار المتعددة الحزم التي تستخدمها دوائر البحوث عادة عند ترددات تتراوح بين 12 كيلوهرتز للمنظومات التي تعمل في المياه العميقة و 400 كيلو هرتز للمنظومات التي تعمل في المياه الضحلة، وتستخدم حزم اتجاهية ضيقة (حوالي درجة واحدة) وتتراوح مستويات ضغط الصوت عند المصدر بين 232 و 245 ديسيبل بالنسبة للضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر (Hildebrand, 2009).

وقد قيدت بعض البلدان استخدام السونار النشط المنخفض الترددات بسبب المخاوف من تأثيره على الغواصين والثدييات البحرية (Miller and others, 2000)، وإن كان قد أفيد أنه لا يؤثر على سلوك أسماك الرنجة (Doksæter and others, 2012). وقد كان استخدام السونار النشط المتوسط الترددات من العوامل المتسببة في جنوح أنواع متعددة من الحوتيات (Balcomb and Claridge, 2001). فالحيتان ذات المنقار تبدو حساسة بشكل خاص لذلك النوع من أجهزة السونار، الذي رُبِط بالفعل بحدوث تلف في وظائف الأعضاء (Fernández and others, 2005) وتغيرات سلوكية في عدة أنواع من الحيتان ذات المنقار (Tyack and others, 2011؛ و DeRuiter and others, 2013؛ و Moretti and others, 2014). غير أن الاستجابات تتفاوت بشكل عام من مجموعة لأخرى، فهناك بعض المؤشرات على أن الحيتان ذات المنقار المعرضة بانتظام للسونار النشط المتوسط الترددات قد تتأقلم مع الصوت (Bernaldo de Quirós and others, 2019). ولوحظ أن وجود السونار النشط المتوسط الترددات يُغيِّر سلوك الحيتان البالينية (Goldbogen and others, 2013) وسلوك أنواع متعددة من الحيتان المُسنَّنة (Sivle and others, 2012). وتبدو الحيتان ذات المنقار حساسة أيضا لأشكال أخرى من السونار، حيث وُثِّقت تغيرات ملاحَظة في سلوكها في وجود مسبار صدى نُشِرَ لأغراض علمية (Cholewiak and others, 2017).

المصادر الرئيسية للضوضاء البشرية المنشأ

قطاع الصناعة	مصدر الصوت	نوع الصوت	مستوى الصوت عند المصدر (بالديسيبل بالنسبة للضغط المعياري 1 ميكروباسكال على المسافة المعيارية 1 متر)	تردد الطاقة الرئيسية (كيلوهرتز)
الشحن التجاري				
السفن المتوسطة الحجم (50 مترا - 100 متر)	الرفاس/التجوُّف	مستمر	165-180[أ]	أقل من 1
السفن الكبيرة الحجم (مثل الناقلات الضخمة) (مثل الناقلات العملاقة وسفن الحاويات)	الرفاس/التجوُّف	مستمر	180-219[أ]	أقل من 0,2
استكشاف الموارد واستغلالها				
النفط والغاز	المدافع الهوائية السيزمية	نبضي	220-262[ج]	0,1-0,05
	الحفر	مستمر	124-190[أ]	1-0,1
الطاقة المتجددة	دق الأوتاد الصدمي	نبضي	220-257[ج]	2-0,1
	محطات توليد الطاقة الريحية التي في طور التشغيل	مستمر	144[أ]	أقل من 0,5
سلاح البحرية	أجهزة السونار المنخفضة الترددات	نبضي	240[ب]	0,5-0,1
	أجهزة السونار المتوسطة الترددات	نبضي	223-235[ب]	8,2-2,8
	التفجيرات (مثل اختبار قدرة السفن على امتصاص الصدمات، والمناورات)	نبضي	272-287[أ]	0,02-0,006
صيد الأسماك	الرفاس/التجوُّف	مستمر	160-198[أ]	أقل من 1-10
	أجهزة الردع/الإزعاج	نبضي	132-200[ب]	30-5
	جهاز السونار (مسبار الصدى)	نبضي	185-210[ب]	260-20
الجَرف	الرفاس/التجوُّف، القطع، الضخ، الانتزاع، الحفر	مستمر بالأساس	163-188[أ]	0,5-0,1
البحث العلمي البحري (على سبيل المثال، سفن الأبحاث)	الرفاس/التجوُّف	مستمر	165-180[أ]	أقل من 1
الأنشطة الترفيهية (على سبيل المثال، سفن الاستجمام/الزوارق السريعة)	الرفاس/التجوُّف	مستمر	160-175[أ]	10-1
السياحة (مثل مشاهدة الحيتان والدلافين والسفن السياحية)				
السفن التي يزيد طولها عن 50 مترا ويقل عن 100 متر	الرفاس/التجوُّف	مستمر	160-190(أ)	أقل من 10-0,2
إنشاء المرافئ	دق الأوتاد بالمطارق الصدمية (مثل دق الركائز العريضة)	نبضي	200[ب]	0,5-0,1

المصدر: وثيقة الأمم المتحدة 73/A/68، المرفق.

(أ) الجذر التربيعي لمتوسط مستوى ضغط الصوت.

(ب) مستوى ضغط الصوت عند الذروة.

(ج) مستوى ضغط الصوت من الذروة إلى الذروة.

3 - وصف العواقب الاقتصادية والاجتماعية والتغيرات الاقتصادية أو الاجتماعية الأخرى

خلال المناقشات التي دارت بشأن الضوضاء البشرية المنشأ تحت الماء في عام 2018 في إطار عملية الأمم المتحدة التشاورية غير الرسمية المفتوحة باب العضوية المتعلقة بالمحيطات وقانون البحار، شُدّد على أهمية معالجة الآثار الاجتماعية - الاقتصادية لتلك الضوضاء. فعلى سبيل المثال، تبين أن وجود مسوح سيزمية بالمدافع الهوائية يقلل من كمية الأسماك المصيدة من نوع الغادسيّات (gadid) وسمك القد الصخري (Hirst and Rodhouse, 2000). وقد يؤدي ذلك إلى خسارة اقتصادية قصيرة الأجل لتلك المصائد أثناء تنفيذ جهود المسح السيزمي. وقد يكون لآثار الضوضاء على الأنواع ذات الأهمية الاجتماعية والاقتصادية والثقافية الخاصة تأثيرات اجتماعية - اقتصادية على المجتمعات الساحلية. فالضوضاء قد تكون لها آثار اقتصادية واجتماعية سلبية على المجتمعات المحلية، خصوصا إذا أخلّت بتوافر الأنواع البحرية ذات الأهمية التجارية أو الترفيهية. وقد يُتوقع حدوث انخفاض مماثل في الفوائد الاجتماعية والاقتصادية بالاقتران مع نزوح الثدييات البحرية التي تتمحور حولها الأنشطة السياحية. وبالإضافة إلى ذلك، قد يؤثر نزوح الحيوانات البحرية على الممارسات التقليدية والثقافية لمجتمعات الشعوب الأصلية التي تعتمد على صيد الأسماك الحرفي وعلى صيد الحيوانات لتحقيق كفاف العيش. ولم يُدرَس جيدا في الماضي مجال التفاعلات بين الضوضاء البشرية المنشأ وأثرها على العوامل الاجتماعية والاقتصادية، ولكن زيادة الاهتمام بالضوضاء البشرية المنشأ في المحيطات قد تؤدي إلى زيادة التركيز على عواقب زيادة الضوضاء على البشر.

وفي حين أن الضوضاء تحت الماء البشرية المنشأ قد تكون مرتبطة على أوضح ما يكون بالنجاح في تحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة المشمولة (حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة)، فهي ترتبط أيضا بعدد من أهداف التنمية المستدامة الأخرى[2]. فمن المرجح أن يؤدي ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة (الهدف 7) إلى زيادات محلية قصيرة الأجل في مستويات الضوضاء البشرية المنشأ في المحيطات أثناء إنشاء محطات توليد الطاقة الريحية في عرض البحر، ولكنه قد يؤدي إلى انخفاض عام في الضوضاء البشرية المنشأ بالاقتران مع انخفاض الحاجة إلى استغلال أنواع الوقود الأحفوري. ويمكن للتنفيذ الناجح للهدفين 11، بشأن المدن والمجتمعات المستدامة و 12، بشأن الاستهلاك والإنتاج المسؤولين، أن يؤثر في نهاية المطاف على الضوضاء البشرية المنشأ في المحيطات إذا أسفر تحقيق هذين الهدفين عن تغييرات في الشحن العالمي.

4 - التغيرات والعواقب الرئيسية الخاصة بكل منطقة

4-1 - المحيط المتجمد الشمالي

بدأ فتح قنوات الشحن في المحيط المتجمد الشمالي نتيجة لتناقص الثلوج البحرية الناجم عن تغير المناخ يؤدي بالفعل إلى زيادة حركة السفن عبر حوض ذلك المحيط (Eguíluz and others, 2016). وفي حين أن هذا الطريق لا يزال غير مألوف إلى حد ما، فمن المرجح، مع انحسار المزيد من الثلوج البحرية، أن يصبح المحيط

[2] انظر قرار الجمعية العامة 1/70.

المتجمد الشمالي طريقا أكثر شيوعا للشحن والسياحة في المستقبل (Smith and Stephenson, 2013). والتغيرات في الشحن، وخاصة التغيرات المرتبطة بها في البيئات الصوتية التي تحولها إلى بيئات أكثر تأثرا بالأنشطة البشرية المنشأ، لا تزال عواقبها على المجتمعات والحيوانات البحرية في المحيط المتجمد الشمالي مجهولة إلى حد بعيد (Ho, 2010). وقد بدأ التنقيب عن النفط في بحر تشوكشي في منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، ولكن أُحجِم عن تنفيذ المزيد من عمليات التنقيب عن النفط وتنمية موارده عندما تبين أن احتياطيات المنطقة لا تكفي لتبرير ضخ المزيد من الاستثمارات (Sell, 2015). ولا يُسمَح حاليا بتنمية موارد النفط والغاز في عرض البحر في الجانب الكندي من المحيط المتجمد الشمالي، وهو حظر من المقرر إعادة النظر فيه في عام 2021 (Nunatsiaq, 2016).

4-2 - شمال المحيط الأطلسي وبحر البلطيق والبحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال

شمال المحيط الأطلسي من طرق الشحن التي تعج بالنشاط على مدار العام (Vettor and Soares, 2015). وتوجد ضوضاء التنقيب بالمسح السيزمي بشكل موسمي في المناطق القطبية في شمال المحيط الأطلسي (Klinck and others, 2012؛ و Haver and others, 2017). وقد أدى التوسع السريع في تطوير محطات توليد الطاقة الريحية في عرض البحر في بحر الشمال وبحر البلطيق إلى وجود أكثر من 40 محطة عاملة في عام 2018، ومن المتوقع أن يستمر التطوير في المستقبل (Xu and others, 2020؛ و Rusu, 2020)، مما سيؤدي إلى زيادة كبيرة في الضوضاء خلال مرحلة الإنشاء (Miller and others, 2017). وتتمثل النقاط الساخنة الرئيسية للضوضاء في البحر الأبيض المتوسط في المناطق المحيطة بالموانئ الرئيسية. وبالإضافة إلى ذلك، شهد البحر الأيوني والبحر الأدرياتي، وكذلك السواحل على امتداد شمال غرب أفريقيا وشرق البحر الأبيض المتوسط، زيادة في الآونة الأخيرة في المسوح التي تُجرى للتنقيب عن النفط والغاز (Maglio and others, 2016). ومن الممكن أيضا أن تحدث زيادة في نشاط المسح السيزمي في البحر الأسود (Broad, 2014).

4-3 - خليج المكسيك وجنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى

انخفض عدد السفن التي تُجري مسوحا سيزمية في خليج المكسيك، ولكن حدث توسع في هذه المسوح قبالة ساحل المحيط الأطلسي لأمريكا الجنوبية (GeoTomo, 2018؛ و United States Energy Information Administration (USEIA), 2020)، مما يحتمل أن يكون قد زاد من مستويات الضوضاء عند الترددات المنخفضة على مدى العقد الماضي. وقد تؤدي الاكتشافات الكبيرة للنفط في عرض البحر التي قامت بها غيانا (Cummings, 2018) إلى ارتفاع مستويات التنقيب بالمسح السيزمي والنشاط الصناعي في المنطقة. ولا يوجد مكان في منطقة البحر الكاريبي إلا فيه ضوضاء مرتبطة بحركة الملاحة بالسفن (Heenehan and others, 2019).

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

تسهم التنمية في أفريقيا حاليا، بما في ذلك زيادة عدد الموانئ الجديدة، في التوسع السريع في الشحن البحري في هذه المنطقة (Tournadre, 2014)، وهو ما يؤدي بدوره إلى زيادة الضوضاء البشرية المنشأ في المناطق التي كانت سابقا تخلو نسبيا من الضوضاء. وما زال التنقيب بالمسح السيزمي جاريا في البحر قبالة ساحل أستراليا (Paumard and others, 2019).

4-5 - شمال المحيط الهادئ

يجري حاليا إعداد مشاريع جديدة لتوليد الطاقة الريحية في عرض البحر قبالة سواحل اليابان وجمهورية

كوريا ومقاطعة تايوان الصينية والصين (Yang and others, 2018؛ و Li and Yuan, 2019). وفي إطار هذه العملية، تشرع اليابان أيضا في تحديد المعايير الأساسية للرصد الصوتي. وبالمثل، أُقتُرِحت مشاريع لتوليد الطاقة الريحية في عرض البحر قبالة الساحل الغربي للولايات المتحدة الأمريكية، ولكنها لم تُرخَّص أو تُنشأ حتى الآن (Bureau of Ocean Energy Management, 2020). ويجري تخصيص بعض المناطق على طول الساحل الغربي للولايات المتحدة، وكذلك على طول سلسلة جزر هاواي، باعتبارها محميات بحرية ويمكن حمايتها من التنمية المباشرة.

4-6 - جنوب المحيط الهادئ

يستمر التنقيب بالمسح السيزمي في البحر قبالة شواطئ أستراليا ونيوزيلندا (على سبيل المثال، Cheong and Evans, 2018؛ و Urosevic and others, 2019). أما منطقة جنوب المحيط الهادئ، فلا تزال خالية نسبيا من مصادر الضوضاء البشرية المنشأ، مع قلة نشاط الشحن والتنمية الصناعية.

4-7 - المحيط الجنوبي

شهد المحيط الجنوبي زيادة في حركة السفن السياحية في السنوات الأخيرة، في كل من منطقة شبه الجزيرة الأنتاركتيكية التي شهدت بعض حركة السفن السياحية في الماضي، وفي منطقة أنتاركتيكا الشرقية ومنطقة بحر روس اللتين لم يسبق استكشافهما من قبل (Sánchez and Roura, 2016). غير أن المنطقة عموما لم يكن فيها سوى القليل من مصادر الضوضاء البشرية المنشأ، مع قلة نشاط الشحن والتنمية الصناعية (Dziak and others, 2015).

5 - آفاق المستقبل

تنبع الضوضاء البشرية المنشأ في المحيطات بالأساس من أنشطة الشحن والتنقيب على النفط والغاز، وتنبع - على المستوى المحلي أو الإقليمي - من التنمية الساحلية. وسيؤدي النمو السكاني والهجرة إلى المناطق الساحلية وزيادة التصنيع والسياحة وغيرها من التطورات إلى زيادة في الأنشطة التي تساهم في إحداث الضوضاء البشرية المنشأ، ما لم تكن مصحوبة بجهود للتخفيف. وقد بدأ تنفيذ عدد من هذه الجهود. فاللجنة العلمية التابعة للجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان أقرت هدفا يتمثل في خفض صوت الوسط المحيط في المحيطات بمقدار 3 ديسيبل في العقد المقبل و 10 ديسيبل على مدار السنوات الثلاثين المقبلة. وتدأب اللجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان في إجراء مناقشات مع المنظمة البحرية الدولية بشأن وضع استراتيجيات لتحقيق هذه الانخفاضات. وقد تكون إحدى الخطوات هي تقليل الضوضاء الناجمة عن الشحن، الذي هو عامل رئيسي مساهم في الضوضاء البشرية المنشأ عند الترددات المنخفضة في المحيط المفتوح (Wenz, 1962؛ و Frisk, 2012؛ و Roul and others, 2019). ويمكن خفض الضوضاء الناجمة عن الشحن عن طريق تعديل أرياش الرفاس لتقليل صوتها، وعن طريق عزل المحركات وغيرها من المعدات المساهمة في الضوضاء على السفينة بمواد عازلة للصوت، بحيث لا تنتشر الضوضاء الناجمة عنها في المحيط من خلال السفينة. وهذه التكنولوجيات موجودة بالفعل ولكن يلزم توسيع نطاق تنفيذها. والتدابير البديلة التي يجري النظر فيها والتي يمكن أن تُنفَّذ بدون أي تطورات تكنولوجية تشمل خفض سرعة السفن أو تحويل حركتها بعيدا عن مناطق الحياة البحرية الحساسة، مثل الملاذات أو الحدائق أو المحميات البحرية. وفي صناعة النفط والغاز، يجري البحث في بدائل جديدة للمسوح الاستكشافية التي تُستخدَم فيها المدافع الهوائية، مثل تكنولوجيا الهزازات البحرية. وحتى مع التطورات التكنولوجية الجديدة، لا يمكن التوصل إلى حماية كافية للبيئة البحرية دون التوصل إلى

توافق في الآراء بشأن نهج عالمي يسد الثغرات المعرفية المتصلة بآثار الضوضاء البشرية المنشأ. ومع أخذ هذه المناقشات في الاعتبار، اعتمدت المنظمة البحرية الدولية، على سبيل المثال، المبادئ التوجيهية للحد من الضوضاء تحت الماء الناجمة عن الشحن التجاري لمعالجة الآثار الضارة على الحياة البحرية، في عام 2014.

واعترفت كيانات شتى تابعة للأمم المتحدة بأهمية الضوضاء البشرية المنشأ. فقد كانت الضوضاء الناجمة عن الأنشطة البشرية هي الموضوع الرئيسي للاجتماع التاسع عشر لعملية الأمم المتحدة التشاورية غير الرسمية المفتوحة باب العضوية المتعلقة بالمحيطات وقانون البحار الذي عُقِد في حزيران/يونيه 2018. وشملت العروض والمناقشات التي جرت خلال الاجتماع، في جملة أمور، استعراض مصادر الضوضاء البشرية المنشأ، والآثار الاجتماعية - الاقتصادية للضوضاء، والتعاون والتنسيق بين الدول لمعالجة الضوضاء البشرية المنشأ. ولوحظ، في جملة أمور، أن تطبيق نهج تحوطي في إدارة آثار الضوضاء قد اقتُرح على الصعيدين الإقليمي والعالمي وأن التعاون فيما بين القطاعات ضروري لتحديد الآثار والتخفيف من حدتها[3].

والصوت شكل من أشكال الطاقة، لذلك يعتبر الكثيرون إدخاله إلى البيئة البحرية شكلا من أشكال التلوث لأنه يمكن أن يسبب آثارا ضارة. وقد أقر مؤتمر الأطراف في معاهدة المحافظة على الأنواع المهاجرة من الحيوانات الفطرية بشكل صريح، في قراره 12-14 بأثر الضوضاء تحت الماء الناجمة عن الأنشطة البشرية على الأنواع البحرية وشجع على مواصلة دراسة هذه الضوضاء والتخفيف من آثارها. وأيد المؤتمر أيضاً المبادئ التوجيهية بشأن تقييم الأثر البيئي للأنشطة البحرية المولدة للضوضاء، التي تم وضعها بالتعاون مع أمانتي اتفاق حفظ حوتيات البحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط والمنطقة الأطلسية المتاخمة، واتفاق حفظ الحوتيات الصغيرة في بحر البلطيق وشمال شرق المحيط الأطلسي والبحر الأيرلندي وبحر الشمال. وعلاوة على ذلك، رحب المؤتمر بمعلومات الدعم الفني ذات الصلة (Prideaux ، 2017)[4].

وتقوم عدة دول منذ فترة بوضع مبادئ توجيهية إدارية خاصة بها لإدارة الضوضاء في المحيطات. والاتحاد الأوروبي مكلف من الدول الأعضاء فيه بقياس الضوضاء البشرية المنشأ والإبلاغ عنها بموجب الواصف 11 من الأمر التوجيهي الإطاري للاستراتيجية البحرية المعتمد في حزيران/يونيه 2008. والهدف من الأمر التوجيهي هو تحقيق حالة بيئية جيدة بحلول عام 2020، على أن تحدد كل دولة عضو كيفية تحقيقها. وبموجب هذا الأمر التوجيهي، انتشرت في جميع أنحاء المنطقة مشاريع تستهدف الضوضاء في المحيطات، بما في ذلك سجلات الضوضاء أو قواعد البيانات الخاصة بها التي تحتوي على مواصفات بشأن نشاط الضوضاء النبضية. وتشمل الأمثلة على هذه السجلات سجل الضوضاء النبضية الخاص بلجنة حماية البيئة البحرية في منطقة بحر البلطيق، وسجل الضوضاء في البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود الخاص بالاتفاق المتعلق بحفظ الحوتيات في البحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط والمنطقة المجاورة من المحيط الأطلسي. وتنشئ كندا حاليا شبكة البنية التحتية للبحوث البيئية البحرية من أجل إدماج البيانات وتطبيقاتها[5]، وهي قاعدة بيانات عن الصوتيات تحت الماء وتتبع السفن، تشمل أدوات للعرض البياني والتحليل لتوفير المعلومات للمديرين والجمهور والباحثين. وفي الولايات المتحدة، يرد بيان بالتدابير اللازمة لإدارة أثر الضوضاء على الأنواع البحرية بشكل شامل في استراتيجية ضوضاء المحيطات التابعة للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (Gedamke and others, 2016)، وتشمل هذه التدابير أيضا استخدام أدوات لرسم الخرائط للمساعدة في تقييم آثار الضوضاء

[3] انظر A/73/124.

[4] تتوفر معلومات مفصلة عن *CMS Family Guidelines on Environmental Impact Assessments for Marine Noise-generating Activities* على الموقع: www.cms.int/guidelines/cms-family-guidelines-EIAs-marine-noise.

[5] انظر: https://meridian.cs.dal.ca/.

البشرية المنشأ على الحيتانيات (NOAA, 2020). ويفترض أن تؤدي هذه الجهود الوطنية الرامية إلى توثيق مصادر الضوضاء إلى زيادة القدرة على تحديد التباين في مستويات الصوت في مختلف أنحاء المنطقة. وفي الوقت نفسه، تؤدي هذه المبادرات حاليا إلى زيادة الجهود الرامية إلى توحيد المعايير المطبقة على جمع البيانات وفي القياسات. فعلى سبيل المثال، قام برنامج التجربة الدولية للمحيطات الهادئة، وهو برنامج علمي دولي تعاوني يهدف إلى تشجيع البحث والمراقبة والنمذجة لتحسين فهم البيئات الصوتية للمحيطات وآثار الصوت على الكائنات البحرية، بإنشاء فريقين عاملين معنيين بجمع البيانات وتوحيد طرق إدارة البيانات.

وحُدِّد الصوت مؤخرا كمتغير من المتغيرات الأساسية للمحيطات من قبل فريق خبراء الأحياء والنظم الإيكولوجية التابع للنظام العالمي لرصد المحيطات (GOOS, 2020). ويُعتَرف بالصوت في المحيطات كمتغير متعدد التخصصات لأنه يشمل مصادر جيوفيزيائية مثل الرياح والفقاعات والجليد والزلازل والبراكين. ويفترض أن يسهم هذا الاعتراف العالمي وإدماج نظم الرصد في المبادرات الجديدة في زيادة رصد الضوضاء البشرية المنشأ وتحسين فهم مساهماتها في صوت الوسط المحيط والتغيرات الممكن أن تطرأ على البيئات الصوتية بمرور الوقت، وخاصة فيما يتعلق بتغير استخدام المحيطات والتغير المناخي.

ويمكن أن تؤثر المستويات العالية من الضوضاء في المحيطات على الحياة البحرية بطرق متنوعة. ويتوفر إطار نظري لتقييم عواقب الاضطرابات الصوتية على مستوى المجموعات بالنسبة للثدييات البحرية، ولكن يفترض أن يكون قابلا للتطبيق على الأصنوفات الأخرى كذلك (Pirotta and others, 2018). ويمكن استخدام هذا النهج لأغراض الإدارة، ولكنه يوفر أيضا إطارا لاستكشاف الآليات المباشرة للظواهر التي تستحث تغييرات على المستوى الفردي ولإرشاد عمليات جمع البيانات ووضع النماذج في المستقبل. وبالنظر إلى أن هذه العواقب تحدث بين الأنواع ذات الأهمية التجارية والترفيهية، وكذلك بين الأنواع التي يُعتَمد عليها كمصدر للكفاف، فهناك احتمال أن تحدث آثار اجتماعية واقتصادية سلبية. فعلى سبيل المثال، فإن الانخفاض في تزويد المصائد بأنواع الأسماك ذات الأهمية التجارية (Simpson and others, 2008) قد يؤدي بمرور الوقت إلى انخفاض في كميات المصيد، وارتفاع معدل نفوق الأسماك قد يؤدي إلى انخفاض في إنتاجية المصائد. وبالنسبة للأنواع التي تركز عليها الأنشطة السياحية، قد تؤدي تلك الأنشطة، مثل مشاهدة الحيتان، إلى زيادة الضوضاء ويمكنها أن تُحدِث آثارا (Erbe, 2002؛ و Holt and others, 2009).

6 - الثغرات المعرفية الرئيسية المتبقية

لا تزال هناك تحديات عدة في تقييم الزيادات النسبية في الضوضاء البشرية المنشأ في المحيطات وآثارها المحتملة. وتتمثل إحدى المشاكل الأساسية في نقص المعارف فيما يتعلق بخط الأساس لحالة الضوضاء البيئية في المحيطات. فبسبب عدم توفر تسجيلات تعود إلى الفترات الزمنية التي تسبق بدء الأنشطة البشرية، هناك قصور في فهم البيئات الصوتية البحرية التي تطورت معها الحياة البحرية أو فهم إلى أي مدى يمكن أن تكون هذه البيئات قد تأقلمت مع مدخلات الضوضاء البشرية المنشأ. وأفضل بديل أمامنا هو المناطق الخارجة عن تأثير التنمية والأنشطة البشرية، التي قد توجد في أحواض معزولة، مثل مناطق في المحيط الجنوبي، أو مناطق كانت موجودة، حتى وقت قريب، في أجزاء من القطب الشمالي. ولكن استنادا إلى أفضل تقديراتنا، فالعديد من مناطق المحيطات توجد بها مستويات من ضوضاء الوسط المحيط عند ترددات منخفضة

(10-200 هرتز) تزيد بما لا يقل عن 20 إلى 30 ديسيبل عن المستويات السابقة للنشاط البشري.

وثمة ثغرة رئيسية أخرى تتمثل في فهم أثر الضوضاء على النظم الإيكولوجية البحرية. فحتى الآن، تركَّز معظم العمل على تأثير عامل واحد من العوامل المسببة للإجهاد على نوع معين، وقد لا تنطبق نتيجته مباشرة على مجموعات الأنواع (Gill and others, 2001). ومن غير الواضح الكيفية التي يؤثر بها الاقتران بين الضوضاء وعوامل أخرى مسببة للإجهاد (مثل تغير الشبكات الغذائية، وتغير درجات حرارة المياه، وتدمير الموائل) على مجموعات الأنواع البحرية، كما يصعب جدا دراسة تلك الكيفية. وقد وُضع إطار لتقييم عواقب الاضطراب على المجموعات، ولكن عادة ما يغيب الكثير جدا من القيم المعيارية الرئيسية التي تُمكِّن من التقييم على مستوى المجموعات (King and others, 2015). فعلى سبيل المثال، لا يتوافر إلا قدر ضئيل جدا من المعرفة عن الاستجابة السمعية عند الحيتان البالينية الكبيرة. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تخضع البيئات لمصادر ضوضاء متعددة على نطاقات كبيرة، مع وجود احتمال أن تؤثر على أنواع متعددة في وقت واحد، وهو ما يمكن أن يضاعف أي تأثيرات (Shannon and others, 2016). وفي هذه المرحلة، أخذت العديد من الأنظمة التي تستند إلى بيانات غير كافية تتبع المبدأ التحوطي.

غير أن التوسع في القدرة على إدماج الآثار بمختلف نطاقاتها ومصادرها سيكون ضروريا للغاية لإتاحة إجراء تقييم واقعي لأثر الضوضاء البشرية المنشأ على الحيوانات البحرية.

وأخيرا، يلزم بذل جهود كبيرة لضمان توحيد نُهج الرصد والقياسات والأُطُر أو النظم الأرشيفية لنُهج التسجيلات الصوتية وما يُجمَع من بيانات مرتبطة بها. ويتطلب المعيار الذي وضعه المعهد الوطني الأمريكي للمعايير/الجمعية الأمريكية للصوت (2009) والمعيار الذي وضعته المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (2016) لقياس الضوضاء تحت الماء التي تنتجها السفن في المياه العميقة، يتطلبان قياسات صوتية متعددة بواسطة صفائف من أجهزة الاستشعار، ولم يطبقا في الممارسة العملية إلا في حالات نادرة. ومن بين الأعمال الجارية الأخرى ما تقوم به المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس من وضع معايير لقياسات البيئة الصوتية ورصدها، والتي ستشمل بيانات تحت الماء، ووضع معايير حاليا، من خلال إجراءات وضع المعايير التي تقوم بها الجمعية الأمريكية للصوت، تتعلق بمنظومات الصفائف المجرورة خلف السفن وحفظ بياناتها. وينبغي أن يجري في المستقبل وضع معايير لأجزاء أخرى من جهود الرصد الصوتي، مثل التسجيلات الثابتة وعمليات المعايرة وبيانات صوت الوسط المحيط.

7 - الثغرات الرئيسية المتبقية في مجال بناء القدرات

يتركز حتى الآن رصد الضوضاء البشرية المنشأ ونمذجتها في مناطق من أمريكا الشمالية وأوروبا، وإن كان بعض الرصد المركَّز يجري أيضا قبالة ساحل أستراليا. إلا أن البناء الشامل للقدرات في منطقة المحيط الهندي والبحار المتاخمة له، بما يشمل الرصد وتقييم الأثر ووضع أطر الإدارة، من شأنه أن يساعد على زيادة فهم التغيرات التي تحدث في البيئة. ونظرا لأن الصوت ينتقل على نطاق واسع عبر أحواض المحيطات، ولأن مصادر الضوضاء البشرية المنشأ توجد في جميع أنحاء العالم، فهناك حاجة إلى زيادة التضافر والتعاون فيما بين جميع الدول والمناطق، وإلى زيادة تبادل المعلومات والتكنولوجيا. ويتصل أحد أمثلة التفاوت في مدى توافر التكنولوجيا بالنظام الآلي لتحديد الهوية (AIS) الخاص بتتبع السفن. وتكتسي معرفة مواقع السفن أهمية بالغة لرسم خرائط دقيقة للضوضاء تحت الماء. والنظام الآلي لتحديد الهوية هو نظام لتحديد مواقع السفن وهويتها أنشئ لتجنب التصادم بينها، وجرى بمرور الوقت اعتماده وفرض استخدامه في تشكيلة واسعة من أحجام السفن. ويتم رصد السفن بأكبر درجة من الشمول في العالم المتقدم النمو، نظرا للتغطية المكانية الجيدة نسبيا

بالأجهزة المستقبلة لإشارات هذا النظام. والانتقال الجاري حاليا إلى النظام الآلي لتحديد الهوية بالسواتل سيتيح توسيع نطاق تغطية البيانات، وقد يكون التعاون الدولي في الوقت المناسب لاستخدام تلك البيانات فرصة لسد بعض الثغرات فيما بين الدول في القدرات في مجال النمذجة. ومن شأن تعزيز أنشطة التضافر والتعاون مع الدول النامية أن ييسر تبادل أفضل الممارسات وأفضل التكنولوجيات المتاحة اللازمة لبناء برامج وطنية وإقليمية، ليس لرصد آثار الضوضاء البشرية المنشأ تحت الماء فحسب، بل أيضا لتوفير المعلومات اللازمة لاتخاذ قرارات سياساتية مستنيرة.

المراجع

Aguilar de Soto, Natacha, and others (2013). Anthropogenic noise causes body malformations and delays development in marine larvae. *Scientific Reports*, vol. 3, No. 1, p. 2831. https://doi.org/10.1038/srep02831.

American National Standards Institute/Acoustical Society of America (ANSI/ASA) (2009). *Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Sound from Ships–Part 1: General Requirements*. American National Standards Institute/Acoustical Society of America New York.

Bailey, Helen, and others (2014). Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems*, vol. 10, No. 1, p. 8.

Balcomb, Kenneth C. III, and Diane E. Claridge (2001). A mass stranding of cetaceans caused by naval sonar in the Bahamas. *Bahamas Journal of Science*, vol. 8, No. 2, pp. 2–12.

Bernaldo de Quirós, Y., and others (2019). Advances in research on the impacts of anti-submarine sonar on beaked whales. *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 286, No. 1895, art. 20182533.

Blair, Hannah B., and others (2016). Evidence for ship noise impacts on humpback whale foraging behaviour. *Biology Letters*, vol. 12, No.8, p. 20160005.

Broad, William J. (2014). In taking Crimea, Putin gains a sea of fuel reserves. *The New York Times*, 17 May 2014.

Bruintjes, Rick, and others (2017). The impact of experimental impact pile driving on oxygen uptake in black seabream and plaice. *Proceedings of Meetings on Acoustics*, vol. 27, No. 1, art. 010042. https://doi.org/10.1121/2.0000422.

Buehler, D., and others (2015). Technical guidance for assessment and mitigation of the hydroacoustic effects of pile driving on fish. *Technical Report No. CTHWANP-RT-15-306.01.01*.

Bureau of Ocean Energy Management (2020). California Activities. www.boem.gov/renewable-energy/state-activities/california-activities.

Carstensen, J., and others (2006). Impacts of offshore wind farm construction on harbour porpoises: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs). *Marine Ecology Progress Series*, vol. 321, pp. 295–308.

Casper, Brandon M., and others (2013). Effects of exposure to pile driving sounds on fish inner ear tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, vol. 166, No. 2, pp. 352–360. http://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.07.008

Cerchio, Salvatore, and others (2014). Seismic surveys negatively affect humpback whale singing activity off northern Angola. *PloS One*, vol. 9, No. 3. e86464.

Cheong, Sei-Him, and Breanna Evans (2018). Acoustic ground truthing of seismic noise in Chatham Rise, New Zealand. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 143, No. 3, p. 1974. https://doi.org/10.1121/1.5036504.

Cholewiak, Danielle, and others (2017). Beaked whales demonstrate a marked acoustic response to the use of shipboard echo sounders. *Royal Society Open Science*, vol. 4, No. 12, art. 170940.

Cummings, Anthony R. (2018). How Guyana's Oil Discovery Rekindled a Border Controversy. *Journal of Latin American Geography*, vol. 17, No. 3, pp. 183–211.

Day, Ryan D., and others (2016). Seismic air gun exposure during early-stage embryonic development does not negatively affect spiny lobster *Jasus edwardsii* larvae (Decapoda: Palinuridae). *Scientific Reports*, vol. 6, p. 22723.

Day, Ryan D., and others (2017). Exposure to seismic air gun signals causes physiological harm and alters behavior in the scallop *Pecten fumatus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 40, pp. E8537–E8546.

DeRuiter, Stacy L., and others (2013). First direct measurements of behavioural responses by Cuvier's beaked whales to mid-frequency active sonar. *Biology Letters*, vol. 9, No. 4, p. 20130223.

Di Iorio, Lucia, and Christopher W. Clark (2009). Exposure to seismic survey alters blue whale acoustic communication. *Biology Letters*, vol. 6, No. 1, pp. 51–54.

Doksæter, Lise, and others (2012). Behavior of captive herring exposed to naval sonar transmissions (1.0–1.6 kHz) throughout a yearly cycle. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 131, No. 2, pp. 1632–1642.

Dragoset, Bill (2000). Introduction to air guns and air-gun arrays. *The Leading Edge*, vol. 19, No. 8, pp. 892–897.

Dyndo, Monika, and others (2015). Harbour porpoises react to low levels of high frequency vessel noise. *Scientific Reports*, vol. 5, p. 11083.

Dziak, Robert P., and others (2015). Sources and Levels of Ambient Ocean Sound near the Antarctic Peninsula. *PLOS ONE*, vol. 10, No. 4, pp. 1–23. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123425.

Eguíluz, Victor M., and others (2016). A quantitative assessment of Arctic shipping in 2010–2014. *Scientific Reports*, vol. 6, No. 1, p. 30682. https://doi.org/10.1038/srep30682.

Ehizuelen, Michael Mitchell Omoruyi (2017). More African countries on the route: the positive and negative impacts of the Belt and Road Initiative. *Transnational Corporations Review*, vol. 9, No. 4, pp. 341–359.

Erbe, Christine (2002). Underwater noise of whale-watching boats and potential effects on killer whales (*Orcinus orca*), based on an acoustic impact model. *Marine Mammal Science*, vol. 18, No. 2, pp. 394–418.

_____ (2013). Underwater noise of small personal watercraft (jet skis). *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 133, No. 4, pp. EL326–EL330.

Fernández, Antonio, and others (2005). "Gas and fat embolic syndrome" involving a mass stranding of beaked whales (Family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary Pathology*, vol. 42, No. 4, pp. 446–457.

Fields, David M., and others (2019). Airgun blasts used in marine seismic surveys have limited effects on mortality, and no sublethal effects on behaviour or gene expression, in the copepod *Calanus finmarchicus*. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 76, No. 7, pp. 2033–44. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz126.

Frisk, George V. (2012). Noiseonomics: The relationship between ambient noise levels in the sea and global economic trends. *Scientific Reports*, vol. 2, p. 437.

Gassmann, Martin, and others (2017). Deep-water measurements of container ship radiated noise signatures and directionality. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 142, No. 3, pp. 1563–1574.

Gedamke, Jason, and others (2016). *Ocean Noise Strategy Roadmap*. Washington, D.C.: National Oceanographic and Atmospheric Administration.

GeoTomo (2018). Seismic Crew Count – World seismic crew summary: May 2018.

https://geotomo.com/seismicCrewCount.dmx.

Gill, Jennifer A., and others (2001). Why behavioural responses may not reflect the population consequences of human disturbance. *Biological Conservation*, vol. 97, No. 2, pp. 265–268.

Global Ocean Observing System (GOOS) (2020). Essential Ocean Variables. www.goosocean.org/index.php?option=com_content&view=article&id=170&Itemid=114

Goldbogen, Jeremy A., and others (2013). Blue whales respond to simulated mid-frequency military sonar. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 280, No. 1765, p. 20130657.

Gontz, A.M., and others (2006). Shallow-water seismic surveys-how much noise are we introducing into the ocean? In OCEANS 2006, pp. 1–5. IEEE.

Greene, C.R. (1985). Characteristics of waterborne industrial noise, 1980–1984. In Behavior, Disturbance Responses, and Distribution of Bowhead Whales *Balaena Mysticetus* in the Eastern Beaufort Sea, 1980–84, W.J. Richardson, ed., pp. 197–253. OCS Study MMS 85-0034, LGL Ecological Research Associates, Bryan, Texas, United States, for U.S. Minerals Management Service, Reston, Virginia, United States, NTIS PB87-124376.

Guerra, A., and others (2004). A review of the records of giant squid in the north-eastern Atlantic and severe injuries in *Architeuthis dux* stranded after acoustic explorations. ICES CM, vol. 200, p. 29.

Haver, Samara M., and others (2017). The not-so-silent world: Measuring Arctic, Equatorial, and Antarctic soundscapes in the Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 122, pp. 95–104. https://doi.org/10.1016/j.dsr.2017.03.002.

Heenehan, Heather, and others (2019). Caribbean Sea soundscapes: monitoring humpback whales, biological sounds, geological events and anthropogenic impacts of vessel noise. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 347.

Herbert-Read, James E., and others (2017). Anthropogenic noise pollution from pile-driving disrupts the structure and dynamics of fish shoals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 284, No.1863, p. 20171627.

Hildebrand, John A. (2009). Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 395, pp. 5–20.

Hirst, Andrew G., and Paul G. Rodhouse (2000). Impacts of geophysical seismic surveying on fishing success. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 10, No. 1, pp. 113–118.

Ho, Joshua (2010). The implications of Arctic sea ice decline on shipping. *Marine Policy*, vol. 34, No. 3, pp. 713–715.

Holt, Marla M., and others (2009). Speaking up: Killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 125, No. 1, pp. EL27–EL32.

International Organization for Standardization (ISO) (2016). *ISO 17208-1:2016, I. Underwater Acoustics – Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Sound from Ships – Part 1: Requirements for Precision Measurements in Deep Water Used for Comparison Purposes.* Geneva.

Jensen, Finn B., and others (2011). Computational Ocean Acoustics. New York: Springer.

Jones, Ian T., and others (2020). Impulsive pile driving noise elicits alarm responses in squid (*Doryteuthis pealeii*). *Marine Pollution Bulletin*, vol. 150, 110792. http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110792

King, Stephanie L., and others (2015). An interim framework for assessing the population consequences of disturbance. Methods in Ecology and Evolution, vol. 6, No. 10, pp. 1150–1158.

Klinck, Holger, and others (2012). Seasonal presence of cetaceans and ambient noise levels in polar waters of the North Atlantic. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 132, No. 3, EL176–EL181.

Lee, Kevin M., and others (2012). Mitigation of low-frequency underwater anthropogenic noise using stationary encapsulated gas bubbles. In *Proceedings of Meetings on Acoustics ECUA2012*, 17: p.070011. ASA.

Li, Aitong, and Yuan Xu (2019). The governance for offshore wind in Japan. *Energy Procedia*, vol. 158, pp. 297–301. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.092.

Løkkeborg, Svein (1991). Effects of a geophysical survey on catching success in longline fishing.

Løkkeborg, Svein, and others (2012). Sounds from seismic air guns: gear-and species-specific effects on catch rates and fish distribution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 69, No. 8, pp. 1278–1291.

Madsen, Peter T., and others (2006). Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 309, pp. 279–295.

Maglio, Alessio, and others (2016). Overview of the noise hotspots in the ACCOBAMS area. *Final Report to the ACCOBAMS Secretariat*.

McCauley, Robert D., and others (2017). Widely used marine seismic survey air gun operations negatively impact zooplankton. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No. 7, art. 0195.

McDonald, Mark A., and others (2008). A 50 year comparison of ambient ocean noise near San Clemente Island: A bathymetrically complex coastal region off Southern California. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 124, No. 4, pp. 1985–1992.

McDonald, Mark A., and others (2006). Increases in deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 120, No. 2, pp. 711–718.

McKenna, Megan F., and others (2013). Relationship between container ship underwater noise levels and ship design, operational and oceanographic conditions. *Scientific Reports*, vol. 3, p. 1760.

McQueen, Andrew D., and others (2020). Ecological risk assessment of underwater sounds from dredging operations. *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 16, No. 4, pp. 481–493.

Merchant, Nathan D., and others (2012). Assessing sound exposure from shipping in coastal waters using a single hydrophone and Automatic Identification System (AIS) data. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, No. 7, pp. 1320–1329.

Miksis-Olds, Jennifer L., and Stephen M. Nichols (2016). Is low frequency ocean sound increasing globally? *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 139, No. 1, pp. 501–11. https://doi.org/10.1121/1.4938237.

Miller, James H., and others (2017). Overview of underwater acoustic and seismic measurements of the construction and operation of the Block Island Wind Farm. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 141, No. 5, p. 3993.

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.

Miller, Patrick J.O., and others (2000). Whale songs lengthen in response to sonar. *Nature*, vol. 405, No. 6789, p. 903.

Moretti, David, and others (2014). A risk function for behavioral disruption of Blainville's beaked whales (*Mesoplodon densirostris*) from mid-frequency active sonar. *PloS One*, vol. 9, No. 1, e85064.

Mueller-Blenkle, Christina, and others (2010). Effects of pile-driving noise on the behaviour of marine fish.

National Academies (2017). *Approaches to Understanding the Cumulative Effects of Stressors on Marine Mammals*. The National Academies Press.

National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) (2020). CetSound: Cetacean and sound mapping. https://cetsound.noaa.gov/cetsound.

National Research Council (NRC) (2003). *Ocean Noise and Marine Mammals*. Washington, D.C.: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/10564.

Nedwell, J., and D. Howell (2004). A review of offshore windfarm related underwater noise sources. *Cowrie Report*, vol. 544, pp. 1–57.

Nedwell, J.R., and others (2008). Modelling and measurement of underwater noise associated with the proposed Port of Southampton capital dredge and redevelopment of berths 201/202 and assessment of the disturbance to salmon. *Subacoustech Report, 805R0444*.

Nichols, Tye A., and others (2015). Intermittent noise induces physiological stress in a coastal marine fish. *PLoS One*, vol. 10, No. 9, e0139157.

Nieukirk, Sharon L., and others (2004). Low-frequency whale and seismic airgun sounds recorded in the mid-Atlantic Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 115, No. 4, pp. 1832–1843.

Norro, A., and others (2011). Characterisation of the operational noise generated by offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. In Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea. Selected Findings from the Baseline and Targeted Monitoring, S. Degraer, Robin Brabant, and B. Rumes, eds., pp. 17–26. Royal Belgian

Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit.

Nunatsiaq News (2016). Trudeau bans future oil, gas activity in Canadian Arctic. https://nunatsiaq.com/stories/article/65674trudeau_bans_future_oil_gas_activity_in_canadian_arctic.

Parks, Susan E., and others (2010). Individual right whales call louder in increased environmental noise. Biology Letters, vol. 7, No. 1, pp. 33–35.

Paumard, Victorien, and others (2019). Imaging past depositional environments of the North West Shelf of Australia: lessons from 3D seismic data. In Sedimentary Basins of Western Australia V: Proceedings of the Petroleum Exploration Society of Australia Symposium, Perth, Western Australia, 2019, Myra Keep and Steven J. Moss, eds. Petroleum Exploration Society of Australia.

Pearson, Walter H., and others (1994). Effects of seismic energy releases on the survival and development of zoeal larvae of Dungeness crab (*Cancer magister*). *Marine Environmental Research*, vol. 38, No. 2, pp. 93–113.

Pine, Matthew K., and others (2012). Turbine sound may influence the metamorphosis behaviour of estuarine crab megalopae. *PLoS One*, vol. 7, No. 12. e51790.

Pirotta, Enrico, and others (2018). Understanding the population consequences of disturbance. *Ecology and Evolution*, vol. 8, No. 19, pp. 9934–46. https://doi.org/10.1002/ece3.4458.

Popper, Arthur N., and Anthony D. Hawkins (2019). An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. *Journal of Fish Biology*, vol. 94, No. 5, pp. 692–713.

Prideaux, G., (2017). Technical Support Information to the CMS Family Guidelines on Environmental Impact Assessments for Marine Noise-generating Activities, Convention on Migratory Species of Wild Animals, Bonn.

Putland, Rosalyn L., and others (2018). Vessel noise cuts down communication space for vocalizing fish and marine mammals. *Global Change Biology*, vol. 24, No. 4, pp. 1708–1721.

Reine, Kevin J., and others (2012). Characterization of underwater sounds produced by a hydraulic cutterhead dredge fracturing limestone rock. DOER Technical Notes Collection—erdctn-doer-e34. Vicksburg, Mississippi, United States: U.S. Army Engineer Research and Development Center.

Richardson, W. John, and others (1995). *Marine Mammals and Noise*. San Diego: Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-057303-8.50003-3.

Roberts, Louise, and others (2015). Sensitivity of the mussel *Mytilus edulis* to substrate-borne vibration in relation to anthropogenically generated noise. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 538, pp. 185–195.

Robinson, Stephen P., and others (2011). Measurement of underwater noise arising from marine aggregate dredging operations.

Rolland, Rosalind M., and others (2012). Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 279, No. 1737, pp. 2363–2368.

Ross, Donald (1976). *Mechanics of Underwater Noise / Donald Ross*. New York: Pergamon Press.

_____ (2005). Ship sources of ambient noise. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 30, No. 2, pp. 257–261.

Roth, Ethan H., and others (2012). Underwater ambient noise on the Chukchi Sea continental slope from 2006–2009. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 131, No. 1, pp. 104–110.

Roul, Soubhagya, and others (2019). Ambient noise estimation in territorial waters using AIS data. *Applied Acoustics*, vol. 148, pp. 375–380. http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.07.036

Rustemeier, J., and others (2011). Testing of bubble curtains to mitigate hydro sound levels at offshore construction sites (2007 to 2011). www.rave-offshore.de/files/downloads/konferenz/konferenz -2012/Session4/4.4_Grieszmann.pdf.

Rusu, E. (2020). An evaluation of the wind energy dynamics in the Baltic Sea, past and future projections. *Renewable Energy*, vol. 160, pp. 350–362.

Samuel, Y., and others (2005). Underwater, low-frequency noise in a coastal sea turtle habitat. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 117, No. 3, pp. 1465–1472.

Sánchez, Rodolfo A., and Ricardo Roura (2016). Supervision of Antarctic shipborne tourism: a pending issue? In *Tourism in Antarctica: A Multidisciplinary View of New Activities Carried Out on the White Continent*, Monika Schillat and others, eds., pp. 41–63. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39914-0_3.

Sertlek, Hüseyin Özkan, and others (2019). Source specific sound mapping: spatial, temporal and spectral distribution of sound in the Dutch North Sea. *Environmental Pollution*, vol. 247, pp. 1143–1157.

Shannon, Graeme, and others (2016). A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biological Reviews*, vol. 91, No. 4, pp. 982–1005.

Shell (2015). Shell updates on Alaska exploration. www.shell.com/media/news-and-media-releases/2015/shell-updates-on-alaska-exploration.html.

Simpson, Stephen D., and others (2008). Settlement-stage coral reef fishes prefer the higher frequency audible component of reef noise. *Animal Behaviour*, vol. 75, pp. 1861–1868. 10.1016/j.anbehav.2007.11.004.

Simpson, Stephen D., and others (2016a). Anthropogenic noise increases fish mortality by predation. *Nature Communications*, vol. 7, art. 10544.

Simpson, Stephen D., and others (2016b). Small-boat noise impacts natural settlement behavior of coral reef fish larvae. In *The Effects of Noise on Aquatic Life II*, pp. 1041–1048. Springer.

Širović, Ana, and others (2013). Ocean noise in the tropical and subtropical Pacific Ocean. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 134, No. 4, pp. 2681–89. https://doi.org/10.1121/1.4820884.

Širović, Ana, and others (2016). Ocean ambient sound south of Bermuda and Panama Canal traffic. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 139, No. 5, pp. 2417–2423.

Sivle, Lise Doksæter, and others (2012). Changes in dive behavior during naval sonar exposure in killer whales, long-finned pilot whales, and sperm whales. *Frontiers in Physiology*, vol. 3, art. 400.

Smith, Laurence C., and Scott R. Stephenson (2013). New Trans-Arctic shipping routes navigable by midcentury. Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 110, No. 13, pp. E1191–E1195. https://doi.org/10.1073/pnas.1214212110.

Spiga, Ilaria, and others (2016). Influence of pile driving on the clearance rate of the blue mussel, *Mytilus edulis* (L.). In *Proceedings of Meetings on Acoustics 4ENAL*, vol. 27: p.040005. ASA.

Thompson, Kirsten F., and others (2018). Seabed mining and approaches to governance of the deep seabed. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 480.

Tournadre, J. (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. 7924–32. https://doi.org/10.1002/2014GL061786.

Tsujii, Koki, and others (2018). Change in singing behavior of humpback whales caused by shipping noise. *PloS One*, vol. 13, No. 10. e0204112.

Turner, Stephen, and others (2006). Preliminary acoustic level measurements of airgun sources from Conoco Phillips' 2006 seismic survey in Alaskan Chukchi Sea. *JASCO Research, Victoria, British Columbia, Canada*.

Tyack, Peter L., and others (2011). Beaked whales respond to simulated and actual navy sonar. *PloS One*, vol. 6, No. 3. e17009.

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

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2018). *Review of Maritime Transport 2018*. UNCTAD/RMT/2018.

United States Energy Information Administration (USEIA) (2020). Maximum U.S. Active Seismic Crew Counts. www.eia.gov/dnav/pet/pet_crd_seis_s1_m.htm.

Urosevic, M., and others (2019). Seismic Exploration of Mineral Resources in Western Australia with Distribute Acoustic Sensing, vol. 2019, No. 1, pp. 1–5. https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902377.

Vettor, Roberto, and C. Guedes Soares (2015). Detection and Analysis of the Main Routes of Voluntary Observing Ships in the North Atlantic. *Journal of Navigation*, vol. 68, No. 2, pp. 397–410. https://doi.org/10.1017/S0373463314000757.

Weilgart, Lindy S. (2018). The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates. Report for OceanCare, Switzerland. www.oceancare.org/wp-content/uploads/2017/10/OceanNoise_Fish Invertebrates_May2018.pdf.

Wenz, Gordon M. (1962). Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 34, No. 12, pp. 1936–56. https://doi.org/10.1121/1.1909155.

Wiggins, Sean M., and others (2016). Gulf of Mexico low-frequency ocean soundscape impacted by airguns. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 140, No. 1, pp. 176–183.

Würsig, B., and others (2000). Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Marine Environmental Research*, vol. 49, No. 1, pp. 79–93.

Xu, W., and others (2020). Proliferation of offshore wind farms in the North Sea and surrounding waters revealed by satellite image time series. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 133, p. 110167.

Yang, Chun-Mei, and others (2018). Observation and comparison of tower vibration and underwater noise from offshore operational wind turbines in the East China Sea Bridge of Shanghai. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 144, No. 6, EL522.

الفصل 21

التطورات في مصادر الطاقة المتجددة

المساهمون: تاكفور سوكيسيان (منظم الاجتماعات)؛ جوان بونداريف، وفاليري كومينز، وأماردیب دانجو، وكارلوس غارسيا سوتو (عضو رئيسي مشارك)، ولارس غولن، وعثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، وجيمي مورفي، وإريك موانجي نجوروجي، وأناستاسيا ستراتي (عضوة رئيسية)، وجورج فوجيوكالاكيس.

النقاط الرئيسية

- يتوسع قطاع توليد الطاقة الريحية في عرض البحر على نطاق العالم ليشمل مناطق لا توجد فيها حاليا منشآت تُولِّد الطاقة على نطاق كبير يغذي شبكات الكهرباء. ويمثل استخدام المنصات العائمة تغيير نوعي يتيح للصناعة الفرصة للعمل في مناطق واسعة ذات مياه أكثر عمقا.
- في عام 2019، نُشِرَ 28,3 غيغاواط من القدرة المركبة من الطاقة الريحية المُولَّدة في عرض البحر على مستوى العالم، منها 22 غيغاواط قبالة سواحل أوروبا، في بحر الشمال في المقام الأول، و 5,9 غيغاواط قبالة سواحل الصين، و 0,4 غيغاواط في الأسواق الأخرى.
- في العقد القادم، يمكن أن تكون آسيا والولايات المتحدة الأمريكية من العوامل الرئيسية المحركة لتنمية الطاقة الريحية المُولَّدة في عرض البحر وتركيب منشآتها.
- لم تحقق مشاريع توليد الطاقة من الأمواج وتيارات المحيط حتى الآن مستوى الاستغلال التجاري الكامل على نطاق كبير يغذي شبكات الكهرباء، ولا تزال مشاريع توليد الطاقة من المد والجزر نادرة.
- يمكن أن يسهم التقدم المحرز في تخزين الطاقة إسهاما قويا في تطوير تكنولوجيات توليد الطاقة الريحية في عرض البحر وغيرها من مصادر الطاقة البحرية المتجددة.
- يمكن أن يؤدي تحديد المواقع المناسبة لمشاريع الطاقة البحرية المتجددة إلى التقليل إلى أدنى حد من التضارب مع الاستخدامات الأخرى للمحيطات والآثار المحتملة على البيئة البحرية.

1 - مقدمة

يغطي هذا الفصل التقدم الذي تحقق في السنوات الأخيرة في تنمية المعارف والقدرات المتعلقة بمختلف أنواع الطاقة البحرية المتجددة على المستوى العالمي. ولأغراض هذا الفصل، تشتمل الطاقة البحرية المتجددة كفئة على طاقة الرياح المُولَّدة في عرض البحر، وطاقة المد والجزر وتيارات المحيط، وطاقة الأمواج، والطاقة الحرارية المُولَّدة في المحيطات، والطاقة الأسموزية، وطاقة الكتلة الأحيائية البحرية، والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية المُولَّدة في البحر. وتوجد لهذا الفصل روابط بالفصول 6 واو و 8 ألف و 9 و 19 و 20 و 26 و 27 و 28 من هذا التقييم.

1-1 - تغير المناخ وتحدي توفير الطاقة النظيفة

يتسبب استخدام طاقة الوقود الأحفوري في الكثير من انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ على الصعيد العالمي. ففي عام 2019، زاد استهلاك الطاقة العالمي بنسبة 0,6 في المائة[1]، وانخفض إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبط بالطاقة بنسبة 3,2 في المائة (International Energy Agency (IEA), 2020). إلا أن المتوسط العالمي لثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي كان يبلغ 409,8 جزء من المليون، وهو أعلى مستوى في السنوات الـ800 000 الماضية (Dlugokencky and Tans, 2020)، في حين ارتفع

[1] Enerdata, "Consumption", Global Energy Statistical Yearbook 2020. متاح عن طريق الرابط التالي: https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html [أُطلِع عليه في 25 تموز/يوليه 2020].

المتوسط العالمي لدرجات الحرارة عن مستويات ما قبل العصر الصناعي بحوالي 1,1 درجة مئوية، بخطأ معياري قدره 0,1 درجة مئوية (World Meteorological Organization (WMO), 2020).

وفي ظل الوضع الحالي لانبعاثات غازات الدفيئة، من المرجح جدا أن يحدث تجاوز لعتبات درجات الحرارة المتفق عليها التي تتمثل في 1,5 درجة مئوية أو 2 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل العصر الصناعي. وعلى نحو ما جرى إبرازه بوضوح في التقرير الخاص المعنون الاحترار العاملي بنسبة 1,5 درجة مئوية، فإنه لكي لا يتجاوز الاحترار العالمي 1,5 درجة مئوية، يلزم أن ينخفض صافي الانبعاثات العالمية البشرية المنشأ من ثاني أكسيد الكربون بحوالي 45 في المائة عن مستوياتها في عام 2010 بحلول عام 2030، وأن تصل إلى "صفر صافٍ" في حوالي عام 2050. وهذا يعني أن أي انبعاثات متبقية يلزم موازنتها بإزالة ثاني أكسيد الكربون من الهواء. ولذلك، فخفض انبعاثات غازات الدفيئة هو خطوة هامة نحو التخفيف من آثار تغير المناخ. وللمُضي في هذا الاتجاه، تتخذ العديد من الدول حاليا تدابير لزيادة تطوير مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة البحرية المتجددة لتحقيق الأهداف الوطنية المتعلقة بالطاقة النظيفة وتغير المناخ. وترتبط الطاقة البحرية المتجددة أيضا بالهدف السابع من أهداف للتنمية المستدامة، الذي يُعترف فيه بالطاقة النظيفة الميسورة التكلفة باعتبارها من العوامل الرئيسية المحركة للتنمية[2].

2 - حالة الطاقة البحرية المتجددة على مستوى العالم

2-1 - أوجه التقدم في المعارف والقدرات بين عامي 2010 و 2020

يمكن أن تكون المحيطات مصدرا رئيسيا للطاقة المتجددة. وبالإضافة إلى أن الطاقة البحرية المتجددة تخفف من آثار تغير المناخ، يمكنها أيضا أن تسهم في التنمية الاجتماعية - الاقتصادية، وأمن الطاقة، وإتاحة الحصول على الطاقة في المناطق الساحلية النائية (Edenhofer and others, 2011). وفي عام 2019، زادت القدرة المركبة للطاقة الريحية المتولدة في عرض البحر على مستوى العالم بمقدار 4,7 غيغاواط، أي أنها زادت بنسبة 19,8 في المائة عن عام 2018، وأصبح مجموعها الآن 28,3 غيغاواط. وبلغت القدرة العالمية للأنواع الأخرى من الطاقة البحرية المتجددة 531 ميغاواط، 90 في المائة منها جاءت من السدود الحاجزة للمد والجزر في فرنسا وجمهورية كوريا (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020a).

وتنمو شتى أنواع تكنولوجيات الطاقة البحرية المتجددة وتتطور بسرعات مختلفة: فتكنولوجيا توليد الطاقة الريحية من محطات مثبتة في قاع البحر أصبحت ناضجة ومتقدمة تقنيا، وشارفت تكنولوجيا توليد الطاقة الريحية من محطات عائمة في البحر على الوصول إلى مرحلة الاستغلال التجاري، ووصلت محطات تحويل طاقة المد والجزر إلى مرحلة الاستغلال التجاري، أما التكنولوجيات الأخرى لـتوليد الطاقة البحرية المتجددة، فلا تزال تمر بمرحلة التطوير[3]. والأسواق الناشئة في قطاع توليد الطاقة الريحية في البحر تشمل جمهورية كوريا، والهند، والولايات المتحدة الأمريكية، واليابان[4]. وقد حدثت زيادة كبيرة في القدرات الأسمية لتربينات الرياح، حيث يُتوقّع أن تظهر في السوق في عام 2021 تربينات تنتج بقدرة 12 ميغاواط[5].

[2] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
[3] انظر European Commission, "New technologies in the ocean energy sector", 29 October 2018.
[4] انظر Global Wind Energy Council, "The growth of the global offshore wind market will be driven by Asia", 23 September 2019.
[5] انظر GE, "GE Renewable Energy unveils the first Haliade-X 12 MW, the world's most powerful offshore wind turbine", 22 July 2019.

2-2 - أوجه التقدم على الصعيد الإقليمي

2-2-1 - توليد الطاقة الريحية في عرض البحر

تُقدِّر الوكالة الدولية للطاقة (بالتعاون مع كلية إمبريال كوليدج لندن) القدرة التقنية العالمية لمحطات توليد الطاقة الريحية في عرض البحر بأكثر من 120 000 غيغاواط (IEA, 2019). وتهيمن أوروبا على هذا القطاع، حيث بلغت قدرتها الإنتاجية التراكمية 21,98 غيغاواط في عام 2019. والبلدان الرئيسية التي تعمل في مجال تنمية الطاقة الريحية في عرض البحر هي المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية (التي بلغت قدرتها المُركَّبة 1,7 غيغاواط في عام 2019 وبلغت قدرتها الإجمالية 9,9 غيغاواط)، وألمانيا (التي بلغت قدرتها المُركَّبة 1,1 غيغاواط في عام 2019 وبلغت قدرتها الإجمالية 7,5 غيغاواط)، والصين (التي بلغت قدرتها المُركَّبة 1,3 غيغاواط في عام 2019 وبلغت قدرتها الإجمالية 5,9 غيغاواط) (IRENA, 2020a).

وحدثت تطورات هامة في هذا القطاع. فقد أُنجِز في عام 2020 مشروع إنشاء أكبر محطة لتوليد الطاقة الريحية في عرض البحر على مستوى العالم وهي محطة هورنسي وان (Hornsea One) في المملكة المتحدة، التي تبلغ قدرتها المُركَّبة 1,2 غيغاواط. وفي عام 2019، أصبح النموذج الأولي لتربين الرياح هاليادي - اكس (Haliade-X) الذي تبلغ قدرته 12 ميغاواط، والذي أنتجته شركة جنرال إلكتريك المُصنِّعة لتربينات الرياح بالولايات المتحدة، أكبر تربين رياح يُشيَّد على الإطلاق. ومع الزيادة المستمرة في حجم كل من التربينات الريحية ومحطات الطاقة الريحية المقامة في عرض البحر، تتزايد أهمية الشواغل المتعلقة بالآثار البيئية المحتملة، والآثار على مصائد الأسماك، والمسائل المتعلقة بالاستخدام البشري للمناطق القريبة من محطات توليد الطاقة الريحية أو في داخلها.

ويثبت قطاع توليد الطاقة الريحية في عرض البحر حاليا الجدوى، التقنية والاقتصادية، للمشاريع التي تُولِّد هذه الطاقة على نطاق كبير يغذي شبكات الكهرباء في بيئات بحرية مختلفة. فالتكلفة العمرية المرجحة عالميا للطاقة[6] بالنسبة للمشاريع التي تغذي شبكات الكهرباء انخفضت بنسبة 28,6 في المائة منذ عام 2010، مما حفز على تركيب هذه المحطات في مختلف أنحاء العالم (IRENA, 2020b). وعلاوة على ذلك، يقدر القطاع أنه يمكن الوصول بقيم التكلفة العمرية للطاقة إلى حوالي 50 يورو/ميغاواط ساعة بحلول عام 2030[7]. وتشمل العوامل الرئيسية المحركة لخفض التكاليف استخدام تربينات أكبر حجما وأكثر كفاءة في مشاريع إنشاء المحطات الأكبر حجما لتوليد طاقة الرياح في عرض البحر، وانخفاض التكلفة الرأسمالية لتمويل هذه المشاريع، ووجود يقين بشأن سلسلة طويلة من المشاريع المقررة التي يجري التجهيز لتنفيذها، مما سمح لعناصر سلسلة الإمداد بأن تستثمر وتبتكر. وتصلح المنصات الثابتة للتشغيل في المياه التي تصل أعماقها حتى 60 مترا، غير أن الصناعة تخطط أيضا للعمل في المياه الأكثر عمقا باستخدام منصات عائمة في العقد المقبل. وتَعتبر العديد من البلدان الساحلية في جميع أنحاء العالم المحطاتِ العائمةَ لتوليد الطاقة الريحية عاملا رئيسيا يسهم مستقبلا في تحقيق أهداف إنتاج الطاقة المتجددة. وقد بدأ في عام 2017 إنتاج الطاقة الريحية من أول محطة بحرية عائمة على نطاق كبير يغذي شبكة الكهرباء (قبالة ساحل بيترهيد، إسكتلندا، المملكة المتحدة) باستخدام مفهوم هايويند Hywind الذي طورته الشركة النرويجية Equinor (Musial and others, 2019؛ انظر الشكل أدناه). ويمثل ذلك خطوة هامة لصناعة توليد الطاقة الريحية في عرض البحر في إنشاء مشاريع توليد هذه الطاقة في مياه أكثر عمقا وأكثر بعدا عن الساحل.

[6] التكلفة العمرية للطاقة هي القيمة الحالية لمتوسط السعر الأدنى للطاقة الكهربائية المُنتَجة من أجل تعويض التكلفة الإجمالية لإنتاجها (تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة والوقود). وتُسَوَّى التكلفة العمرية للطاقة على مدار عمر محطة التوليد.

[7] انظر أيضا Kerry Chamberlain, "Offshore wind opex set to fall 40% by 2030 as suppliers dig deep", Reuters Events, 25 October 2017.

أول محطة تجارية لتوليد الطاقة الريحية في العالم تُستخدم فها تربينات ريحية عائمة

المصور: Øyvind Gravås/Woldcam؛ والصورة مقدمة من شركة Equinor.

وأدى نجاح مشاريع توليد الطاقة الريحية في عرض البحر في خفض تكاليف التركيب والإنتاج، إلى جانب الخبرة القائمة المستخلصة من توليد الطاقة الريحية على اليابسة، إلى احتلال الطاقة الريحية المُولَّدة في عرض البحر موقع الصدارة في قطاع الطاقة البحرية المتجددة.

2-2-2 - الطاقة المُولَّدة من المد والجزر وتيارات المحيط

تقدر القدرة العالمية من الطاقة المولدة من المد والجزر (التي تمثل المورد النظري الجامع بين مدى المد والجزر وتياره) بـ 3 تيراواط (Lewis and others, 2011؛ و Scottish Enterprise, 2018)، في حين تقدر القدرة العالمية من الطاقة المولدة من تيارات المحيط بـ 450 غيغاواط[8]. وتتطلب طاقة تيار المد والجزر سرعات تدفق تزيد عن 2,0 متر/ثانية لكي تكون مجدية (Encarnacion and others, 2019). ويمكن لآثار الجريان المخروطي التي تحدث في الخلجان والمصبات والمداخل أن توفر موردا عمليا للطاقة المُولَّدة من المد والجزر أو تيارات المحيط. وتُعرَف مواقع مثل خليج فاندي في كندا، ومضيق كوك في نيوزيلندا، ومضيق بنتلاند فيرث في اسكتلندا بإمكاناتها الكبيرة وتستهدفها أنشطة التنمية. وقد سخرت مشاريعُ تجارية مبكرة، مثل محطة لا رانس لتوليد الطاقة من المد والجزر في فرنسا التي تبلغ قدرتها 240 ميغاواط ومحطة بحيرة سيهوا لتوليد الكهرباء من المد والجزر في جمهورية كوريا التي تبلغ قدرتها 254 ميغاواط، الطاقةَ المولدة من المد والجزر بتشييد سدود تحجز الماء.

وعلى الرغم من اقتراح مشاريع مختلفة لتوليد الطاقة من المد والجزر، لا سيما على الساحل الغربي للمملكة المتحدة، فإن التقدم المحرز في إنشائها كان بطيئا، ويرجع ذلك أساسا إلى أن السدود الحاجزة للمد والجزر يمكن أن يكون لها آثار على النظم الإيكولوجية وجودة المياه

[8] انظر Ocean Energy Council, "Ocean Current Energy"، على الرابط: https://www.oceanenergycouncil.com/ocean-energy/ocean-current-energy/ [أُطّلِع عليه في 15 تموز/يوليه 2020].

(Kadiri and others, 2012). ويمثل الارتفاع الشديد للتكاليف الرأسمالية عاملا مثبطا آخر. ولذلك، ركزت صناعة توليد الطاقة من المد والجزر في المقام الأول على استخراج الطاقة من تيارات المد والجزر السريعة التدفق باستخدام تربينات المد والجزر الأفقية المحور، التي تطورت من عمليات نشر نموذج أولي وحيد إلى نشر صفائف صغيرة النطاق (Encarnacion and others, 2019). وأصبح برنامج الرصد البيئي الذي نُفِّذ لنشر أول مولد للطاقة من تيارات المد والجزر على نطاق تجاري كبير (SeaGen) هو خارطة الطريق للمشاريع المستقبلية لتوليد الطاقة من المد والجزر (Savidge and others, 2014). ومنذ عام 2016، تعمل بنجاح في جزر شتلاند أول صفيفة متصلة بشبكة الكهرباء تضم ثلاثة تربينات لتوليد طاقة المد والجزر بقدرة 100 كيلوواط[9]، في حين أن مشروع MeyGen، الذي يوجد في اسكتلندا أيضا، هو أكبر صفيفة منشورة حاليا لتربينات توليد الطاقة من المد والجزر، حيث تبلغ قدرتها 6 ميغاواط[10]. غير أنه منذ عام 2016، توقفت الصناعة إلى حد كبير، لا سيما في المملكة المتحدة. وبالإضافة إلى ذلك، أدى انهيار تربينات OpenHydro الذي سُلِّطَت عليه الأضواء كثيرا إلى دعاية سلبية كبيرة لهذه الصناعة[11]. وحتى عام 2020، لم تكن طاقة المد والجزر قد حققت قفزة كبيرة في اتجاه إنشاء مشاريع تنتج على نطاق كبير يغذي شبكات الكهرباء.

2-2-3 - الطاقة المُولَّدة من الأمواج

يقدر المورد النظري للطاقة العالمية المولدة من الأمواج بـ 2,11 تيراواط، وعادة ما تعتبر المواقع التي تبلغ قدرتها حوالي 30 كيلوواط/متر (أو حتى أقل) صالحة لاستخراج الطاقة من الأمواج على نطاق الاستغلال التجاري، على حسب التكنولوجيا المستخدمة (Sandberg and others, 2016). وتوجد المواقع التي بها أكبر مورد لاستخراج الطاقة من الأمواج ما بين خطي عرض 40 درجة و 60 درجة (Gunn and Stock-Williams, 2012). فعلى سبيل المثال، يتجاوز متوسط المستويات السنوية لكثافة الطاقة في مواقع استخراج الطاقة من الأمواج قبالة سواحل أيرلندا 80 كيلوواط/متر.

وحتى عام 2019، لم يكن القطاع قد اقترب بعد من مرحلة الاستغلال التجاري، ولكن تحقق تقدم في تقييم الصعوبات التي ينطوي عليها استخراج الطاقة من الأمواج بتكلفة معقولة. وتتمثل التحديات الكبيرة في البيئة غير المؤاتية التي تنتج فيها محولات طاقة الأمواج طاقة كهربائية والحاجة إلى تكنولوجيات تصميمية يمكن أن تعمل بشكل موثوق طوال دورة حياة المشروع التجاري. ويجري حاليا تطوير عدد كبير من مفاهيم وأجهزة تحويل طاقة الأمواج، ولكن هذا التنوع أدى إلى غياب التقارب والتركيز بصفة عامة في داخل القطاع. غير أنه منذ عام 2015، نُشِرت محولات متعددة كاملة النطاق لطاقة الأمواج من قبل شركات تطوير مثل شركة Wello Oy[12] وشركة SeaBased[13]، وسيُنشرَ جهاز لتحويل طاقة الأمواج أنتجته شركة OceanEnergy في هاواي[14].

2-2-4 - الطاقة المُولَّدة من تدرُّج الملوحة ومن التدرُّج الحراري

تعتمد الطاقة المُولَّدة من تدرُّج الملوحة على الاختلافات في ملوحة كتل مياه البحر ويتم الحصول عليها عندما تختلط المياه العذبة بالمياه المالحة. ويتراوح تقدير الموارد النظرية المتاحة من هذه الطاقة في العالم ما بين 647 غيغاواط و 1 183 غيغاواط (IRENA, 2014؛ و Alvarez-Silva and others, 2016). وتتمثل التكنولوجيتان الأكثر تبشيرا بالنجاح حتى الآن في التناضح المتأخر

9 انظر Yasmin Ali, "World's first grid connected baseload tidal power station", Microgrid Knowledge, 27 November 2018.
10 انظر "Simec Atlantis Energy" MeyGen. (اطُّلِع عليه في 15 تموز/يوليه 2020).
11 انظر Offshore Energy, "OpenHydro another casualty of innovation 'valley of death', EMEC says", 27 July 2018.
12 انظر https://wello.eu/.
13 انظر https://seabased.com/projects.
14 انظر Association of Energy Engineers, Hawaii Chapter, Blog Archives, "Navy's wave energy test site: Ocean energy deployment", 27 February 2020. متاح على الرابط: https://aeehawaii.org/blog///wave_article.

بالضغط والفرز الغشائي الكهربائي العكسي (Schaetzle and Buisman, 2015). وقد استُخدِمَت تكنولوجيا التناضح المتأخر بالضغط لأول مرة في عام 2009 في النرويج (Chae and Kim, 2018) في حين أن تكنولوجيا الفرز الغشائي الكهربائي العكسي استخدمت لأول مرة في عام 2014 في محطة تجريبية في جنوب إيطاليا (Tedesco and others, 2017).

ويمكن أيضا تسخير الطاقة من التباين المتدرج في درجات الحرارة بين الكتل المختلفة في مياه البحر في أعماق مختلفة (Rau and Baird, 2018). وتتراوح تقديرات القدرة النظرية لتحويل التدرج الحراري في المحيطات إلى طاقة بين 1 و 3 تيراواط أو إلى ما يصل إلى 7 تيراواط عند تضمين إزالة ملوحة المياه أيضا (Scottish Enterprise, 2018). والفارق الأدنى المطلوب في درجات الحرارة بين كتل مياه البحر هو حوالي 20 درجة مئوية، وهو ما يتحقق في المناطق التي تمتد بين 30 درجة شمالا و 30 درجة جنوبا (Breeze, 2019). والبلدان الأكثر نشاطا في تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات هي جمهورية كوريا، والصين، وعمان، وفرنسا، والفلبين، وماليزيا، وهولندا، والولايات المتحدة الأمريكية، واليابان (Edenhofer and others, 2011؛ و Lewis and others, 2011). وهناك عدة مشاريع قيد الأعداد أو بدأ تشغيلها من مشاريع توليد الطاقة من التدرج الحراري في المحيطات، منها منشأة شاطئية بقدرة 100 كيلوواط في كايلوا كونا (هاواي)، الولايات المتحدة، رُبِطَت بشبكة الكهرباء في عام 2015 (Patel, 2015)، ونموذج أولي لمنشأة شاطئية أُنشئ في عام 2012 في ريونيون (فرنسا)[15]، ومحطة تنتج كهرباء بقدرة 250 كيلوواط في جزيرة كوميجيما (اليابان) بدأ تشغيلها منذ عام 2013[16]. ويمكن أيضا استخدام المياه العميقة الغنية بالمغذيات لتعزيز تربية الأحياء البحرية والزراعة على الشاطئ، مما يدر إيرادات إضافية كبيرة. وتمثل الطاقة المولدة من التدرج الحراري في المحيطات، فضلا عن الطاقة المولَّدة من الأمواج وتيارات المحيطات، مصادر للطاقة تنطوي على إمكانات هامة للقارة الأفريقية.

2-2-5 - الطاقة المولدة من الكتلة الأحيائية البحرية

ينطوي توليد الطاقة من الكتلة الأحيائية البحرية على استخدام الطحالب البحرية وغيرها من المواد العضوية الصالحة لإنتاج الوقود الأحيائي. ويمكن أن يؤدي استخدام الكتلة الأحيائية البحرية إلى التغلب على العديد من القيود المرتبطة بإنتاج الطاقة من الكتلة الأحيائية الأرضية، التي تشمل التنافس على الأراضي الزراعية المنتجة للمحاصيل الغذائية، واستخدام الأسمدة ومبيدات الآفات الكثيفة الاستخدام للطاقة في الزراعة. كما يرجع الاهتمام بالطاقة المولدة من الكتلة الأحيائية البحرية إلى ارتفاع إنتاجية النظم الإيكولوجية البحرية مقارنة بالنظم الإيكولوجية الأرضية (Sheehan and others, 1998؛ و Perlack and others, 2005) وإلى تعدد استخدامات الكتلة الأحيائية البحرية، التي يمكن أن تتكيف مع مجموعة واسعة من ظروف الملوحة وكثافة الضوء.

وتتألف دورة إنتاج الوقود الأحيائي البحري من عنصرين: الأول يتعلق بزراعة الكتلة الأحيائية البحرية على نطاق واسع بما فيه الكفاية وبشكل مستمر لتغذية دورة إنتاج الوقود الأحيائي، والثاني يتعلق بتحويل الكتلة الأحيائية البحرية إلى وقود أحيائي. ويعتبر طحلب الكِلب العملاق (Giant kelp) من أعلى الكائنات إنتاجية على وجه الأرض، حيث تصل معدلات نموه إلى 60 سم في اليوم الواحد[17]. وتُبذَل حاليا جهود في البحر قبالة ساحل الولايات المتحدة المطل على المحيط الهادئ لإنشاء نظام زراعة مفتوح في المحيط لإنتاج طحلب الكِلب العملاق، الذي يمكن تحويله بعد ذلك إلى نفط خام حيوي

15 انظر، Ocean Energy Europe, "OTEC"، (أُطِّلع عليه في 17 تموز/يوليه 2020).
16 انظر OTEC Okinawa, Renewable Energy for the Future, "Related projects". متاح على الرابط: http://otecokinawa.com/en/Project/index.html، (اطُّلع عليه في 17 تموز/يوليه 2020).
17 18 انظر Oceana, "Giant kelp"، (اطُّلِع عليه في 17 تموز/يوليه 2020).

(Buck, 2019). ورغم أن الطاقة المستمدة من الكتلة الأحيائية لا تزال واعدة، فلم يتم حتى الآن التوسع في إنتاج الوقود الأحيائي إلى المستوى الصناعي. وعلاوة على ذلك، يلزم إجراء مزيد من البحوث بشأن حساب كثافة الكربون في الوقود الأحيائي البحري، مع مراعاة جملة أمور منها امتصاص ثاني أكسيد الكربون من خلال عملية التمثيل الضوئي في نظام الزراعة وما يقابل ذلك من انبعاثات أثناء احتراق الوقود الأحيائي.

6-2-2 - المصادر الناشئة لتوليد الطاقة البحرية المتجددة

تشمل المصادر الناشئة لتوليد الطاقة البحرية المتجددة الطاقة الشمسية المُولَّدة في عرض البحر والطاقة الحرارية الأرضية المُولَّدة في قاع المحيطات. لا يزال نشاط توليد الطاقة الشمسية في عرض البحر في بداياته، ولكنه ينطوي على إمكانات تجارية كبيرة (Wang and others, 2019). أما الطاقة الحرارية الأرضية في قاع المحيطات، على النقيض من تكنولوجيا توليد الطاقة الحرارية على البر، فما زالت في مرحلة وضع المفاهيم (Shnell, 2009؛ و Shnell and others, 2015؛ و Pedamallu and others, 2018).

ويعتمد توليد الطاقة الشمسية في عرض البحر على نظم شمسية عائمة مصممة لتحمل الظروف البيئية القاسية في البحر[18]. ولما كانت البيئة البحرية تتيح الاستفادة بشكل كامل من التعرض لأشعة الشمس خلال النهار، فإنها تبدو بديلا مثاليا لصناعة الطاقة الشمسية. ولئن كان تركيب نظم الطاقة الشمسية البحرية يتكلف أكثر من تركيب النظم الأرضية، إلا أن النظم البحرية عادة ما تكون أكثر كفاءة، لأن الألواح تكون ملامسة لمياه البحر بشكل مباشر، مما يقلل من فقد الحرارة، ويخفض من درجة حرارة الألواح (Trapani and Redón Santafé, 2015؛ و Sahu and others, 2016؛ و Ranjbaran and others, 2019؛ و Spencer and others, 2019). ورُكِّبَت أول محطة عائمة لتوليد الطاقة الشمسية في البيئة البحرية في عام 2014 في ملديف[19]. وتهتم الإمارات العربية المتحدة، وسنغافورة، وهولندا بإنشاء محطات بحرية لتوليد الطاقة الشمسية. وتوجد محطات عائمة لتوليد الطاقة الشمسية في المسطحات المائية الداخلية قيد التشغيل بالفعل أو الإنشاء أو النظر في بلدان أخرى كثيرة، منها أستراليا، والبرازيل، وجمهورية كوريا، والصين، والهند، واليابان (World Bank Group and others, 2019).

ويقتصر استخدام الطاقة الحرارية الأرضية حاليا على المناطق البرية التي توجد بها موارد طاقة حرارية أرضية (Tester and others, 2006؛ و Saibi and others, 2013). ومع ذلك، يمكن العثور في قاع المحيط على كميات هائلة من موارد الطاقة الحرارية الأرضية في حالة فوق الحرجة (سوائل ذات درجات حرارة ومستويات ضغط مرتفعة جدا)، على سبيل المثال، في التلال البركانية في وسط المحيط (Hiriart and Hernandez, 2010). وتشمل فوائد توليد الطاقة الحرارية الأرضية في عرض البحر استخدام مياه البحر كمصدر غير محدود للسوائل الحرارية الأرضية بسبب برودتها، وأيضا باعتبارها مكثفا غير محدود لنظام المبادلات الحرارية (Banerjee and others, 2018). ولا تحتاج المحطات البحرية لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية إلى مساحة على البر أو لتمديد حقل الطاقة، وهي تتسم، إذا قورنت بالمحطات البرية، بإمكانية تطويرها بدرجة أكبر، وإن كانت غير مربحة في الإطار المالي الحالي (Karason and others, 2013).

وتُنتج مبادرات حالية، مثل مشروع مارسيلي في إيطاليا ومشروع الفتحات الحرارية المائية في خليج كاليفورنيا، الكهرباء باستخدام البخار المنبعث من بركان مغمور ومن فتحات حرارية مائية، على التوالي، لإنتاج الطاقة. ووجدت في أيسلندا وإندونيسيا مواقع إضافية لاستكشاف الطاقة الحرارية الأرضية المحتملة في البحر

[18] انظر Kosatka.Media, "High-wave offshore panels soon a reality", 22 July 2019.

[19] انظر Swimsol, "Recent Swimsol solar energy projects". متاح عن طريق الرابط التالي: https://swimsol.com/solar-projects-off-shore-solarsea-and-rooftop/.

(Karason and others, 2013؛ و Prabowo and others, 2017). وفي هولندا، يقوم برنامج استكشاف الطاقة الحرارية الأرضية في المياه البالغة العمق باستكشاف جدوى مشاريع لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية في البحر لتقييم جدوى تنفيذ المزيد من الاستثمارات (Heijnen and others, 2019).

3 - الآثار البيئية المحتملة لتنمية الطاقة البحرية المتجددة

يمكن لتوليد الكهرباء القائم على الطاقة البحرية المتجددة أن يسهم في تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة والحد من تلوث المياه والمواد الجُسيمية الهواء والنفايات، وأن يساعد في التخفيف من آثار تغير المناخ. ومن جهة أخرى، وحيث إن أي تدخل بشري في البيئة البحرية يلحق آثاراً حتمية بالنظم الأحيائية واللاأحيائية المحيطة، فمن الضروري تخفيف أو تجنب الآثار السلبية المحتملة وزيادة الآثار الإيجابية المحتملة؛ وتُشكِّل تقييمات الأثر البيئي جزءاً لا يتجزأ من تقييم تلك الآثار المحتملة (Mendoza and others, 2019). ويتوقف حجم الآثار البيئية ونطاقها الزمني على حجم المشروع ونطاقه ومكانه وتكنولوجيا الطاقة البحرية المتجددة المستخدمة؛ فعلى سبيل المثال، أظهرت دراسات المحاكاة أن الصفائف الصغيرة من محولات الطاقة الموجية لها آثار ضئيلة على البيئة المادية. وتتمثل طريقة عملية لتقييم الآثار البيئية لإحدى منشآت الطاقة البحرية المتجددة في دراسة التفاعلات بين عوامل الإجهاد البيئي حسب المنشأة (أي خطر التصادم أو الضوضاء تحت الماء) والمستقبِلات (أي عناصر النظام الإيكولوجي، مثل الطيور البحرية أو الثدييات البحرية). والمستقبِلات التي سيشملها النقاش أدناه هي الموائل البحرية القاعية واليَمِّية، والأسماك ومصائد الأسماك، والطيور والخفافيش البحرية، والثدييات البحرية، والنظام الأوقيانوغرافي، ومورفولوجيا السواحل.

ويجري تشغيل مشاريع بحرية لتوليد الطاقة من الرياح منذ عام 1991، ولذا توجد خبرة متراكمة بشأن آثارها البيئية. فعلى سبيل المثال، بدأ في الجزء البلجيكي من بحر الشمال في عام 2008 برنامج موسّع للرصد البيئي مع تشغيل أول توربينات ريحية في البحر، ونشرت تقارير سنوية، حتى عام 2019، تصف الآثار البيئية المكتشفة[20]. غير أن آثار أجهزة الطاقة البحرية المتجددة الأخرى لم تُدرس بالتفصيل، بسبب ندرة تشغيل محولات الطاقة المولدة من الأمواج والتوربينات العاملة بالمد والجزر وتيارات المحيط؛ وهو ما أدى إلى شح البيانات المتصلة بخطوط الأساس وبيانات ما بعد التركيب فيما يتعلق بتلك الأجهزة (Copping and Hemery, 2020). وللاطلاع على استعراضات تتعلق بالآثار البيئية لمنشآت الطاقة البحرية المتجددة، انظر: Bray and others, 2016؛ وWillsteed and others, 2017؛ و International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2019؛ و Copping and Hemery, 2020.

3-1 - الموائل البحرية القاعية واليمِّية (غير القاعية)

قد يكون للهياكل الأساسية المغمورة الخاصة بمنشآت الطاقة البحرية المتجددة، بما في ذلك الأساسات والركائز، ونظم الإرساء، والكابلات، تأثير على الموائل البحرية القاعية (الشعاب البحرية، والتشكيلات المرجانية، ومروج الأعشاب البحرية) واليمِّية عن طريق التسبُّب في تغيرات في وظيفتها وخصائصها. وتنشأ هذه التغيرات بسبب حدوث أضرار (مثلاً أثناء تركيب الكابلات أو التنظيف حول المعدة وأسس الإرساء) وإيجاد موائل (من خلال آثار الشعاب الاصطناعية والمحميات والحشف الأحيائي) (Copping and Hemery, 2020). وبسبب

[20] انظر Kelle Morau, "Offshore wind farms and the marine ecosystem: 10 years of monitoring", Royal Belgian Institute of Natural Sciences, 15 June 2020.

إضافة طبقة سفلية صلبة، تؤدي الهياكل الأساسية المركبة دورا مهما في إنشاء موائل جديدة (من خلال الاستعاضة عن الموائل السابقة أو تجديد تلك المتضررة)، وهي موائل قد تجتذب أيضا أنواعاً جديدة إلى الموقع؛ وينبغي النظر في هذه المسألة في إطار أهداف الإدارة المحددة للمنشأة المعنية. ويرد وصف لآثار إضافية غير مباشرة في Copping and Hemery (2020).

وعلى الرغم من الحاجة المؤكدة لمزيد من البحوث، فمن الممكن أن يكون للشعاب الاصطناعية المصممة جيداً آثار إيجابية على البيئة البحرية. ويمكن أن تُستخدم قواعد توربينات الرياح كشعاب اصطناعية، وأن تعزز الترابط بين المناطق المحمية البحرية، وأن تتيح تربية الأحياء المائية بشكل مستدام (Bishop and others, 2017؛ و Boero and others, 2017؛ و Glarou and others, 2020). وتوجد علاوة على ذلك فوائد بيئية متوقعة كبيرة من التفكيك الجزئي لمحطة رياح بحرية عند سحبها من الخدمة، إذ يمكن للتركيبات تحت الأرضية المتبقية أن تعزز التنوع البيولوجي، وتوفر موائل للشعاب البحرية، وتحمي من الصيد بشباك الجر في قاع البحار (Topham and others, 2019).

وتلزم بحوث أكثر بكثير بشأن تفاعلات الطاقة الشمسية العائمة والطاقة الحرارية الأرضية في قاع المحيطات مع الموائل المائية. وقد تكون للألواح الشمسية العائمة، المعرضة للحشف الأحيائي، آثار بيئية على الأنواع المعتمدة على الإشعاع الشمسي (بما في ذلك الشعاب البحرية والعشب البحري وغابات عشب الكيلب) وأن تسبب تغيرات في التنوع البيولوجي (Sahu and others, 2016؛ و Pimentel Da Silva and Branco, 2018). والتغيرات في تركيزات السوائل الناجمة عن استخدام الطاقة الحرارية الأرضية في قاع المحيطات قد تسبِّب آثاراً بيئية واسعة النطاق، مثل فقدان الموائل وتدهورها (Pedamallu and others, 2018).

3-2 - الأسماك ومصائد الأسماك

قد ينجم عن وجود الهياكل الأساسية المغمورة الخاصة بمنشآت الطاقة البحرية المتجددة خطر الاصطدام بالأسماك. وهو خطر متغيِّر ويتوقف، في جملة أمور، على وفرة الأسماك وسرعة المياه والتردد الدوراني للتوربينات. غير أنه لا يعرف بعد ما إذا كانت قد حدثت اصطدامات فعلية بين الأسماك والتوربينات المغمورة، فهي اصطدامات صعبة الرصد إذا حدثت. وبالتالي، فإن نتائج الاصطدام، مثل الإصابات والنفوق، غير معروفة، ومن الضروري إجراء المزيد من البحوث بشأن الآثار دون المميتة أو غير التلامسية (Copping and Hemery, 2020). وفضلا عن ذلك، ثمة نقص في المعلومات ذات الصلة عن سلوك الأسماك فيما يتعلق بوجود منشآت مغمورة للطاقة البحرية المتجددة. ومن المرجح أن تطرأ مسائل تتعلق بالحوادث التي تعلَق فيها الحيوانات البحرية الكبيرة بهذه التركيبات (Taormina and others 2018).

وتؤدي كابلات نقل التيار الكهربائي المغمورة التي تربط مشاريع الطاقة البحرية المتجددة بالمحطات الكهربائية المقامة على البر إلى إحداث مجالات كهرومغناطيسية. والكائنات التي قد تتأثر بهذه المجالات الكهرومغناطيسية هي تلك التي لديها مستقبلات كهربائية محدَّدة لأغراض التوجيه والتزاوج والملاحة والصيد، مثل الأسماك الصفيحية الخياشيم، والثدييات البحرية، واللافقاريات. وفيما يلي العوامل التي تحدِّد احتمال تعرُّض الكائنات البحرية لخطر المجالات الكهرومغناطيسية: (أ) حجم أو مقدار التيار الكهربائي الذي يحمله الكابل؛ (ب) تصميم الكابل؛(ج) المسافة بين الكائنات البحرية وكابل الطاقة (Snyder and others, 2019). ومن الجلي أنه يلزم مزيد من البحوث لفهم ما إذا كانت المجالات الكهرومغناطيسية ضارة بالأنواع القليلة القادرة على اكتشافها. ويُشير كوبينغ وهيمري (Copping and Hemery, 2020) إلى أن الأدلة الأولية تبين أن خطر المجالات الكهرومغناطيسية

الناجمة عن عدد قليل من معدات الطاقة البحرية المتجددة يمكن اعتباره غير ذي أهمية.

وأخيراً، يلزم مزيد من البحوث بشأن التفاعلات البيئية المحتملة للطاقة البحرية المتجددة مع مصائد الأسماك، مع مراعاة أن بعض أسواق توليد الطاقة الريحية البحرية، مثل الدنمارك والمملكة المتحدة، تسمح بالصيد التجاري للأسماك داخل المحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية. وفي سياق استغلال طاقة الكتلة الأحيائية البحرية، ينبغي النظر في الآثار المحتملة على مصائد الأسماك والأخطار التي تتهدد الأنواع المحمية فيما يتعلق بأي إنتاج واسع النطاق للطحالب الكبيرة (Langton and others, 2019).

3-3 - الطيور والخفافيش البحرية

تُعتبر الطيور عرضة للخطر من جراء تنمية الطاقة البحرية المتجددة. فالوجود المادي للمحطات البحرية لتوليد الطاقة من الرياح قد يشكِّل مخاطر على الطيور البحرية على الصعيدين الفردي والجمعي، في حين أن حجم الأثر يتوقف على عوامل عديدة، منها أنواع الطيور، وخصائص وظروف الموقع، والتباينات الموسمية. وتتعلق أهم الآثار بحوادث الاصطدام بالطيور، المميتة ودون المميتة، وآثار الحواجز فيما يتعلق بالحركة (أي بالأساس النزوح من مواقع التقاط الغذاء)، والتجنُّب، والانجذاب، وفقدان الموئل. ويشير ديرشكي وآخرون (Dierschke and others, 2016) إلى أن مقدار نزوح الطيور البحرية من محطات توليد الطاقة الريحية البحرية أو انجذابها إليها غير مؤكد. وتحديداً، كشفت دراسة تحليلية شملت 20 محطة بحرية لتوليد الطاقة الريحية في البحار الأوروبية أن الاستجابات السلوكية للطيور البحرية تتباين، إذ تتراوح بين التجنب القوي والانجذاب القوي. ومن جهة أخرى، أظهرت أنواع عديدة القليل من الاستجابة السلوكية، بينما استخدمت أنواع أخرى هياكل المحطات البحرية لتوليد الطاقة من الرياح كمجاثم جافة. ويبدو أن الزيادة في توافر الغذاء بسبب أثر الشعاب الاصطناعية تؤثر تأثيرا مهما على عدة أنواع.

وتوجد أدلة أيضاً على أن الطيور الكبيرة الحجم تتجنب توربينات الرياح البحرية (Fox and Petersen, 2019). ومع ذلك، يلزم القيام بحملات رصد طويلة الأجل من أجل سد الثغرات في فهم سلوك الطيور، بما في ذلك الطيور البحرية، حول التوربينات وتوفير تقديرات قوية لأعداد حالات اصطدام الطيور عند توربينات الرياح. ومن شأن التحديد السليم لمواقع المحطات الريحية البحرية وإغلاق التوربينات عند الطلب أن يحدا من أعداد الطيور النافقة أثناء تشغيل المحطات البحرية لتوليد الطاقة من الرياح (Marques and others, 2014؛ و Best and Halpin, 2019).

ونظرا لمحدودية عدد الدراسات المتعلقة بالتفاعلات المباشرة بين الطيور البحرية الغاطسة وتوربينات توليد الطاقة بالمد والجزر، لا توجد أدلة كافية لبيان أن هذه التفاعلات ستحدث أو أن تلك التوربينات ستلحق الضرر بالطيور فرادى أو جماعات. ويتضمن (Copping and Hemery, 2020) أحدث المعلومات بشأن آثار تنمية الطاقة البحرية المتجددة على الطيور البحرية، بينما تُقدَّم توصيات في (Isaksson and others, 2020).

وأخيراً، فإن الآثار المحتملة للمحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية على الخفافيش ليست مفهومة جيداً. ولما كانت قد شوهدت خفافيش في عرض البحر، فمن الممكن توقع آثار مماثلة لآثار المحطات البرية لتوليد الطاقة الريحية (Arnett and others, 2016).

4-3 - الثدييات البحرية

على الرغم من أن اصطدام الثدييات البحرية بالأجزاء المتحركة من أجهزة الطاقة البحرية المتجددة (مثل أرياش توربينات المد والجزر) لم يُلاحَظ، ما زالت إمكانية حدوث اصطدامات من هذا القبيل وترتُّب عواقب عليها، وهي عواقب لا تزال مجهولة، تشكل مجالا نشطاً من مجالات البحث. ويتمثل موضوع ناشئ آخر من موضوعات التقصي في إمكانية أن تعلَق الثدييات البحرية بخطوط الإرساء والكابلات والركائز. ويُعتبر خطر إصابة ونفوق الثدييات البحرية بسبب ذلك محدوداً

فيما يتعلق بفرادى الأجهزة، بينما سيؤدي الجمع بين نتائج النمذجة والملاحظات الميدانية إلى تحسين تقييم ذلك الخطر. وتشمل ثغرات المعرفة وأوجه عدم اليقين تقدير حجم خطر الاصطدام بالنسبة لصفائف من التوربينات انطلاقا من تقدير الخطر المتصل بتورين واحد، وترجمة خطر الاصطدام الفردي إلى خطر على المستوى الجمعي (Copping and Hemery, 2020).

ومن غير المرجح أن تؤدي الضوضاء تحت الماء الصادرة عن تشغيل أجهزة الطاقة البحرية المتجددة إلى إلحاق ضرر صوتي بالحيوانات البحرية، كما أن احتمال تسبُّبها في إحداث تغيرات سلوكية هو احتمال ضعيف. ومن جهة أخرى، يمكن أن تكون للضوضاء تحت الماء الناتجة أثناء مرحلة بناء منشأة للطاقة البحرية المتجددة آثار كبيرة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تؤدي الضوضاء تحت الماء الناتجة أثناء عمليات دق الأوتاد (للمحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية المثبتة في القاع بأوتاد) إلى التعتيم على أصوات تحديد الموقع بالصدى التي تستخدمها بعض الثدييات البحرية في الملاحة والصيد والتواصل، وقد تضعِف سمع الأسماك والثدييات. ويمكن معالجة تلك المشاكل من خلال فرض قيود على عمليات دق الأوتاد، وذلك مثلاً أثناء هجرة الثدييات البحرية، أو عن طريق تدابير تخفيف الضوضاء (Koschinski and Lüdemann, 2013). وتوجد في هذا الصدد أفضلية للتكنولوجيا البحرية العائمة لتوليد الطاقة الريحية وقواعد المحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية المثبتة في القاع التي تُغني عن الحاجة إلى دق أوتاد، مثل القواعد المثبتة بالجاذبية وقواديس الشفط، مقارنةً بقواعد المحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية المثبتة في القاع بأوتاد. وتشمل المصادر الإضافية للضوضاء تحت الماء زيادة حركة السفن أثناء أنشطة التشييد والسحب من الخدمة، ودوران التوربين ذاته، وإزاحة السوائل بواسطة أرياش التوربين، وعمليات مثل المتفجرات تحت الماء وإغراق الصخور والجرف.

5-3 - النظام الأوقيانوغرافي ومورفولوجيا السواحل

تنطوي تنمية الطاقة البحرية المتجددة في صفائف كبيرة الحجم على إمكانية تغيير العمليات المادية المدفوعة بالأمواج والتيارات وحركة المد والجزر. واستناداً إلى نتائج عمليات المحاكاة القائمة على نماذج رقمية، تُرصد تغيرات في دوران المياه، وارتفاع الأمواج، وسرعة التيارات، والملوحة، ونقل الرواسب، ونوعية المياه داخل منطقة منشآت الطاقة البحرية المتجددة وحولها. وحتى عام 2020، أجريت دراسات ميدانية ومختبرية قليلة للقياس الكمي لآثار أجهزة الطاقة البحرية المتجددة. وقد يؤدي أيضاً تغيير الخصائص الهيدروغرافية والوجود المادي لمنشآت الطاقة البحرية المتجددة الكبيرة الحجم، لا سيما حين يكون موقعها قريباً من الشاطئ، إلى التأثير على المناطق الساحلية المتاخمة، بما في ذلك من خلال زيادة خطر الفيضان (Cazenave and others, 2016؛ و Soukissian and others, 2017).

وإجمالاً، يتطلب النشر الناجح لمشاريع الطاقة البحرية المتجددة التقليل إلى أدنى حد ممكن من الآثار البيئية مع ضمان توليد الطاقة بتكلفة تنافسية. ومن الضروري في هذا السياق توافر المزيد من البيانات الحقيقية وإجراء المزيد من الدراسات المنسقة من أجل امتلاك صورة كاملة عن الآثار البيئية لمختلف أنواع أجهزة الطاقة البحرية المتجددة.

4 - المنافع والآثار الاجتماعية - الاقتصادية لنشر الطاقة البحرية المتجددة

4-1 - المنافع الاجتماعية - الاقتصادية

تنطوي الطاقة البحرية المتجددة على إمكانية دفع التنمية الاقتصادية الإقليمية والمحلية عن طريق توفير إمكانية الحصول على الطاقة الموثوقة في المناطق الساحلية وفي الجزر غير المترابطة والدول الجزرية (Kuang and others, 2016). ويمكن أن يؤدي وجود الطاقة البحرية المتجددة ضمن مزيج الطاقة إلى الحد من قابلية التأثر بتقلبات أسعار الطاقة وعدم استقرار توافرها.

4-1-1 - إيجاد فرص عمل جديدة

يمكن أن تؤدي تنمية الطاقة البحرية المتجددة إلى توفير فرص اقتصادية ووظائف في المناطق الساحلية (Hoegh-Guldberg and others, 2019). وقد وضعت مبادرة نظم طاقة المحيطات[21] هدفاً عالمياً هو الوصول إلى 300 غيغاواط من الطاقة البحرية المتجددة، باستثناء الطاقة المولدة بالرياح في البحر، بحلول عام 2050، وهو ما من شأنه تحقيق وفورات تصل إلى 5.2 بلايين طن من ثاني أكسيد الكربون بحلول ذلك العام وإيجاد 680 000 فرصة عمل مباشرة (Huckerby and others, 2016).

وفي عام 2018، بلغ عدد العاملين في قطاعي طاقة الرياح المولدة في البر والبحر 1,6 مليون شخص (REN21, 2019). وفي عام 2019، تلقى قطاع طاقة الرياح المولدة في البحر 29,9 بليون دولار كاستثمارات، تلقت الصين النسبة المئوية الأكبر منها (14 بليون دولار) (Frankfurt School and UNEP Centre/BNEF, 2020). وتتفوق المحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية عن المحطات البرية لتوليد تلك الطاقة في كثافة اليد العاملة المستخدمة فيها، وهو ما يمكن أن يؤدي إلى إعادة التنشيط الاقتصادي للمجتمعات الساحلية (IRENA, 2019).

4-1-2 - أوجه التآزر مع القطاعات البحرية الأخرى

يمكن أن يُشكِّل قطاعا تربية الأحياء المائية والطاقة البحرية المتجددة قطاعين متآزرين. فمواقع تربية الأحياء المائية تقع بالأساس في مناطق تتسم بظروف تنخفض فيها الطاقة؛ ولذا يمكن لمنشأة الطاقة البحرية المتجددة أن توفر في جانبها المحمي من الريح بيئة مثالية لتطوير تربية الأحياء المائية. وعلاوة على ذلك، يمكن تيسير التشاطر المتعدد الوظائف لموقع واحد من جانب هذين القطاعين (من خلال تشاطر نفس الهياكل الأساسية مثلاً) عن طريق التخطيط المكاني البحري (انظر الفصل 26)، فضلا عن أوجه التقدم التقنية في تصميم أقفاص سمكية أشد صلابة، والتطورات التكنولوجية في مجال الأتمتة، وأوجه التقدم في نظم الإرساء، وتقاسم المنافع (حيثما توفر صفائف الطاقة البحرية المتجددة المأوى للمزارع السمكية).

وعلاوة على ذلك، يمكن تحويل منصات النفط والغاز المهجورة إلى وحدات للإنتاج والتخزين تقوم بتحويل الكهرباء من المحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية إلى هيدروجين وغاز تركيبي (Jepma and van Schot, 2016؛ انظر أيضاً الفصل 19). وقد تنشأ أيضاً أوجه تآزر بين قطاع الطاقة البحرية المتجددة وصناعات بحرية أخرى، مثل النقل والعمليات، والإمداد والصناعة التحويلية، والمواد الجديدة والتعدين (Huckerby and others, 2016)، وحماية خطوط الساحل، وجهود حفظ البيئة البحرية (LiVecchi and others, 2019).

[21] تمثل مبادرة نظم طاقة المحيطات شكلا من أشكال التعاون الحكومي الدولي فيما بين البلدان، وقد تأسست في عام 2001، ويجري العمل فيها وفق إطار وضعته وكالة الطاقة الدولية. وتشجع المبادرة تنمية طاقة المحيطات في جميع أنحاء العالم. انظر https://www.ocean-energy-systems.org/.

4-2 - الآثار الاجتماعية - الاقتصادية الضارة المحتملة

سيتعين تذليل تحديات كبيرة لكي يتحقق نشر الطاقة البحرية المتجددة، وهي مصدر جديد للطاقة، على نطاق كبير. فإلى جانب ارتفاع تكلفة الطاقة التي تولدها منشآت الطاقة البحرية المتجددة مقارنةً بالمنشآت البرية، يتعين تناول مسألة القبول الاجتماعي. فمنشآت الطاقة البحرية المتجددة قد تواجه معارضة قوية من قطاعات بحرية أخرى ومن المجتمعات المحلية الساحلية العازفة عن اقتسام الفضاء البحري (Dalton and others, 2015؛ و Lange and others, 2018). وتشمل المسائل الهامة الناجمة عن التفاعلات بين مصائد الأسماك والمحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية فقدان مناطق صيد الأسماك والنزوح، وتلف معدات الصيد، وعدم كفاية برامج التعويض، والحاجة إلى مشاركة أكثر دينامية من جانب الصيادين في عمليات التخطيط (Gray and others, 2016). وقد تُشكِّل منشآت الطاقة البحرية المتجددة أيضا شاغلاً لقطاع السياحة الساحلية بسبب الإزعاج البصري المحتمل. فقد كشفت دراسات أجريت على الساحل الفرنسي للبحر الأبيض المتوسط، فضلا عن شمال ويلز، بالمملكة المتحدة، ونيوزيلندا، عن وجود معارضة من جانب المجتمعات الساحلية للمحطات البحرية لتوليد الطاقة الريحية ومنشآت توليد الطاقة من الأمواج، خاصةً في الأماكن ذات المناظر الطبيعية الخلابة (Devine-Wright and Howes, 2010؛ و Westerberg and others, 2013؛ و Brownlee and others, 2015). وقد تنشب كذلك منازعات محتملة بشأن الملاحة الآمنة والتشغيل الآمن للسفن البحرية حينما تكون منشآت الطاقة البحرية المتجددة قريبة من طرق النقل البحري القائمة.

وخلاصة القول، تؤكد المخاطر البيئية والاجتماعية - الاقتصادية المحتملة أهمية المشاركة الواسعة من أصحاب المصلحة، والتقييم الفعال للأثر البيئي، وتحليل المخاطر قبل تخطيط مشاريع الطاقة البحرية المتجددة وتحديد مواقعها.

5 - الثغرات الرئيسية المتبقية في المعارف وبناء القدرات

5-1 - خفض التكاليف

- **النطاق والحجم** - تؤدي أجهزة الطاقة البحرية المتجددة الأكبر حجما وعمليات تركيب الصفائف إلى تخفيض تكاليف التصنيع والتركيب، في حين يؤدي توسيع نطاق إنتاج أجهزة الطاقة البحرية المتجددة إلى تخفيض إجمالي تكلفة المكونات الفردية.
- **الخبرة وتوليد المعارف** - من المهم توليد المعارف بشأن بناء القدرات وتخفيض التكاليف في مجال الطاقة البحرية المتجددة. وستعزز المعارفُ الجديدة المكتسبة من الخبرة ومن التعلُّم بالممارسة إدماجَ الطاقة البحرية المتجددة في سياسات الدول ذات الصلة. ويُشكِّل تشاطر البيانات والمعلومات وتبادل الخبرات والبحث والتطوير والدروس المستفادة عوامل دفع هامة نحو تخفيض التكاليف.
- **الابتكار** - يؤدي الابتكار المحدَّد الأهداف (في مرحلة البحث والتطوير الخاصة بمشروع للطاقة البحرية المتجددة في طوره المفاهيمي أو في سياق مشاريع صناعية فعلية للطاقة البحرية المتجددة) إلى تخيض التكاليف وزيادة عائد وموثوقية أجهزة الطاقة البحرية المتجددة.
- **تخزين الطاقة** - يتسم التوقع القصير الأجل الدقيق وتخزين الطاقة بالأهمية لمسألتي التوليد المتقطع للكهرباء والتقلبات العشوائية، على التوالي. وتتمثل التكنولوجيات الراهنة المستخدمة في تخزين الطاقة في النظم الكهربائية الكيميائية (مثل البطاريات

وخلايا الوقود وتخزين الطاقة الهيدروجينية)، والتخزين الكهربائي (مثل تخزين الطاقة في المكثِّفات الفائقة والنظم المغناطيسية)، والنظم الميكانيكية (مثل عجلات التوازن ومضخات المياه)، والنظم الحرارية (Ould Amrouche and others, 2016؛ و Olabi, 2017). وتخزين الطاقة الكهرومائية عن طريق الضخ هو التكنولوجيا الأكثر نضجاً والأكبر نطاقاً بين هذه التكنولوجيات (انظر أيضا Wang and others, 2019).

5-2 - الرصد البيئي وتدابير التخفيف

الرصد البيئي للكائنات البحرية والسمات الأوقيانوغرافية - المتيورولوجية (سمات المحيطات والأرصاد الجوية) ضروري للتعرف على التغيُّر في البيئة البحرية وتحديدها كمياً بدءاً من تصميم منشأة للطاقة البحرية المتجددة حتى سحبها من الخدمة، في حين إن مسح قاع المحيط قد يسهم إسهاماً كبيراً في تحديد الموقع المناسب لمنشآت الطاقة البحرية المتجددة (Mulcan and others, 2015).

ووضع خطوط أساس بيئية (مثل مسح قاع البحار وتحديد خصائصه، بما يشمل تكوين الرواسب والتركيب الجيولوجي الضحل والعميق) ورصد العناصر الحيوية أمران ضروريان لمعالجة أي أثر ضار لتلك الأنشطة على التنوع البيولوجي. ويلزم في هذا السياق تحديد معايير لتحليل بيانات الرصد البيئي لمواقع تنمية الطاقة البحرية المتجددة وتحديد المنطقة التي قد تحدث فيها الآثار البيولوجية، وذلك من أجل إرشاد عملية جمع بيانات خط الأساس[22]. ومن الضروري أيضاً وضع عتبات وتحديد التغيرات في وفرة الأنواع وتنوعها وتوزيعها وسلوكها وإعادة تكييف الإجراءات الإدارية (Foley and others, 2015). وينبغي عند تصميم إجراءات الرصد النظر في تكنولوجيات الطاقة البحرية المتجددة المستخدمة وفي عوامل الإجهاد التي تدخل إلى البيئة البحرية. ويمكن أن تُشكِّل النماذج التنبؤية أداة مكملة، والأمثل هو الجمع بينها وبين عمليات الرصد الموقعي.

ويمكن الحصول على البيانات الأوقيانوغرافية المتيورولوجية من القياسات الموقعية، ونواتج النماذج الرقمية، ومعدات الاستشعار عن بعد. ويلزم توفير بيانات طويلة الأجل للتقدير الأولي لموارد الطاقة البحرية المتجددة المتاحة وللسمات الأوقيانوغرافية المتيورولوجية المناخية في منطقة إقامة المنشأة. ومن المهم أيضاً لأنشطة التخطيط التشغيلي التنبؤُ القصير المدى (حتى 3 أيام) والمتوسط المدى (من 3 إلى 7 أيام) بالظروف الأوقيانوغرافية المتيورولوجية. وأثناء مرحلة التنفيذ، يلزم وجود تنبؤات قصيرة الأجل يمكن الاعتماد عليها بشأن إنتاج الطاقة المتوقع، وذلك من أجل إدماج موارد الطاقة على نطاق كبير.

5-3 - الاعتبارات الاستراتيجية المتعلقة بتنمية الطاقة البحرية المتجددة، بما في ذلك التمويل

يمكن أن يكون لإعداد استراتيجيات وطنية للطاقة عدد من الأهداف. وفي هذا السياق، تشمل بعض العوامل الهامة التي ينبغي النظر فيها تخفيض تكاليف الطاقة البحرية المتجددة وتعزيز إدماجها على نطاق كبير في نظم الطاقة الكهربائية؛ واستثمار تشكيلة متنوعة من موارد الطاقة البحرية المتجددة وتحديد توزيعها الجغرافي؛ والحد من العراقيل أمام التنفيذ، بما في ذلك المنازعات بشأن المواقع وإجراءات الترخيص؛ وجذب استثمار كبير إلى القطاع.

وعلاوة على ذلك، طلب المؤتمر العالمي لحفظ الطبيعة التابع للاتحاد الدولي لحماية الطبيعة، في دورته السادسة، من الدول والسلطات المختصة تنفيذ استراتيجية لتنمية الطاقة البحرية المتجددة تراعي المسائل البيئية وإخضاع هذه الاستراتيجية للتقييم البيئي الاستراتيجي الصارم

[22] انظر، مثلا، United States Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, "Takes of marine mammals incidental to specified activities; taking marine mammals incidental to construction of the Vineyard Wind Offshore Wind Project", Federal Register, Vol. 84, No. 83, 30 April 2019، على الرابط التالي: https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2019-04-30/pdf/2019-08666.pdf.

(IUCN, 2016). ويتماشى هذا الالتزام تماماً مع الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة3.

ويمكن للتنمية الكاملة للطاقة البحرية المتجددة أن تعزز تنوع خيارات الطاقة المنخفضة الكربون وأن توفر بدائل مجدية للوقود الأحفوري. وكثيراً ما تكون مصادر التمويل التجاري التقليدية غير كافية لتحقيق هذا الهدف، ولذا يتطلب الأمر استراتيجيات مبتكرة. وتُعتبر الشراكات بين القطاعين العام والخاص على قدر فائق من الأهمية لتنمية الطاقة البحرية المتجددة. فعلى سبيل المثال، أنشأت المفوضية الأوروبية منتدى طاقة المحيطات، الذي يجمع بين الصناعة والتمويل والأوساط الأكاديمية والسلطات العامة من أجل تحديد الحلول وجعل الاستثمار أكثر جاذبية. وفي الولايات المتحدة الأمريكية، تعمل شبكة مؤسسات الأعمال المعنية بالطاقة الريحية البحرية[23] على النهوض بتلك الصناعة.

ولا تقتصر أهمية الدعم الذي يقدمه القطاع العام على تمويل المراحل المبكرة لتطوير التكنولوجيات الجديدة. فدور هذا الدعم مهم بنفس الدرجة، إن لم يكن بدرجة أكبر، في إيجاد بيئة مؤاتية للاستثمار الخاص من خلال الحوافز المالية والضريبية، ومعايير حافظات الطاقة المتجددة، والمعاوضات offsets، والأسعار التفضيلية لقاء تغذية الشبكة بمصادر طاقة متجددة feed-in-tarrifs. ويقتصر الاستثمار في التكنولوجيات الجديدة بوجه عام على الدول التي تملك الإمكانيات المالية لقبول المخاطر المقترنة بتكنولوجيات غير مجدية تجارياً. غير أن البلدان النامية يمكن أن تستثمر في تكنولوجيات الطاقة البحرية المتجددة الأكثر نضجاً.

6 - الاتجاهات المتوقعة في المستقبل

على الرغم من إحراز تقدم كبير نحو استغلال الطاقة البحرية المتجددة، لا تزال تلك الصناعة في مراحل تطورها المبكرة، عدا قطاع توليد الطاقة من الرياح في البحر. ولما كانت الطاقة المولدة من الأمواج والطاقة المولدة من المد والجزر ليستا عموما مجديتين تجارياً بعدُ، فإن الهدف الفوري هو تشجيع المزيد من عمليات التنفيذ البحري لنماذج أولية فردية أو صفائف صغيرة الحجم. وستؤدي عمليات التنفيذ هذه، في حالة نجاحها، إلى بناء الثقة في القطاع وتشجيع الاستثمارات اللازمة لإنشاء محطات كبيرة الحجم. والتقدم التكنولوجي مطلوب أيضاً لتحسين أداء وموثوقية استمداد الطاقة، إلى جانب نظم المراقبة المطلوبة لتعظيم استيعاب الطاقة. والاستدامة التي تتسم بها تكنولوجيات توليد الطاقة من الأمواج ومن المد والجزر وموثوقية تلك التكنولوجيات وما تنطوي عليه من إمكانية تخفيض التكاليف، كل ذلك يعوّض المخاطر الاستثمارية الكبيرة.

وفي أوروبا، جرى بموجب الخطة الاستراتيجية لتكنولوجيا الطاقة تحديد أهداف طموحة لتخفيض التكلفة العمرية للطاقة فيما يتعلق بالطاقة الريحية المولدة في البحر والطاقة المولدة من الأمواج ومن المد والجزر (European Commission Directorate-General for Energy and others, 2018). ويتمثل الهدف بالنسبة للطاقة الريحية المولدة في البحر في تخفيض التكلفة العمرية للطاقة إلى نقطة إلغاء الدعم بالنسبة للمنصات الثابتة لتوليد الطاقة الريحية في البحر، وإلى أقل من 120 يورو للميغاواط ساعة بحلول عام 2025 بالنسبة للمنصات العائمة لتوليد تلك الطاقة. والهدف المقابل بالنسبة لكل من الطاقة المولدة من الأمواج والطاقة المولدة من المد والجزر هي 200 يورو للميغاواط ساعة و 150 يورو للميغاواط ساعة على التوالي. ومن شأن الدعم على الصعيد العالمي من قِبَل الحكومات الوطنية أن يتيح للصناعة تطوير الكتلة الحرجة التي ستولِّد بدورها تخفيضات كبيرة في التكلفة.

[23] انظر https://www.offshorewindus.org/about-us/.

ويبلغ التوقع المقابل للتكلفة العمرية للطاقة بالنسبة للطاقة المولدة من تدرجات الملوحة 80 يورو للميغاواط ساعة وما بين 150 و 200 يورو للميغاواط ساعة بالنسبة لتحويل الطاقة الحرارية للمحيطات (Ocean Energy Europe, 2016).

وثمة اتجاه ظهر مؤخراً فيما يتعلق بإنشاء المزيد من منشآت توليد الطاقة من الأمواج ومن المد والجزر ومن تيارات المحيط في البحار المفتوحة، وهو التركيز على الأسواق المتخصصة. وقد توفر خيارات الطاقة البحرية المتجددة المحلية حلا يلبي الاحتياجات من الطاقة في المناطق الواقعة خارج نطاق شبكة الكهرباء والمجتمعات الساحلية والجزرية النائية (مثل الدول الجزرية الصغيرة النامية)، بما في ذلك لأغراض تحلية المياه وتربية الأحياء المائية (LiVecchi and others 2019؛ و Rusu and Onea, 2019)[24]. وفي هذه التطبيقات، تنطوي الطاقة المولدة من الأمواج ومن المد والجزر على إمكانية تحقيق التنافسية مع مولدات الكهرباء العاملة بالديزل. وفي أغلب الحالات، ستكون أجهزة توليد الطاقة من الأمواج ومن المد والجزر أصغر حجماً من أجهزة التوليد على نطاق كبير يغذي الشبكة، وبالتالي لن يلزم إنفاق رأسمالي كبير. وقد يوفر العمل على بلوغ الحجم الكبير الذي يغذي الشبكة عن طريق زيادة حجم الأجهزة والصفائف تدريجيا السبيل نحو الاستغلال التجاري للطاقة المولدة من الأمواج ومن المد والجزر.

ومن المتوقع أن يتوسع قطاع توليد الطاقة من الرياح في البحر على الصعيد العالمي، بما في ذلك في مناطق لا تعمل بها حالياً محطات بحرية لتوليد الطاقة الريحية. وفي العقد المقبل، من المتوقع أن تحرز آسيا والولايات المتحدة تقدماً كبيراً، مع حدوث تسارع أيضا في نمو الطاقة الريحية المولدة في البحر في الأسواق الوليدة. ويمثل استخدام المنصات العائمة تغييراً رئيسياً بالنسبة للصناعة. فتوليد الطاقة الريحية من منصات عائمة يوشك الآن على مرحلة الانتشار التجاري، وهناك تكنولوجيات جديدة في مراحل تطوير أبكر من المحتمل استخدامها في البحار. فعلى سبيل المثال، قد توفر المنصات المتعددة التوربينات بديلا للزيادات المستمرة في حجم توربينات الرياح. وتمضي على مسار التطور أيضا مفاهيم استغلال الرياح على ارتفاعات عالية، مثل الطائرات الورقية الذاتية التشغيل أو الطائرات بلا طيار، والمنصات الهجينة التي تجمع بين أنواع مختلفة من تكنولوجيا الطاقة البحرية المتجددة في منصة واحدة.

شكر وتقدير: يود فريق الصياغة أن يتوجه بالشكر إلى نيكولاوس كوكوزاس لمساهمته الكبيرة في الجزء المتعلق بتوليد الطاقة الحرارية الأرضية في عرض البحر.

المراجع

Alvarez-Silva, O.A., and others (2016). Practical global salinity gradient energy potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 60, pp. 1387–1395.

Arnett, E.B., and others (2016). Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. In *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*, Voigt, C.C., and T. Kingston, eds. Springer International Publishing.

Banerjee, A., and others (2018). Evaluation of possibilities in geothermal energy extraction from oceanic crust using offshore wind turbine monopiles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 92, pp. 685–700.

[24] انظر "United States Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, "Powering the Blue Economy.

Best, B.D., and P.N. Halpin (2019). Minimizing wildlife impacts for offshore wind energy development: Winning tradeoffs for seabirds in space and cetaceans in time. *PLOS ONE*. vol. 14, No. 5, e0215722.

Bishop, M.J., and others (2017). Effects of ocean sprawl on ecological connectivity: impacts and solutions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 492, pp. 7–30.

Boero, F., and others (2017). CoCoNet: towards coast to coast networks of marine protected areas (from the shore to the high and deep sea), coupled with sea-based wind energy potential. *SCIRES-IT – SCIentific RESearch and Information Technology,* vol. 6 (Supplement), pp. 1–95.

Bray, L., and others (2016). Expected effects of offshore wind farms on Mediterranean marine life. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 4, No. 1, 18.

Breeze, P. (2019). Chapter 14 – Marine Power Generation Technologies. In *Power Generation Technologies*, P. Breeze, ed. Third Edition, pp. 323–349. Newnes.

Brownlee, M.T.J., and others (2015). Place attachment and marine recreationists' attitudes toward offshore wind energy development. *Journal of Leisure Research*, vol. 47, No. 2, pp. 263–284.

Buck, H.J. (2019). Marine cultivation technology opening the door to the rich sources of clean energy in our oceans. *Science Focus*. www.sciencefocus.com/planet-earth/marine-cultivation-technology-opening-the-door-to-the-rich-sources-of-clean-energy-in-our-oceans.

Cazenave, P.W., and others (2016). Unstructured grid modelling of offshore wind farm impacts on seasonally stratified shelf seas. *Progress in Oceanography*, vol. 145, pp. 25–41.

Chae, S.H., and J.H. Kim (2018). Recent issues relative to a low salinity pressure-retarded osmosis process and suggested technical solutions. In *Membrane-Based Salinity Gradient Processes for Water Treatment and Power Generation*, S. Sarp and N. Hilal, eds., pp. 273–295. Elsevier.

Copping, A., and L.G. Hemery, eds., (2020). OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/2020-State-of-the-Science-Report-LR-Tabs.pdf.

Dalton, G., and others (2015). Economic and socio-economic assessment methods for ocean renewable energy: Public and private perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 45, pp. 850–878.

Devine-Wright, P., and Y. Howes (2010). Disruption to place attachment and the protection of restorative environments: a wind energy case study. *Journal of Environmental Psychology*, vol. 30, No. 3, pp. 271–280.

Dierschke, V., and others (2016). Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biological Conservation*, vol. 202, pp. 59–68.

Dlugokencky Ed, and Pieter Tans (2020). Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, NOAA/GML. www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends.

Edenhofer, O., and others (2011). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press.

Encarnacion, J.I., and others (2019). Design of a horizontal axis tidal turbine for less energetic current velocity profiles. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 7, No. 7, 197.

European Commission, Directorate-General for Energy and others (2018). SET Plan Delivering Results: The Implementation Plans. Research & Innovation Enabling the EU's Energy Transition. European Union. https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/setis%20reports/setplan_delivering_results_ 2018.pdf.

Foley, M.M., and others (2015). Using ecological thresholds to inform resource management: current options and future possibilities. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 95.

Fox, A.D., and I.K. Petersen (2019). Offshore wind farms and their effects on birds. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift*, vol. 113, No. 3, pp. 86–101.

Frankfurt School–UNEP Centre/BNEF (2020). Global Trends in Renewable Energy Investment 2020. www.fs-unep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR_2020.pdf.

Glarou, and others (2020). Using artificial-reef knowledge to enhance the ecological function of offshore wind turbine foundations: implications for fish abundance and diversity. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 8, 332.

Gray, M., and others (2016). Changes to Fishing Practices Around the UK as a Result of the Development of Offshore Windfarms–Phase 1. The Crown Estate. www.thecrownestate.co.uk/media/2600/final-published-ow-fishing-revised-aug-2016-clean.pdf.

Gunn, K., and C. Stock-Williams (2012). Quantifying the global wave power resource. *Renewable Energy*, vol. 44, pp. 296–304.

Heijnen, L., and others (2019). Ultra-Deep Geothermal Program in the Netherlands. In *European Geothermal Congress*. The Hague, Netherlands: European Geothermal Energy Council, p. 6.

Hiriart, G., and I. Hernandez (2010). Electricity Generation from Hydrothermal Vents. *Geothermal Resources Council Transactions*, vol. 34, pp. 1033–1038.

Hoegh-Guldberg, O., and others (2019). The ocean as a solution to climate change: five opportunities for action. https://oceanpanel.org/sites/default/files/2019-10/HLP_Report_Ocean_Solution_Climate_Change_final.pdf.

Huckerby, J and others (2016). An International Vision for Ocean Energy. Version III. Ocean Energy Systems Technology Collaboration Programme. https://testahemsidaz2.files.wordpress.com/2017/03/oes-international-vision.pdf.

ICES (2019). Working Group on Marine Benthal Renewable Developments (WGMBRED). ICES Scientific Reports. Denmark: International Council for the Exploration of the Sea. www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/HAPISG/2019/Working%20Group%20on%20Marine%20Benthal%20and%20Renewable%20Energy%20Developments.pdf.

International Energy Agency (IEA) (2019). Offshore Wind Outlook 2019. World Energy Outlook Special Report. International Energy Agency.

_____(2020). Global CO_2 emissions in 2019, IEA, Paris. www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019.

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,
V. Masson-Delmotte and others, eds. Intergovernmental Panel on Climate Change. In press.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2014). Salinity Gradient Energy: technology brief. International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/publications/2014/Jun/Salinity-Gradient.

_____(2019). Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2019. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA_RE_Jobs_2019-report.pdf.

_____(2020a). Renewable Capacity Statistics 2020. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2020.pdf.

_____(2020b). Renewable Power Generation Costs in 2019. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf.

Isaksson, Natalie, and others (2020). Assessing the effects of tidal stream marine renewable energy on seabirds: A conceptual framework. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 157, 111314.

International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2016). Development of Offshore Renewable Energy and Biodiversity Conservation. IUCN Resolutions, Recommendations and Other Decisions. World Conservation Congress. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Honolulu, Hawaii, United States.

Jepma, C., and M. van Schot (2016). Connect North Sea oil and gas platforms to offshore wind farms to produce green gas. Energypost.Eu. https://energypost.eu/connect-north-sea-oil-gas-platforms-offshore-wind-farms-produce-green-gas.

Kadiri, M., and others (2012). A review of the potential water quality impacts of tidal renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, No. 1, pp. 329–341.

Karason, B., and others (2013). Utilization of Offshore Geothermal Resources for Power Production. In Proceedings of Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, (SGP-TR-198), p. 10.

Koschinski, S., and K. Lüdemann (2013). Development of Noise Mitigation Measures in Offshore Wind Farm Construction. Federal Agency for Nature Conservation. www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-01/other/mcbem-2014-01-submission-noise-mitigation-en.pdf.

Kuang, Y., and others (2016). A review of renewable energy utilization in islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 59, pp. 504–513.

Lange, M., and others (2018). Governance challenges of marine renewable energy developments in the US–Creating the enabling conditions for successful project development. *Marine Policy*, vol. 90, pp. 37–46.

Langton, R., and others (2019). An Ecosystem Approach to the Culture of Seaweed. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-195. https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/TMSPO195.pdf.

Lewis, A., and others (2011). Ocean Energy. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Edenhofer, O., and others, eds. Cambridge University Press.

LiVecchi, A., and others (2019). Powering the Blue Economy; Exploring Opportunities for Marine Renewable Energy in Maritime Markets. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Washington, D.C. www.energy.gov/sites/prod/files/2019/09/f66/73355-v2.pdf.

Marques, A.T., and others (2014). Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, vol. 179, pp. 40–52.

Mendoza, E., and others (2019). A framework to evaluate the environmental impact of OCEAN energy devices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 112, pp. 440–449.

Mulcan, A., and others (2015). Marine Benthic Habitats and Seabed Suitability Mapping for Potential Ocean Current Energy Siting Offshore Southeast Florida. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 3, pp. 276–298.

Musial, W.D., and others (2019). 2018 Offshore Wind Technologies Market Report. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States). www.energy.gov/sites/prod/files/2019/09/f66/2018%20Offshore%20Wind%20Technologies%20Market%20Report.pdf.

Ocean Energy Europe (2016). European Commission Issue Paper on Ocean Energy Industry Response. Technical Report. https://setis.ec.europa.eu/system/files/tpoandoee_input_act1and2_ocean.pdf.

Olabi, A.G. (2017). Renewable energy and energy storage systems. *Energy,* vol. 136, pp. 1–6.

Ould Amrouche, S., and others (2016). Overview of energy storage in renewable energy systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 41, No. 45, pp. 20914–20927.

Patel, S. (2015). Largest OTEC Facility Inaugurated in Hawaii. *Power Magazine*. www.powermag.com/largest-otec-facility-inaugurated-in-hawaii.

Pedamallu, L.R.T., and others (2018). Environmental Impacts of Offshore Geothermal Energy. *Geothermal Resources Council Transactions*, vol. 42, p. 10.

Perlack, R.D., and others (2005). Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: The technical feasibility of a billion–ton annual supply. US Department of Energy and US Department of Agriculture. https://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/final_billionton_vision_report2.pdf.

Pimentel Da Silva, G.D., and D.A.C. Branco (2018). Is floating photovoltaic better than conventional photovoltaic? Assessing environmental impacts. *Impact Assessment and Project Appraisal*, vol. 36, pp. 390–400.

Prabowo, T.R., and others (2017). A new idea: The possibilities of offshore geothermal system in Indonesia marine volcanoes. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 103, 012012. IOP Publishing.

Ranjbaran, P., and others (2019). A review on floating photovoltaic (FPV) power generation units. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 110, pp. 332–347.

Rau, G.H., and J.R. Baird (2018). Negative–CO_2–emissions ocean thermal energy conversion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 95, pp. 265–272.

REN21 (2019). Renewables 2019 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat. www.ren21.net/wp–content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf.

Roa–Ureta, R.H., and others (2019). Modelling long–term fisheries data to resolve the attraction versus production dilemma of artificial reefs. *Ecological Modelling*, vol. 407, 108727.

Rusu, E., and F. Onea (2019). An assessment of the wind and wave power potential in the island environment. *Energy*, vol. 175, pp. 830–846.

Sahu, A., and others (2016). Floating photovoltaic power plant: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 66, pp. 815–824.

Saibi, H., and others (2013). Geothermal energy. In *Handbook of Sustainable Engineering*, Kauffman J., and K.M. Lee, eds. Springer.

Sandberg, A., and others (2016). Critical factors influencing viability of wave energy converters in off–grid luxury resorts and small utilities. *Sustainability*, vol. 8, No. 12, 1274.

Savidge, G., and others (2014). Strangford Lough and the SeaGen Tidal Turbine. In *Marine Renewable Energy Technology and Environmental Interactions. Humanity and the Sea*, Shields M., and A. Payne, eds.Springer.

Schaetzle, O., and C.J.N. Buisman, (2015). Salinity Gradient Energy: Current State and New Trends. *Engineering,* vol. 1, No. 2, pp. 164–166.

Scottish Enterprise (2018). Marine Renewable Energy, Subsea Engineering Opportunity, International Market Insights Report Series. p. 10.

Sheehan, J., and others (1998). Look back at the US department of energy's aquatic species program: biodiesel from algae; close–out report. National Renewable Energy Lab., Golden, CO. (US). www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24190.pdf.

Shnell, J. (2009). Global Supply of Clean Energy from Deep Sea Geothermal Resources. *Geothermal Resources Transactions*, pp. 137–142.

Shnell, J., and others (2015). Energy from Ocean Floor Geothermal Resources. In *Proceedings World Geothermal Congress 2015*, Melbourne, Australia, p. 6.

SI Ocean (2013). Ocean Energy: Cost of Energy and Cost Reduction Opportunities. https://oceanenergy–sweden.se/wp–content/uploads/2018/03/130501–si–ocean–cost–of–energy–report.pdf.

Smart, G., and M. Noonan (2018). Tidal Stream and Wave Energy Cost Reduction and Industrial Benefit: Summary Analysis. Report by ORE Catapult. www.marineenergywales.co.uk/wp–content/uploads/2018/05/ORE–Catapult–Tidal–Stream–and–Wave–Energy–Cost–Reduction–and–Ind–Benefit –FINAL–v03.02.pdf.

Snyder, D.B., and others (2019). Evaluation of Potential EMF Effects on Fish Species of Commercial or Recreational Fishing Importance in Southern New England. OCS Study BOEM 2019–049. https://espis.boem.gov/final%20reports/BOEM_2019-049.pdf.

Soukissian, T.H., and others (2017). Marine renewable energy in the Mediterranean Sea: status and perspectives. *Energies*, vol. 10, 1512.

Spencer, R.S., and others (2019). Floating photovoltaic systems: Assessing the technical potential of photovoltaic systems on man-made water bodies in the continental United States. *Environmental Science & Technology*, vol. 53, No. 3, pp. 1680–1689.

Taormina, B., and others (2018). A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 96, pp. 380–391.

Tedesco, M., and others (2017). Towards 1 kW power production in a reverse electrodialysis pilot plant with saline waters and concentrated brines. *Journal of Membrane Science*, vol. 522, pp. 226–236.

Tester, J.W., and others (2006). The future of geothermal energy. Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. https://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/future_geo_energy.pdf.

Topham, Eva. and others (2019). Challenges of decommissioning offshore wind farms: Overview of the European experience. In *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1222, 012035. IOP Publishing.

Trapani, K., and M. Redón Santafé (2015). A review of floating photovoltaic installations: 2007–2013. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 23, No. 4, pp. 524–532.

Wang, Z., and others (2019). A review of marine renewable energy storage. *International Journal of Energy Research,* vol. 43, No. 12, pp. 6108–6150.

Westerberg, V., and others (2013). The case for offshore wind farms, artificial reefs and sustainable tourism in the French Mediterranean. *Tourism Management*, vol. 34, pp. 172–183.

Willsteed, E., and others (2017). Assessing the cumulative environmental effects of marine renewable energy developments: Establishing common ground. *Science of the Total Environment*, vol. 577, pp. 19–32.

World Meteorological Organization (WMO) (2020). WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019. WMO-No. 1248. Switzerland: World Meteorological Organization. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10211.

World Bank Group and others (2019). Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report. Washington, D.C.: World Bank. http://documents1.worldbank.org/curated/en/579941540407455831/pdf/Floating-Solar-Market-Report-Executive-Summary.pdf.

الفصل 22

الأنواع المُغيرة

المساهمون: توماس و. تيريو (منظم الاجتماعات)؛ مارين ل. كامبل، وألان ديدون، وبيلا س. جليل، وتشاد ل. هيويت، وغرايمي إنغليس، وهين أوجافير (عضو رئيسي)، وشول بارك (عضو رئيس مشارك)، وبينغ كياو، ورينيسون روا (عضو رئيس مشارك)، وإيفانجلينا شويند.

النقاط الرئيسية

- على الصعيد العالمي، استُجلب نحو 2 000 من الأنواع البحرية غير الأصلية إلى أماكن جديدة عن طريق تنقلات بوساطة البشر. وللقليل من هذه الأنواع قيمة اقتصادية، لكن أغلبها كان له آثار إيكولوجية أو اجتماعية - اقتصادية سلبية أو آثار ضارة بصحة الإنسان. ومع زيادة التجارة وتغير المناخ، من المرجح أن تزداد الإغارات البيولوجية.
- تُشكِّل الأنواع غير الأصلية مخاطر على الأمن البيولوجي والتنوع البيولوجي. وثمة نقص في المسوح الواسعة النطاق عن الأنواع غير الأصلية ذات التغطية التصنيفية الواسعة، وكذلك في الدراسات التي توثق الآثار المحتملة في البيئات المستقبِلة.
- تفتقر الناقلات الرئيسية للأنواع المغيرة (مثل مياه الصابورة، والحشف الأحيائي، وتربية الأحياء المائية، والتجارة في الكائنات الحية، والقنوات، والحطام البلاستكي أو غيره من الحطام) إلى تحديد خصائصها وفهمها على الصعيد العالمي، وعلى الصعيد الإقليمي في كثير من الأحيان، ولا توجد قواعد تنظيمية تطبق في هذا الصدد باستثناء ما ينطبق على إدارة مياه الصابورة وترسباتها. وبالنظر إلى أن استجلاب وانتشار الأنواع غير الأصلية له طابع يتسم بتعدد الناقلات، فإن هناك حاجة إلى صكوك قانونية شاملة ومتكاملة مع إنفاذها بصرامة من أجل تخفيف آثار تنقلات الأنواع، وإلى برامج للرصد الشامل يمكنها اكتشاف تلك الأنواع.
- ثمة حاجة ماسة إلى أدوات أفضل لتقييم المخاطر المحتملة للأنواع غير الأصلية في ظل ظروف بيئية متغيرة، وتحديد الأنواع الأصلية والنظم الإيكولوجية الأكثر عرضة للخطر، وتحديد أفضل سبل الاستجابة (أي من خلال الاكتشاف المبكر والاستجابة السريعة). ويصح ذلك بوجه خاص بالنسبة للأنواع التي لا يوجد لكونها أنواعا مغيرة تاريخ سبق توثيقه.

1 – مقدمة

تشكل إغارة الأنواع غير الأصلية مُحركاً رئيسياً للتغير في التنوع البيولوجي من شأنه تخفيض التنوع البيولوجي، وتغيير بنية جماعات الأنواع ووظائفها، والحد من إنتاج مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية، والتأثير على صحة البشر ورفاههم. وتتفاقم هذه الإغارة بفعل تغير المناخ، بما ينطوي عليه من ظواهر مناخية قصوى، وبفعل الاضطرابات الأخرى الناجمة عن النشاط البشري (Bax and others, 2003؛ و Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005؛ و Ojaveer and others, 2018). والأنواع غير الأصلية هي تلك الأنواع، بما في ذلك الميكروبات، التي تخطت حاجزاً طبيعياً أمام الانتشار لتتواجد في منطقة جغرافية أحيائية جديدة خارج نطاقها الأصلي كنتيجة متعمدة أو غير متعمدة للأنشطة الجارية بوساطة البشر (Carlton, 1999). ويمكن لهذه الأنواع أن تنتشر بعد ذلك في المنطقة التي جرت الإغارة عليها، انتشارا طبيعيا أو عبر أنشطة إضافية جارية بوساطة البشر باستخدام مجموعة كبيرة ومتنوعة من ناقلات الأنواع المغيرة (أي الوسائل المادية التي تتنقل عبرها فرادى الكائنات، بما في ذلك الحشف الأحيائي، وتربية الأحياء المائية، والتجارة في الكائنات الحية، والقنوات) (Carlton and Ruiz, 2005؛ و Richardson and others, 2011). وتمثل مسارات الإغارة خليطاً من العمليات والفرص التي تتيح لفرادى الكائنات الانتقال من موقع يُشكِّل مصدراً إلى موقع مستقبِل (غير أصلي)، وهي تشمل بعض عناصر ناقلات الأنواع المغيرة (استُخدم مصطلح "مسار الإغارة" (invasion pathway) كمرادف لمصطلح "ناقل الأنواع المغيرة" (Carlton and Ruiz, 2005؛ و Richardson

and others, 2011). والأنواع التي يتغير توزيعها بسبب تحولات في نسق النظم الإيكولوجية أو كاستجابة لتغير المناخ في نطاقها الأصلي لا تُعتبر أنواعا غير أصلية، ولا أنواعا خفية المنشأ (أي الأنواع التي لا يعرف نطاقها الأصلي) (Carlton, 1996). وهناك فئة فرعية من جميع الأنواع غير الأصلية، تعرف غالبا باسم "الأنواع الدخيلة المغيرة"، تتسبب في آثار بيولوجية أو اقتصادية كبيرة أو آثار كبيرة على صحة الإنسان (Williamson, 1996؛ و United Nations Environment Programme (UNEP), 2002). ونظراً لأنه كثيراً ما يتعذر توقع أي نوع غير أصيل سيصبح مُغيرا في أي منطقة وفي ظل أية ظروف، فقد اتُّبع في هذا الفصل نهج تحوطي، ولذلك فهو يغطي جميع الأنواع غير الأصلية من النظم البحرية ونظم مصبات الأنهار.

والأنواع غير الأصلية هي محركات للتغيير في النظم الإيكولوجية المُغار عليها. وتتأثر تلك الأنواع بالنظم الإيكولوجية التي تُغير عليها وبالأنشطة والأحداث التي سمحت لها بالانتقال من نطاقها الأصلي. وفضلا عن ذلك، يتزايد الاعتراف بأن الأنواع غير الأصلية مكوِّن هام من بين عوامل الإجهاد المتعددة، لا سيما في الموائل البحرية الساحلية، وأن التطورات الجارية في الاقتصاد العالمي وتحسن النقل يسهمان في انتشار الأنواع غير الأصلية (MEA, 2005). وقد تبيَّن أن النظم الإيكولوجية البحرية المجهدة أو المتدهورة بالفعل بسبب آثار أخرى من فعل الإنسان، مثل الإفراط في الصيد، وفرط المغذيات في المياه، وتحمّض المحيطات، وتغير الموائل، تشكل تربة خصبة لتوطن الأنواع غير الأصلية (Crooks and others, 2011). ولذا فالتغيرات في التنوع البيولوجي للأنواع الأصلية (بما في ذلك التغيرات فيما يتعلق بالأنواع المشمولة باتفاقية الاتجار الدولي بأنواع الحيوانات والنباتات البرية المهددة بالانقراض)[1]، والإنتاجية (بما في ذلك إنتاجية مصائد الأسماك)، وتكاثر الطحالب الضارة، وبنية النظام الإيكولوجي ووظيفته (الفصول 6 و 7 و 10 و 15) يمكنها جميعاً أن تؤثر تأثيراً مباشراً على نجاح الإغارة البحرية، بما في ذلك حينما تكون الأنواع غير الأصلية من مسببات الأمراض. وفضلا عن ذلك، يمكن أيضاً للزيادات المتوقعة في الموائل الاصطناعية (الفصل 14)، التي تتيح للأنواع المسببة للحشف الأحيائي التوطن في بيئات غير مناسبة لها لولا ذلك، أن تيسر استجلاب الأنواع غير الأصلية وانتشارها، اللذين يتسع نطاقهما أيضا بفعل الأنشطة الجارية بوساطة البشر، مثل النقل والشحن البحري، وتربية الأحياء المائية، والتنقلات وتكوين الأرصدة المرتبطيْن بالصيد، واستصلاح الموائل، والقنوات وعمليات التحويل، والحطام البحري والقمامة البحرية (لا سيما المواد البلاستيكية، التي لا تتآكل بسرعة وبالتالي تظل على وضعها كناقلات)، والأنشطة البحثية (الفصل 16) (Ruiz and others, 1997؛ و Carlton and others, 2017؛ و Therriault and others, 2018).

وللأنواع غير الأصلية القدرة على التأثير المباشر أو غير المباشر على الأحياء والنظم الإيكولوجية التي تعتمد إليها المجتمعات البشرية السليمة صحيا والمنتجة. وبالرغم من أنه جرى في بعض الأحيان استغلال أنواع غير أصلية استُجلبت عمدا أو هربت إلى بيئة غير أصلية بعد استجلابها عمدا (على سبيل المثال، محار المحيط الهادئ (Crassostrea gigas)، وقريدس البحر الأحمر (Penaeus pulchricaudatus)، والروبيان النمري الآسيوي (P. monodon)، وسرطان البحر الأزرق السابح (Portunus segnis)، وبطلينوس مانيلا (Ruditapes philippinarum))، فإن الآثار الأطول أجلاً تميل لأن تكون سلبية، حيث يتقلص تنوع الأنواع الأصلية. وتمتد الآثار أيضاً إلى جماعات الأنواع الساحلية بشكل مباشر أو غير مباشر عن طريق تخفيض الإنتاجية الإجمالية للنظم البحرية وقدرتها على الصمود، وهي النظم التي تعتمد عليها عادةً مصائد الأسماك المستدامة أو تربية الأحياء المائية المستدامة (Molnar and others, 2008؛ Schröder and de Leaniz, 2011).

ومن أجل تحسين فهمنا للإغارات على الصعيد العالمي، ثمة حاجة إلى قوائم جرد مسندة جغرافيا ومفصلة ومتحقق من صحتها للأنواع غير الأصلية، تكون متاحة

[1] United Nations, *Treaty Series*, vol. 993, No. 14537.

للاطلاع عليها في قواعد بيانات قابلة للبحث فيها ويمكن استخدامها لتوفير فهم أفضل لتوزيع هذه الأنواع والآليات المحتملة لتوسيع نطاقها. ويوجد حالياً في أماكن عديدة في مختلف أنحاء العالم فهم محدود أو غير مكتمل أو منعدم للأنواع غير الأصلية، بما في ذلك فيما يتعلق بتوقيت وصولها لأول مرة (أو اكتشافها) والناقلات المحتملة التي أتت عن طريقها. وعلى الرغم من إحراز تقدم في تقييم التنوع البيولوجي (Costello and others, 2010؛ و Narayanaswamy and others, 2013)، لا سيما مع التقدم في التقنيات الجزيئية (Darling and others, 2017)، لا تزال هناك ثغرات حرجة فيما يتعلق بالأنواع غير الأصلية. وتحديداً، لا يقتصر الأمر على ضرورة الحسم الكامل للتصنيف الخاص بكل نوع، وبالأخص حيثما تتداخل الأنواع غير الأصلية والأنواع الأصلية القريبة منها، لكن يلزم أيضاً فهم النطاق الأصلي لتلك الأنواع. وبالمثل، يلزم أيضا تحسين الفهم الجغرافي المكاني والزماني لناقلات الأنواع المغيرة ومسارات الإغارة. ورغم إجراء بعض الدراسات الإقليمية بالنسبة لمياه الصابورة، توجد بوجه عام محدودية في المعلومات بشأن الأنواع غير الأصلية المنتقلة عبر العديد من ناقلات الأنواع المغيرة. وفضلا عن ذلك، هناك كذلك فهم غير مكتمل لأمور منها خصائص مسارات مهمة للإغارة وطرقها ووتيرتها وكثافتها. وهذه المعلومات ضرورية على المستوى الجمعي لإرشاد السياسات والإدارة في مجال الأنواع غير الأصلية.

2 – خط الأساس الموثّق والتغيرات في الأنواع غير الأصلية

نظرا لأن التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017) لم يتضمن تقييما رسميا لحالة الأنواع غير الأصلية والاتجاهات المتعلقة بها، فلا يمكن تقييم التغيرات التي حدثت منذ نشره. غير أن هناك خطوطا متعددة من الأدلة تؤكد أن الأنواع غير الأصلية لا تزال تنتشر عالمياً، مع الإبلاغ عن عمليات استجلاب جديدة لهذه الأنواع في أماكن جديدة، نتيجة للافتقار العام إلى المعالجة والضبط. ومع أن الاتفاقية الدولية لمراقبة وإدارة مياه صابورة السفن وترسباتها لعام 2004[2] قد دخلت حيز النفاذ في أيلول/سبتمبر 2017 (International Maritime Organization (IMO), 2019)، ليس من الواضح مدى تطبيقها عالمياً أو فعاليتها في الحد من الإغارات البحرية على الصعيد الإقليمي، غير أن مرحلة بناء الخبرات الراهنة قد توفر معلومات هامة للتقييمات في المستقبل. وبالمثل، نفذت بعض الدول مدونة المجلس الدولي لاستكشاف البحار لقواعد الممارسات المتعلقة باستجلاب ونقل الكائنات البحرية (ICES, 2005) من أجل تقليل مخاطر الأنواع غير الأصلية حين يجري استجلابها عمداً إلى مناطق جديدة للتربية، لكن الإغارات حدثت رغم ذلك. وقد أوصى المجلس الدولي لاستكشاف البحار، إقراراً منه بالأهمية المتزايدة للحشف العالق بأجسام السفن كناقل للأنواع، باتخاذ أربعة إجراءات لتقييم عمليات استجلاب الأنواع عن طريق الحشف الأحيائي والتخفيف من حدتها (ICES, 2019)، لكن لا تزال هناك ناقلات كثيرة للأنواع المغيرة غير خاضعة للتنظيم على الصعيد العالمي حالياً (انظر أدناه).

وعلى الصعيد العالمي، تتفاوت كثيراً المعلومات المتوفرة عن الأنواع غير الأصلية مكانياً وزمانياً وتصنيفياً. فهناك مواقع عديدة لا تشهد مسحاً أو رصداً روتينياً للأنواع غير الأصلية. وتوجد أيضاً تحيزات قوية في اتساع وعمق التغطية والخبرات التصنيفية، حيث تتوافر عن الأنواع الأكبر الأكثر بروزاً (أي الأسماك والقشريات الكبيرة) معلومات أفضل بكثير من المعلومات المتوافرة عن الأنواع الأصغر الأقل بروزاً (أي الديدان واللافقاريات الصغيرة الأخرى).

[2] المنظمة البحرية الدولية، الوثيقة BWM/CONF/36، المرفق.

وتجدر الإشارة إلى أن عواقب الإغارات البحرية يمكن أن تستغرق وقتاً طويلاً قبل ظهورها ويصعب بشدة قياسها كمياً. وكثيراً ما توجد فجوات زمنية بين تاريخ استجلاب نوع غير أصيل إلى موقع جديد وتوقيت اكتشاف النوع أو ملاحظة الآثار. وعلاوة على ذلك، كثيراً ما تكون البيانات المرجعية الهامة الخاصة بالفترة السابقة على الإغارة غير متوافرة. ولذا، يصعب إسناد التغيرات الملحوظة في النظم الإيكولوجية إلى الأنواع غير الأصلية تحديداً، خصوصاً حينما تتأثر النظم الإيكولوجية البحرية بعدد كبير جداً من عوامل الإجهاد الخارجية الأخرى. غير أنه سيتسنى من خلال إنشاء قوائم جرد مرجعية عالمية أو إقليمية، على النحو الذي اقترحه تسياميس وآخرون (Tsiamis and others, 2019) لبلدان الاتحاد الأوروبي، الحصول على فهم أفضل لكلٍ من التغيرات في الأنواع غير الأصلية عبر المكان والزمان وآثارها على النظم الإيكولوجية وعلى الرفاه البشري، مع الإقرار بأن التحقق الحاسم من صحة تلك القوائم سيكون مطلوباً لضمان ملاءمتها للغرض منها. ولذا، يرد أدناه (انظر الفرع 4) أول تحليل شامل يخص كل منطقة على حدة للحالة والاتجاهات المرجعية لفئات تصنيفية متعددة.

3 – عواقب التغيرات على المجتمعات والاقتصادات البشرية ورفاه البشر

لا تؤثر الأنواع غير الأصلية فقط على تحقيق الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة (حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة) من خلال إسهامها في تدهور الموائل الساحلية ومنافع النظم الإيكولوجية والخدمات المرتبطة بها، بل إنها تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة الأخرى[3] (انظر International Council for Science (ICSU)and others, 2017). وقد يتعرقل إنجاز الهدف 1 من أهداف التنمية المستدامة (القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان) بفعل الانتشار المستمر للأنواع غير الأصلية الذي يؤثر سلباً على مصائد الأسماك وتربية الأحياء البحرية بشكل مباشر أو غير مباشر عن طريق تغيير بنية النظم الإيكولوجية ووظيفتها، وخاصة في حالة الدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا، التي لا توجد فيها أنظمة وسياسات وأنشطة رصد واكتشاف مبكر وخطط للاستجابة السريعة بشأن الأنواع غير الأصلية. وبالمثل، يمكن للأنواع غير الأصلية أيضاً أن تهدد تحقيق الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة (القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسّنة وتعزيز الزراعة المستدامة) من خلال تقويض سلامة الأغذية البحرية وأمنها عبر نفس الآليات. ومن الممكن في حالات عديدة اعتبار الأنواع غير الأصلية ملوِّثاً بيولوجياً، ولا سيما تلك الأنواع التي قد تؤثر على صحة الإنسان. وبالتالي، فإن الانتشار العالمي المستمر للأنواع غير الأصلية، ولا سيما مسبِّبات الأمراض البشرية مثل بكتيريا ضمة الكوليرا، يؤثر أيضاً على تحقيق الهدف 3 (ضمان تمتّع الجميع بأنماط عيش صحية وبالرفاهية في جميع الأعمار). ويُحتمل أن تُحدث بعض الأنواع غير الأصلية تغييرا هائلا في البيئات والمجتمعات الساحلية البحرية، ومن ثم فهي قد تؤثر سلباً على تحقيق الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة (ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة). وتوجد أدلة متنامية على أن الكثير من الأنواع البحرية غير الأصلية المسببة للحشف الأحيائي قادرة على استغلال الهياكل البشرية المنشأ، بما في ذلك أحواض السفن ومنصات النفط ومحطات توليد الطاقة الريحية. ولما كان الطلب المتزايد على الطاقة يؤدي إلى إنشاء هياكل أساسية ساحلية وبحرية، فقد تعوق الأنواع غير الأصلية تحقيق الهدف 7 من أهداف التنمية المستدامة (ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة). ويمكن تقويض النمو

[3] انظر قرار الجمعية العامة 1/70.

المستدام في مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية في المناطق التي تُواصِل فيها الأنواع غير الأصلية انتشارها دون كبح. وبالتالي، يمكن أن تقوض الأنواع البحرية غير الأصلية تحقيق الهدف 8 (تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع) والهدف 9 (إقامة بنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع المستدام الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار).

ويمكن للحوكمة الرشيدة للمحيطات، المرتبطة بالهدف 16 (التشجيع على إقامة مجتمعات مسالمة لا يُهمَّش فيها أحد من أجل تحقيق التنمية المستدامة، وإتاحة إمكانية وصول الجميع إلى العدالة، وبناء مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة وشاملة للجميع على جميع المستويات) أن تؤدي دورا هاما في تحسين فهمنا للأنواع البحرية غير الأصلية وآثارها على الصعيد العالمي. ويمكن أن تشمل تلك الحوكمة وضع إطار للإبلاغ أو قاعدة بيانات تتيح توثيق حالات التوزيع الدائمة التغير للأنواع غير الأصلية، وذلك للسماح بالإدارة الواعية ووضع السياسات بشكل مستنير في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية. وهناك علاوة على ذلك العديد من النظم الإيكولوجية البحرية التي تفتقر حتى إلى أبسط المعلومات بشأن الأنواع غير الأصلية (انظر الفرعين 2 و 4 أدناه). وقد يتسنى في هذا الصدد إقامة شراكات وبناء القدرات على الصعيد العالمي في إطار الهدف 17 (تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل التنمية المستدامة). فإذا ما اعترى البطء التقدم المحرز في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، فقد يتفاقم انتشار وآثار الأنواع غير الأصلية. فعلى سبيل المثال، يحتمل أن يؤدي عدم إحراز تقدم في تحقيق الهدف 13 (اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره) إلى أن تشهد النظم الإيكولوجية البحرية القليلة التي يوجد بها حالياً عدد محدود من الأنواع غير الأصلية، مثل القطب الشمالي والمحيط الجنوبي (انظر الفرع 4 أدناه)، إغارات من تلك الأنواع بمعدل أسرع بكثير إذ تصبح تلك البيئات أكثر ملاءمة لطائفة واسعة من الأصنوفات، بينما تتدهور أو تزول الحواجز اللاأحيائية والأحيائية أمام الإغارات.

ويرد أيضاً ذكر الأنواع غير الأصلية في وثائق ناظمة عالمية أخرى، لا سيما تلك المتعلقة بالتنوع البيولوجي، وذلك في ضوء العلاقة السلبية بين الأمرين. فعلى سبيل المثال، تقر اتفاقية التنوع البيولوجي[4] بخطر الأنواع غير الأصلية، وتنص المادة 8 (ح) من الاتفاقية على أن يقوم كل طرف متعاقد، قدر الإمكان وحسب الاقتضاء، بمنع استحداث أو مراقبة أو استئصال هذه الأنواع الغريبة التي تهدد النظم الإيكولوجية أو الموائل أو الأنواع. كما أقر المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات في مجال التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية بالآثار السلبية للأنواع غير الأصلية في جميع أنحاء العالم وبدأ عملية لتقييم هذه الأنواع.

ويمكن أن تضر بعض الأنواع البحرية غير الأصلية بصحة البشر ورفاههم. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤدي استجلاب بكتيريا ضمة الكوليرا وأنواع الطحالب الضارة (السوطيات الضخمة، وطحالب الدياتوم، والبكتريا الزرقانية) التي تخلق مواداً سمية إلى التأثير سلباً على الأحياء البحرية والمستهلكين من البشر. ومن المتوقع أن تتفاقم آثارها كلما استفادت من تغير المناخ (Ruiz and others, 2000؛ و Paerl and Huisman, 2009). وفي البحر المتوسط الذي يتعرض لإغارات كثيفة، تطرح تسعة أنواع غير أصلية سامة من المحيط الهندي أو غرب منطقة تجاور المحيطين الهادئ والهندي مخاطر على صحة الإنسان (Galil, 2018). وعلاوة على ذلك، تنتج سمكة الأسد (Pterois volitans) المتوطنة في منطقة تجاور المحيطين الهادئ والهندي مادة سمية ذات خطورة على البشر ولكن يندر أن تؤدي إلى الوفاة. غير أنه لا وجود سوى لمعلومات مجزأة بشأن الاتجاهات المكانية والزمانية لتلك الآثار على صحة الإنسان، حيث يعيق النقص في التشخيص والنقص في الإبلاغ التقييم الكمي لمدى الانتشار العالمي للحالات المعالَجة طبياً، وقد

[4] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.

يؤدي الجهل بمدى تلك المخاطر الصحية الناشئة وشدتها واتجاهاتها إلى عرقلة تحليل المخاطر.

وقد وفرت بعض الأنواع غير الأصلية، سواء كان استجلابها عن قصد أم عن غير قصد، منافع اقتصادية، لكن كثيراً ما تكون هناك مقايضة بين تلك المنافع والعواقب الإيكولوجية. فعلى سبيل المثال، استُجلب محار المحيط الهادئ إلى البيئات الساحلية في مختلف أنحاء العالم، بما فيها أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وأفريقيا وأستراليا وأوروبا، مما أسفر عن فرص اقتصادية صاحبها إنتاج عالمي يتجاوز 4 ملايين طن (Shatkin, 1997؛ و Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019). غير أن هذا النوع انتشر في أماكن عديدة خارج مواقع الاستزراع وأثر سلباً في بعض المناطق على كل من التنوع البيولوجي الأصلي وأداء النظم الإيكولوجية من جهة وعلى الرفاه البشري من جهة أخرى (Molnar and others, 2008؛ و Herbert and others, 2016). واستُخدم سمك السلمون الأطلسي (Salmo salar) أيضاً لخلق فرص اقتصادية في بلدان في شتى أنحاء العالم، غير أن حالات الفرار الكبير لهذا النوع من الأسماك قد تسفر عن آثار إيكولوجية واجتماعية – اقتصادية سلبية (Schröder and de Leaniz, 2011). وفي بحر بارنتس، استُجلب سلطعون الملك الأحمر (Paralithodes camtschaticus) عمداً إلى مصائد الأسماك لكنه سرعان ما انتشر إلى المياه المتاخمة وزاد وفرةً، الأمر الذي أوجد منازعات بين فئات مختلفة من المستعملين وأثر سلباً على التنوع البيولوجي وعلى أداء النظم الإيكولوجية، لا سيما في الفيوردات الساحلية (Falk-Peterson and others, 2011). وتترتب على إنشاء مصائد الأسماك من الأنواع غير الأصلية آثار أطول أجلا، خصوصاً في ضوء الدَفع في اتجاه كفالة استدامة مصائد الأسماك. وعلاوة على ذلك، أحدثت بعض الأنواع غير الأصلية، مثل عشب السبخات الملحية Spartina alterniflora الذي استُجلب عمداً إلى الصين باعتباره صانعا لنظام إيكولوجي، تغييرا كبيرا في النظم الإيكولوجية التي أغار عليها (Wan and others, 2009). ويشير شلابفير وآخرون (Schlaepfer and others, 2011) أيضاً إلى أن بعض الأنواع غير الأصلية قد توفر منافع إيكولوجية أو منافع في مجال الحفظ، لكنهم توقعوا أن تلك المنافع كثيراً ما تكون معقدة ومتوقفة على السياق.

4 – خطوط الأساس والتغيرات والعواقب الرئيسية المتعلقة بمناطق محددة

4-1 – المحيط المتجمد الشمالي

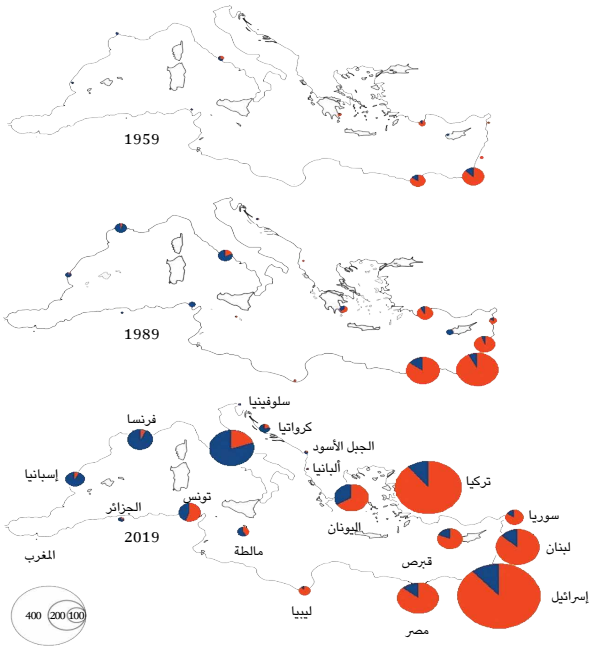
على الرغم من عدم وجود تقييمات على نطاق الحوض للأنواع غير الأصلية في المحيط المتجمد الشمالي، يبدو أنه لا يوجد سوى القليل نسبياً من الأنواع المغيرة في الوقت الحاضر (Molnar and others, 2008؛ و Chan and others, 2013). ولكن مع التغيرات البيئية السريعة، بما في ذلك زيادة درجات الحرارة وتقلص الجليد البحري، قد تصبح هذه المياه ملائمة لعدد من الأنواع المغيرة المحتملة في المستقبل (Ware and others, 2016؛ و Goldsmit and others, 2018). وعلاوة على ذلك، قد تفضي تلك التغيرات البيئية إلى تغيرات في الناقلات البشرية للأنواع المغيرة في المحيط المتجمد الشمالي، ولا سيما النقل البحري، الذي قد يسفر عن زيادة ضغوط الكائنات البُرعمية propagules في المستقبل (Miller and Ruiz, 2014).

4-2 – شمال المحيط الأطلسي وبحر البلطيق والبحر الأسود والبحر الأبيض المتوسط وبحر الشمال

للبحر الأبيض المتوسط تاريخ طويل من الإغارات، حيث سُجل فيه 22 نوعاً غير أصلي قبل عام 1900 (Galil,

2012). وبحلول أوائل القرن الحادي والعشرين، بدأ وضع قوائم جرد على الصعيد القطري للأنواع غير الأصلية وفي عام 2011، بلغ مجموع عدد الأنواع غير الأصلية المسجلة في المياه البحرية في الاتحاد الأوروبي (بما فيها ميكرونيزيا) 787 نوعا، سُجِل العدد الأكبر منها (242 نوعاً) في غرب البحر المتوسط (Tsiamis and others, 2019؛ انظر Gómez, 2019 بشأن 52 نوعاً من أنواع الطحالب الدقيقة). غير أن عدم إيراد البيانات الواردة من شرق وجنوب البحر المتوسط أدى إلى تحيز كبير، لأن عدد الأنواع غير الأصلية أكبر بكثير في شرق البحر المتوسط منه في غربه (سُجِّل أكثر من 400 نوع غير أصلي بطول ساحل إسرائيل وحده). وهناك 727 نوعاً غير أصلي متعدد الخلايا في كامل البحر المتوسط، والعدد يتزايد بسرعة (Galil and others, 2018) (انظر الشكل أدناه)، بينما سُجل، بحلول عام 2018، 173 نوعاً من الأنواع غير الأصلية والخفية المنشأ في البحر الأسود. وعلى الرغم من الوعي المتنامي بدور قناة السويس في إغارات البحر المتوسط، لم يجر النظر بعدُ في اتخاذ تدابير للتخفيف من الزيادات المرجحة في الكائنات البُرعمية من الأنواع غير الأصلية بالنسبة لمشروع "قناة السويس الجديدة"، الذي تم إطلاقه في عام 2014 لكي يزيد كثيراً من عمق واتساع القناة الأصلية (Galil and others, 2017). وبالتالي، تشمل الناقلات الرئيسية للأنواع المغيرة في البحر المتوسط استجلاب أحياء البحر الأحمر عبر قناة السويس؛ والشحن، التجاري والترفيهي؛ وتربية الأحياء البحرية؛ وتجارة الأحواض المائية. وعلى الرغم من أن هذه الناقلات الأخيرة تسهم بعدد أقل من الأنواع غير الأصلية، فقد كان لبعضها آثار غير متناسبة، بما في ذلك الطحالب الخضراء (*Caulerpa taxifolia*) التي استُجلبت مع تسريب مياه أحواض الأسماك (Meinesz and Hesse, 1991) والطحالب البُنية (Fucus spiralis) التي استُجلبت مع تعليب طُعوم صيد الأسماك (Sancholle, 1988).

التغيرات في الإبلاغ عن الأنواع غير الأصلية بمرور الوقت في البحر الأبيض المتوسط



المصدر: Agnese Marchini و Bella Galil.
ملاحظة: يشير اللون الأحمر إلى الأنواع التي استُجلبت عبر قناة السويس، ويمثل اللون الأزرق الأنواع التي استُجلبت بواسطة ناقلات أخرى).

ومنذ بداية القرن الحادي والعشرين، كان معدل استجلاب الأنواع غير الأصية إلى بحر البلطيق يبلغ – فيما يبدو – 3,2 من الأنواع في السنة، أي قرابة ضعف المعدل السنوي المسجل بين عامي 1950 و 1999 وهو 1,4 من الأنواع (ICES 2018). والناقلان الرئيسيان لعمليات الاستجلاب الأساسية هما مياه الصابورة والحشف العالق بأجسام السفن، يليهما الانتشار الطبيعي للأنواع غير الأصلية المستجلبة عبر الأنهار وبحر الشمال. وتأتي أغلب الأنواع غير الأصلية في بحر البلطيق من أمريكا الشمالية والمنطقة الپنطية – القزوينية وشرق آسيا، لكن حدثت مؤخراً زيادة في عمليات استجلاب الأنواع غير الأصلية دون المدارية، حيث سُجِّل 174 نوعاً من الأنواع غير الأصلية والخفية المنشأ في بحر البلطيق (AquaNIS, 2019؛ و Ojaveer and others, 2017؛ و ICES, 2018). بيد أنه لا يزال يوجد انعدام كبير لليقين بشأن اتجاه وحجم الآثار، حتى فيما يتعلق بأكثر الأنواع غير الأصلية انتشاراً، على

هيكل وديناميات النظم الإيكولوجية في بحر البلطيق (Ojaveer and Kotta, 2015).

وعلى الرغم من وجود بعض التداخل في الدراسات، تشمل الأنواع غير الأصلية المبلغ عنها في شرق المحيط الأطلسي ما لا يقل عن 80 نوعاً في بحر الشمال (Reise and others, 2002)؛ و 90 في المياه المحيطة بالمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية (Minchin and others, 2013)؛ و 104 في المياه الأطلسية الفرنسية (Goulletquer and others, 2002)؛ وأكثر من 100 نوع في بحر المانش (Dauvin and others, 2019). وهناك على الأقل 189 نوعاً غير أصلي مسجلاً في غرب المحيط الأطلسي (Ruiz and others, 2015)، لكن العدد الحقيقي أكبر على الأرجح. ومن المطلوب لأغراض السياسات والإدارة أن تكون هناك قوائم إقليمية متحقق من صحتها.

4-3 - جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى

تتسم سجلات الأنواع غير الأصلية في جنوب المحيط الأطلسي ومنطقة البحر الكاريبي الكبرى بعدم الاكتمال مكانياً وزمانياً. وتأتي أقدم التجميعات التاريخية من جنوب أفريقيا، حيث سُجل 12 نوعاً غير أصلي في أوائل التسعينيات من القرن العشرين، بما في ذلك اثنان من الأنواع المغيرة على الصعيد العالمي، هما سرطان البحر الأخضر الأوروبي (Carcinus maenas) وبلح البحر الأزرق (Griffiths) (Mytilus galloprovincialis and others, 1992). وأعاد ميد وآخرون (Mead and others, 2011) تقييم أعداد الأنواع غير الأصلية المصادَفة في المنطقة وأحصوا 86 نوعاً غير أصلياً، وخصوا بالذكر مياه الصابورة والحشف العالق بأجسام السفن باعتبارهما الناقلين الرئيسيين. وما زال الساحل الجنوبي الشرقي للمحيط الأطلسي، فيما عدا ساحل جنوب أفريقيا، غير مستكشف بدرجة كبيرة بشأن الأنواع غير الأصلية، وإن كانت دراسة أجريت مؤخراً في أنغولا أفادت بوجود 29 نوعاً غير أصلي (Barros and others, 2017). وفي جنوب غرب المحيط الأطلسي، جاءت أقدم التجميعات من الأرجنتين وأوروغواي، وأحصت 31 نوعاً غير أصلي، منها نوع واحد استُجلب عمداً (محار المحيط الهادئ) (Orensanz and others, 2002). وأحصت إعادة تقييم أجريت مؤخراً بشأن هذه المنطقة أكثر من 120 نوعاً غير أصلي من فئات تصنيفية متنوعة (من الفيروسات إلى النباتات والأسماك)، وشمل ذلك الكشف عن 33 نوعاً جديداً منذ عام 2002 (Schwindt and others, 2020)، ومثلما هو الحال في جنوب أفريقيا، كانت السفن هي الناقل الرئيسي للأنواع المستجلبة. وأحصت أحدث المسوح الواردة من البرازيل 73 نوعاً غير أصلي (Lopes and others, 2009؛ و Teixeira and Creed, 2020)، بطول ساحل ممتد له تاريخ طويل مع الشحن، وهو ما يشير إلى أن هذا العدد ربما كان أقل من الرقم الذي يعكس الوفرة الحقيقية للأنواع غير الأصلية. وتوجد فجوة في البيانات بشأن الساحل الأطلسي الشمالي لأمريكا الجنوبية (من غيانا الفرنسية إلى غيانا)، حيث لم يُعر اهتمام يُذكر للأنواع غير الأصلية (Schwindt and Bortolus, 2017) ولا توجد تجميعات موسعة بشأن منطقة البحر الكاريبي الكبرى، رغم وجود معلومات أصغر نطاقاً بشأن جمهورية فنزويلا البوليفارية، التي أُحصي فيها 22 نوعا غير أصلي (Pérez and others, 2007) وكولومبيا التي أحصي فيها 16 نوعا غير أصلي (Gracia and others, 2011). وسمكة الأسد البحري Pterois volitans هي أحد الأنواع غير الأصلية الأكثر انطواءً على إشكاليات وخضوعا للدراسة في منطقة البحر الكاريبي. وبالمثل، انتشرت بسرعة في المحيط الأطلسي الغربي المداري وخليج المكسيك اثنتان من الشعاب الشمسية المرجانية المغيرة Tubastraea coccinea و T. tagusensis، حيث تتفوقان على الشعاب المرجانية الأصلية وتنموان على حسابها وتحلان محلها (Creed and others, 2017).

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

تتسم سجلات الأنواع غير الأصلية الإقليمية بعدم الاكتمال مكانياً وزمانياً. وعلى الرغم من حجم المحيط الهندي وتنوعه، فإن الدراسات عن الأنواع البحرية غير الأصلية في في تلك المنطقة نادرة، ويتسم أغلبها بالطابع النوعي (لا الكمي) وبالتشتت الجغرافي، الأمر الذي يسفر عن فجوات معرفية كبيرة (Indian Ocean Commission, 2016). فعلى سبيل المثال، استُجلب نوعان الطحالب الحمراء Eucheuma denticulatum و Kappaphycus alvarezii من الأنواع الأصلية في الفلبين لأغراض تربية الأحياء البحرية بطول الساحل الشرقي لأفريقيا (كينيا وجمهورية تنزانيا المتحدة وموزامبيق)، وهو ما أسفر عن آثار ضارة (Bergman and others, 2001؛ و Halling and others, 2013). كما استُجلب طُحلب K. alvarezii بطول الساحل الهندي الغربي وانتشر إلى محمية الغلاف الحيوي لخليج مانار في الهند، حيث أثر على الشعاب المرجانية الأصلية (Chandrasekaran and others, 2008). ومثلما هو الحال في أماكن أخرى، عُزيت عمليات الاستجلاب العمدي إلى أنشطة تربية الأحياء البحرية بغرض التصدي لانعدام الأمن الغذائي وإلى تجارة الأحواض المائية، لتحقيق منافع اقتصادية، بينما تُعزى عمليات الاستجلاب غير العمدية في معظمها إلى أنشطة الشحن البحري أو النقل على الأجسام العائمة (Indian Ocean Commission, 2016؛ و Anil and others 2003).

4-5 - شمال المحيط الهادئ

المحيط الهادئ واسع ومتنوع من الناحيتين البيولوجية والجغرافية، والإبلاغ عن الأنواع غير الأصلية فيه، كما هو الحال في بقية المناطق، غير مكتمل. ومع ذلك، أُبلغ حتى عام 2012 عن ما لا يقل عن 747 نوعاً غير أصلي من 23 منطقة إيكولوجية خضعت للدراسة (تشمل هاواي والولايات المتحدة الأمريكية وشمال وسط منطقة تجاور المحيطين الهندي والهادئ)، وهو رقم مماثل للرقم المبلغ عنه في البحر الأبيض المتوسط. وينتمي أكثر من 70 في المائة من هذه الأنواع غير الأصلية من حيث التصنيف الأحيائي إلى أربع شُعب - مفصليات الأرجل (224)؛ والحَبْليات (الزقيات والأسماك) (114)؛ والرخويات (110)؛ والحَلَقيات (89) (Lee and Reusser, 2012؛ و Kestrup and others, 2015). ومع أن هذه الأنواع كان 32 في المائة منها أنواعاً أصلية في أماكن أخرى في شمال المحيط الهادئ، فإن 48 في المائة منها كانت أنواعا أصلية في مناطق خارج شمال المحيط الأطلسي، وكانت 20 في المائة منها أنواعاً خفية المنشأ (Lee and Reusser, 2012؛ و Kestrup and others, 2015). وضمت منطقتا شمال شرق المحيط الهادئ (368 نوعاً غير أصلي) وهاواي (347 نوعاً غير أصلي) أعدادا مماثلة من الأنواع المغيرة، بينما لوحظت أعداد أقل في شمال غرب المحيط الهادئ (208) وشمال وسط منطقة تجاور المحيطين الهندي والهادئ (75)، وهو ما قد يعزى إلى مستويات مختلفة من جهود أخذ العينات. وعلاوة على ذلك، تجدر الإشارة إلى أنه، نظرا لعدم وجود جهود مسحية منتظمة في ما لا يقل عن 27 منطقة إيكولوجية أخرى في شمال المحيط الهادئ، أغلبها في جنوب شرق آسيا (Spalding and others, 2007)، يُتوقع أن يكون عدد الأنواع غير الأصلية أكبر في كامل المنطقة الشمالية من المحيط الهادئ. وجرت بعض الدراسات الأكثر شمولا على نطاقات مكانية أصغر أو مع التركيز على فئات تصنيفية محدَّدة. فعلى سبيل المثال، يوجد على الأقل ستة أنواع غير أصلية من العوالق وعشرة أنواع من الطحالب في بحر بوهاي ومواقع الموانئ في الصين (Qiao, 2019) لم يُبلغ عنها في المسوح الأساسية (Liu, 2008؛ و Wang and Li, 2006)، بينما يضم خليج سان فرانسيسكو أكثر من 234 نوعاً غير أصلي (Cohen and Carlton, 1998).

وكما كان الحال في مناطق أخرى، كان المتسرِّب من مياه الصابورة، والحشف العالق بأجسام السفن، والتكوين العمدي للأرصدة السمكية، والفرار من تربية الأحياء

المائية، والأنواع المرتبطة بتربية الأحياء المائية، وتجارة الأحواض المائية والنباتات، ناقلاتٍ أكثر بروزا في شمال غرب المحيط الهادئ منها في شمال شرق المحيط الهادئ أو هاواي، وهو ما قد يعكس وجود تربية للأحياء المائية على نطاق أكبر في آسيا. وتمثّل اختلافٌ آخر بين شمال شرق وشمال غرب المحيط الهادئ في الأهمية الأكبر للأنواع المرتبطة بتربية الأحياء المائية في شمال شرق المحيط الهادئ (نحو 42 في المائة من الأنواع غير الأصلية)، وهو ما يعكس على الأرجح العدد الكبير للأنواع غير الأصلية المستجلبة عبر استيراد محار المحيط الأطلسي (Crassostrea virginica) من الساحل الأطلسي لأمريكا الشمالية ومحار المحيط الهادئ من آسيا، وهو ما أسفر عن توطُّن العديد من الأنواع المهاجرة خارج نطاقها الأصلي. وكانت الضوابط المتزايدة المفروضة خلال العقود الأخيرة فعالة في تخفيض أعداد تنقلات الأنواع غير الأصلية غير المتعمدة المرتبطة بتربية الأحياء المائية. وفي عام 2011، وفر زلزال شرق اليابان الكبير والتسونامي الناجم عنه ناقلا فريداً لأنواع من موطنها الأصلي في اليابان إلى هاواي وأمريكا الشمالية عبر المحيط الهادئ (Carlton and others, 2017؛ و Therriault and others, 2018).

4-6 - جنوب المحيط الهادئ

لم تجر تقييمات تجميعية لحالة الإغارات الأحيائية البحرية في جميع أنحاء منطقة جنوب المحيط الهادئ المتنوعة جغرافياً وثقافياً وإيكولوجياً. وتأتي أغلب المعلومات المتوفرة من المؤلفات والدراسات الميدانية التي أجريت منذ أواخر عقد التسعينيات من القرن العشرين في أستراليا ونيوزيلندا وشيلي. وأفرز استعراض للمؤلفات مصحوب بمسوح الأنواع غير الأصلية في 41 ميناء شحن أسترالياً بين عامي 1995 و 2004 إحصاء 132 نوعاً غير أصلي في جميع أنحاء أستراليا (Sliwa and others, 2009)، حيث كُشِف عن وجود 100 نوع غير أصلي في خليج بورت فيليب وحده (Hewitt and others, 2004). وكان عدد الأنواع غير الأصلية في المنطقة الشمالية المعتدلة من أستراليا أكبر من عدد هذه الأنواع في المنطقة الشمالية المدارية الأسترالية (Hewitt, 2002) لكن هذه الأنماط يربكها وجود دقة تصنيفية أقل في البيئات المدارية ووجود مراكز حضرية أكبر وتاريخ أطول للشحن في جنوب أستراليا (Hewitt and Campbell, 2010). وأُجري 43 مسحاً أساسيا مماثلاً في نيوزيلندا بين عامي 2001 و 2007 (Seaward and others, 2015)، وعند الجمع بينها وبين السجلات المنشورة ومحتويات المتاحف والإيداعات لدى دائرة تصنيف الأنواع البحرية المغيرة (Cranfield and others, 1998; Kospartov and others, 2010)، يصبح عدد الأنواع غير الأصلية المسجلة في المياه البحرية في نيوزيلندا حتى آذار/مارس 2018 مجموعه 377 نوعاً (منها 214 نوعاً يُعتبر من الأنواع التي استوطنت نظما مستقبِلة، بينما لم تسجل الأنواع الـ 163 المتبقية إلا من السفن أو الهياكل المؤقتة أو كانت حالات استجلاب باءت بالفشل). وسُجل 46 نوعاً غير أصلي جديداً بين عامي 2010 و 2018، منها 15 نوعاً فقط يبدو أنها توطنت (Seaward and Inglis, 2018).

وأُبلغ عن ما لا يقل عن 53 نوعاً من الأنواع البحرية غير الأصلية في شيلي (1 من الأعشاب البحرية، و 15 من الطحالب، و 26 من اللافقاريات، و 11 من الأسماك) (Castilla and Neill, 2009؛ و Turon and others, 2016). غير أن هذه الأرقام يحتمل أن تكون أقل من الأرقام الحقيقية، إذ يبدو أنه لم يجر سوى عدد قليل من الدراسات لتجمعات الحشف الأحيائي في الموانئ والمرافئ، حيث تميل الأنواع المُستجلبة لأن تكون أكثر وفرة. فعلى سبيل أمثال، أفيد مؤخراً عن وجود 53 نوعاً من الأنواع غير الأصلية من اللافقاريات البحرية في جزر غالاباغوس، إكوادور (Carlton and others, 2019) منها 30 نوعاً (57 في المائة) سُجلت لأول مرة في مسوح صفائح وسواحل الحشف الأحيائي حول أرصفة موانئ ومرافق الشحن، بينما أحصى كارديناس- كاييه وآخرون (Cárdenas-Calle and others, 2019) 6 أنواع غير أصلية في البر الرئيسي لإكوادور.

وتوجد معلومات محدودة عن توزيع وتأثير الأنواع غير الأصلية في البلدان والأقاليم الجزرية في المحيط الهادئ، إذ لم يجر سوى القليل من الدراسات المنهجية في المنطقة. وأحصت المسوح التي أجريت في ساموا الأمريكية، الولايات المتحدة، في عام 2002 ما قدره 17 نوعاً غير أصلي، أغلبها يقتصر وجوده على ميناء باغو باغو ويتمثل في أنواع معروفه بالتواجد على امتداد نطاق جغرافي واسع (Coles and others, 2003). وأُحصي 40 نوعاً غير أصلي في غوام، الولايات المتحدة (Paulay and others, 2002). وكشف مسح أولي لتجمعات الحشف الأحيائي في ميناء ملكال، بالاو، عن وجود 11 نوعاً غير أصلي (Campbell and others, 2016)، وهي أنواع يتمثل أغلبها في كل الحالات في الزقيات والطُحلُبيَّات والهدرانيات والرخويات الثنائية الصمام. وسُجلت 6 أنواع غير أصلية، خمسة منها من اللافقاريات والسادس من الطحالب، في جزيرة بالميرا المرجانية المستديرة النائية (Knapp and others, 2011). وأفيد عن تكاثر مزعج لطحلب الفوقس، الذي يحتمل أنه انتشر عن طريق الشحن، في تاهيتي (Stiger and Payri, 1999) وتوفالو (De Ramon N'Yeurt and Iese, 2013).

واقترن أكثر من 80 في المائة من الأنواع غير الأصلية المعروفة في أستراليا ونيوزيلندا بالنقل العرضي ضمن مياه الصابورة أو الحشف الأحيائي (Hewitt and Campbell, 2010؛ و Kospartov and others, 2010)، بينما مثلت عمليات الاستجلاب العمدي لأنواع الأحياء المائية المستزرعة أقل من 2 في المائة مما جرى تسجيله. وكانت أعداد ما جرى استجلابه من أنواع الأحياء المائية المستزرعة أكبر في شيلي وبيرو (Castilla and Neill, 2009) وفي البلدان والأقاليم الجزرية في المحيط الهادئ، التي نُقل في كامل أنحائها عن قصد بالفعل ما لا يقل عن 38 نوعاً غير أصلي خلال السنوات الخمسين الأخيرة في إطار محاولات إنشاء مصائد أسماك أو مشاريع صغيرة النطاق لتربية الأحياء المائية (Eldredge, 1994). وفي عقدي السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين، استُجلب بلح البحر الأخضر (Perna viridis) الآتي من الفلبين بصورة متتالية إلى كاليدونيا الجديدة (فرنسا)، وفيجي، وتونغا، وجزر سوسييتيه (فرنسا)، وساموا، وجزر كوك (Baker and others, 2007).

4-7 - المحيط الجنوبي

يعمل التيار المحيط بالقطب الجنوبي كحاجز قوي أمام الانتشار الطبيعي أسهم على الأرجح في تفرد التجمعات الأحيائية في المحيط الجنوبي. وفضلا عن ذلك، يضم المحيط الجنوبي عددا محدودا من الأجراف القارية الضحلة المياه وأنواعاً حيوانية لم تخضع لدرجة جيدة من الوصف (Brandt and others, 2007). ويبدو أن الناقلات الأرجح للأنواع غير الأصلية إلى تلك المياه تتمثل إما في النقل المباشر بوساطة بشرية، مثل الشحن، أو غير المباشر عبر الانجراف لمسافات طويلة فوق الحطام البحري الاصطناعي (Lewis and others, 2003؛ و Barnes and others, 2006؛ و Hughes and Ashton, 2017). يضاف إلى ذلك أن أي أنواع غير أصلية قد تصل إلى تلك البيئات ستواجه ظروفاً بيئية شاقة. ولكن مع المعدلات المتزايدة لتغير المناخ، ربما تصبح تلك المياه أكثر عرضة للإغارات. وفي الوقت الراهن، يبدو أن السرطان العنكبوتي المتوطن في شمال المحيط الأطلسي (Hyas araneus) هو الوحيد الذي استُجلب عن طريق الأنشطة البشرية إلى المحيط الجنوبي (Tavares and de Melo, 2004)، غير أنه من المرجح أن هذا سيتغير في المستقبل. وتشمل الأنواع المغيرة المتوقعة في المستقبل بلح البحر الأزرق (Lee and Chown, 2007)، ونجم البحر المفترس (Byrne) (Asterias amurensis and others, 2016)، والكيلب ((Undaria pinnatifida James and others, 2015)). ونظراً لما يتسم به المحيط الجنوبي من انخفاض نسبي في التنوع البيولوجي وبساطة بنية النظم الإيكولوجية والتجمعات الأحيائية الفريدة التي تهيمن عليها الكائنات الرخوة، فقد يكون هذا المحيط عُرضة بشكل خاص لدخول أنواع غير أصلية إليه، ولا سيما الأنواع المفترسة التي يمكن أن تكون لها آثار كبيرة.

5 – آفاق المستقبل

مع أن عمليات استجلاب الأنواع غير الأصلية تتواصل بفعل الأنشطة البشرية، فإن هناك مناطق عديدة لم تجر فيها عمليات تحليل زمنية لأن المعلومات المتعلقة بالأنواع غير الأصلية إما أنها كانت موثقة بصورة سيئة جدا أو كانت منعدمة. علاوة على ذلك، سيضاف تغير المناخ إلى غيره من العوامل الدافعة للتغيُّر في المحيطات، بما في ذلك تلوث المياه والأعاصير الشديدة والإفراط في الصيد، وهو ما يمكن أن يزيد من وفرة الأنواع غير الأصلية ونطاقاتها وآثارها عبر تغيير النظم الإيكولوجية المتلقية التي ستصبح فيها الأنواع الأصلية مجهدة بشكل متزايد، وعبر تغيير الترابط الجاري بوساطة البشر من خلال تغير الناقلات والمسارات. ويعيش نحو 40 في المائة من سكان العالم في مجتمعات ساحلية، مما يؤدي إلى زيادة الضغوط على النظم الإيكولوجية البحرية الساحلية من خلال أنشطة متعددة وما ينتج عن ذلك من عواقب تسهم في استجلاب أنواع غير أصلية وانتشارها، وتشمل هذه الأنشطة الشحن، وركوب القوارب، واستزراع الأحياء البحرية، والتلوث البري والقمامة البحرية، والمنشآت والتنمية الساحلية، وإنتاج الطاقة، والأنشطة الاستخراجية المتعددة (النفط والغاز، والرواسب، والأسماك). وفي مناطق مثل القطب الشمالي، يتوقع أن الظروف البيئية المتغيرة ستزيد من احتمال قدوم أنواع مغيرة جديدة من أصنوفات متنوعة (مثلا، Goldsmit and others, 2018) وقد تُغيِّر هذه الظروف أيضاً أنماط الشحن، إذ يتوقع أن تزيد الحركة على طريق بحر الشمال وأن تصبح ممكنة على المعبر الشمالي الغربي، وهذا بدوره يمكن أن يزيد من وفرة الكائنات البُرعمية (Miller and Ruiz, 2014).

وعلى الرغم من المخاطر التي تشكلها الأنواع غير الأصلية، فإنها ممثلة تمثيلاً بالغ النقص في قواعد البيانات والسجلات القائمة، إلى حد أن الكثير من التحديات الكامنة في التعامل مع هذه الأنواع تنبع من محدودية القاعدة المعرفية أو عدم اكتمالها. ومن الصعب تقييم حجم واتساع هذه الفجوة المعرفية، فهي تتباين حسب الأصنوفات والموائل والمناطق، وتعود في جانب كبير منها إلى عدم القدرة على الوصول إلى النظم الإيكولوجية البحرية، بسبب عوامل من قبيل ارتفاع تكاليف البحوث مقارنةً بالنظم الإيكولوجية الأخرى، والافتقار إلى الخبرات، وعدم الاهتمام بالأنواع غير الأصلية التي لا تعود بالنفع على البشر أو لا تؤثر على احتياجاتهم. ولا يوجد بوجه عام توثيق جيد للآثار ما لم يكن النوع غير الأصلي مربحاً أو بالغ التدمير. ولذا، فإن آثار الأغلبية العظمى من الأنواع غير الأصلية البحرية لم تُدرس كميا أو تجريبيا على امتداد فترات زمنية ونطاقات مكانية كبيرة بما فيه الكفاية، ولا تزال غير معروفة، هي وصلاتها التراكمية والتآزرية مع القوى المحركة الأخرى للتغيير الذي يؤثر على البيئة البحرية (Ojaveer and others, 2015).

والتعامل مع الناقلات هو الاستراتيجية الأكثر فعالية لمنع انتقال النباتات والحيوانات، ومن ثم تخفيض استجلاب وانتشار الأنواع البحرية غير الأصلية. وبالنظر إلى عدم وجود ضوابط فعالة لانتقال الكائنات البُرعمية بواسطة الناقلات الرئيسية، تنحصر جهود التعامل في جهود للاستئصال والإزالة والمراقبة كثيرا ما تكون بلا طائل. والأنواع غير الأصلية المعروف أو المشتبه في أنها تسبب الضرر والتي جرى التعرُّف عليها بينما هي محتواة مكانياً، ينبغي إزالتها للحد من تكاليف إدارتها المتواصلة الطويلة الأجل. فمتى انتشرت الأنواع غير الأصلية على نطاق واسع، يكون الاستئصال أو الإزالة مستحيلين عملياً، ونادراً ما تكلل بالنجاح محاولات الحد من تجمعاتها إلى مستوى مقبول اقتصادياً أو إيكولوجيا على المدى الطويل (Forrest and Hopkins, 2013). وقد اتسمت التشريعات ونظم الضبط والسياسات حتى الآن بالتجزؤ وبطابع رد الفعل، وذلك في أحوال كثيرة

عقب حالات انتشار كارثية ومكلفة للأنواع غير الأصلية. وشكَّلت اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[5] أول صك ملزم قانوناً على الصعيد العالمي يعالج استجلاب الأنواع البحرية عن قصد أو عن غير قصد. وبينما وُضعت في عام 1991 مبادئ توجيهية لمنع استجلاب كائنات مائية غير مرغوب فيها ومسببات أمراض من تصريف مياه صابورة السفن وترسباتها، ودخلت الاتفاقية الدولية لضبط وإدارة مياه صابورة السفن وترسباتها[6] حيز النفاذ في عام 2017، فإن إدارة الحشف الأحيائي للسفن لم يصبح إلزاميا حتى الآن على الرغم من المبادئ التوجيهية التي اعتمدتها المنظمة البحرية الدولية في عام 2011 (IMO, 2019؛ القرار MEPC.207(62)). وفضلا عن ذلك، دعا مؤتمر الأطراف في اتفاقية التنوع البيولوجي في خطته الاستراتيجية المنقحة للتنوع البيولوجي للفترة 2011-2020[7] إلى تحديد الأنواع الدخيلة المغيرة ومساراتها وأولويات معالجتها، وإلى ضبط الأنواع ذات الأولوية أو القضاء عليها، وإلى اتخاذ تدابير لإدارة المسارات بحلول عام 2020 – وهي غاية لن تتحقق. ويحتمل ألا يتحقق أيضا الأمر التوجيهي للاتحاد الأوروبي المتعلق بإطار الاستراتيجيات البحرية الذي يرمي، في جملة أمور، إلى كفالة بقاء الأنواع غير الأصلية عند مستويات لا تغير على نحو ضار النظمَ الإيكولوجية بحلول عام 2020. أما لائحة الاتحاد الأوروبي والمجلس رقم 2014/1143 بشأن منع وإدارة استجلاب وانتشار الأنواع الدخيلة المغيرة، التي لم تركز إلا على الأنواع الواسعة الانتشار وتلك المندرجة ضمن "شواغل الاتحاد"، فمن غير المرجح كذلك أن تنجح في النظم الإيكولوجية البحرية، نظرا إلى أنه لم يدرَج فيها حتى الآن إلا نوع بحري واحد. وعلى الرغم من وجود بعض الأنظمة على الصعيد الوطني، في أستراليا وكندا ونيوزيلندا والولايات المتحدة الأمريكية وغيرها، فلا توجد حتى الآن أطر وأدوات ملزمة قانوناً ومرصودة بصرامة للتعامل مع الناقلات الرئيسية لعمليات استجلاب الأنواع غير الأصلية على الصعيدين العالمي والإقليمي، مثل الحشف الأحيائي وتربية الكائنات الحية والتجارة فيها والقنوات البحرية.

6 – مسائل أخرى

على الرغم من الاعتراف منذ أمد طويل بأن الأنواع غير الأصلية تُشكِّل خطراً كبيراً على التنوع البيولوجي للأنواع الأصلية (Bax and others, 2003)، فقد أُغفلت إلى حد كبير في التخطيط لمناطق الحفظ والمناطق المحمية وفي لوائحها وإدارتها (Giakoumi and others, 2016؛ و Mačić and others, 2018). وفي ضوء الالتزامات العالمية بإنشاء مناطق الحفظ وتوسيعها (أي الهدف 11 من أهداف آيتشي للتنوع البيولوجي، والمادة 8 من اتفاقية التنوع البيولوجي، والهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة)، قد يقوض هذا الإغفال جهود الحفظ، بما في ذلك فعالية المناطق البحرية المحمية، في المناطق التي تجتاحها الأنواع غير الأصلية (Galil, 2017؛ و Iacarella and others, 2019). ففي البحر الكاريبي وخليج المكسيك، وُثِّقت كميات كبيرة من سمك الأسد البحري (Pterois volitans و P. miles) المتوطن في منطقة تجاور المحيطين الهندي والهادئ حيث أدت وفرة هذا السمك إلى إعاقة التنوع البيولوجي للأنواع الأصلية (Ruttenberg and others, 2012؛ و Aguilar-Perera and others, 2017). وبالمثل، أصبح الكثير من الأنواع الإريترانية في البحر المتوسط أبرز الأنواع القاطنة في المناطق البحرية المحمية، حيث أزاحت الأنواع الأصلية وحلت محلها، فأبطلت بذلك مفعول جهود حفظ البيئة البحرية وعرقلت تجديد الأرصدة السمكية من الأنواع ذات الأهمية الاقتصادية

[5] المرجع نفسه، المجلد 1833، رقم 31363.
[6] المنظمة البحرية الدولية، الوثيقة BWM/CONF/36، المرفق.
[7] برنامج الأمم المتحدة للبيئة، الوثيقة UNEP/CBD/COP/10/27، المرفق، المقرر عاشرا/2، المرفق.

والإيكولوجية (Jimenez and others, 2016؛ و Galil, 2018؛ و Stern and Rothman, 2019).

وحتى الآن، لم يجر الإبلاغ سوى عن القليل من الأنواع غير الأصلية في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية. وقد يكون ذلك راجعا إلى محدودية جهود المسح التي بذلت لاكتشاف الأنواع غير الأصلية في تلك النظم الإيكولوجية، ولكن من المرجح أيضاً أن أغلب الأنواع غير الأصلية التي أُبلغ عنها عالمياً موجودة في المقام الأول في المياه الساحلية (لجميع القارات). وإضافة إلى ذلك، ولما كانت المجموعات القاطنة في قيعان المحيطات لم تحظ بالوصف الجيد، فمن الممكن، حتى في الحالات التي كانت ستُكتشف فيها أنواع غير أصلية محتملة، ألا يجري التعرُّف على تلك الأنواع من حيث هي كذلك، وقد يجري تصنيفها، على الأقل في مرحلة أولية، كأنواع أصلية. وهذا هو ما حدث في أمريكا الجنوبية مع عشب الحبل الناعم (Spartina alterniflora)، حيث حجبت حالات "سراب إيكولوجي" حقيقة الوضع (Bortolus and others, 2015).

وعلى الصعيد العالمي، تُشكِّل الأنواع البحرية غير الأصلية أخطارا كبيرة على الأمن البيولوجي والتنوع البيولوجي، لكن تحديد هذه الأخطار وتخفيفها يتخلفان عن ركب الجهود المماثلة المبذولة في النظم البرية، حيث يوجد تاريخ طويل من التعامل مع الآفات الزراعية وآفات الغابات. ويجب زيادة الجهود المبذولة لتوثيق الأنواع غير الأصلية وناقلاتها ومساراتها، وآثارها على نطاقات مكانية أوسع، وذلك نظراً لأن البيانات القائمة عن الأنواع البحرية غير الأصلية شحيحة وناقصة، ولعل السبب في ذلك هو وجود قيود لوجستية ومحدودية في القدرات. ويمكن للسياسات الرامية إلى منع عمليات استجلاب الأنواع غير الأصلية ووضع خطط لاكتشافها مبكرا والتعامل معها بسرعة أن تحد من الآثار المحتملة لتلك الأنواع. ومن المطلوب تخصيص تمويل مكرَّس وتوافر الإرادة السياسية وبناء القدرات المتعلقة بالعلوم ذات الصلة بالأنواع المغيرة من أجل تحقيق فهم فعال للأنواع البحرية غير الأصلية وناقلاتها وإدارة تلك الأنواع والناقلات في نهاية المطاف على الصعيد العالمي. وعندئذٍ فقط يمكن كفالة استدامة النظم الإيكولوجية البحرية.

المراجع

Aguilar-Perera, A., and others (2017). Lionfish invaded the mesophotic coral ecosystem of the Parque Nacional Arrecife Alacranes, Southern Gulf of Mexico. *Marine Biodiversity*, vol. 47, No. 1, pp. 15–16.

Anil, Arga, and others (2003). *Ballast Water Risk Assessment: Ports of Mumbai and Jawaharlal Nehru India, October 2003, Final Report*. https://doi.org/10.13140/2.1.3554.9768.

AquaNIS. Editorial Board (2019). Information system on Aquatic Non-Indigenous and Cryptogenic Species. 23 October, 2019. www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis.

Baker, Patrick, and others (2007). Range and dispersal of a tropical marine invader, the Asian green mussel, *Perna viridis*, in subtropical waters of the southeastern United States. *Journal of Shellfish Research*, vol. 26, No.2, pp. 345–356.

Barnes, David K.A., and others (2006). Incursion and excursion of Antarctic biota: past, present and future. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 15, No.2, pp. 121–142.

Barros Pestana, Lueji, and others (2017). A century of introductions by coastal sessile marine invertebrates in Angola, South East Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 125, No. 1, pp. 426–32. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.041

Bax, Nicholas, and others (2003). Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy*, vol. 27, No.4, pp. 313–323.

Bergman, Kajsa C., and others (2001). Influence of algal farming on fish assemblages. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 42, No. 12, pp. 1379–1389.

Bortolus, Alejandro, and others (2015). Reimagining South American coasts: unveiling the hidden invasion history of an iconic ecological engineer. *Diversity and Distributions*, vol. 21, No. 11, pp. 1267–1283.

Brandt, Angelika, and others (2007). First insights into the biodiversity and biogeography of the Southern Ocean deep sea. *Nature*, vol. 447, No. 7142, p. 307.

Byrne, Maria, and others (2016). From pole to pole: the potential for the Arctic seastar *Asterias amurensis* to invade a warming Southern Ocean. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 12, pp. 3874–3887.

Campbell, Marnie L., and others (2016). Marine pests in paradise: capacity building, awareness raising and preliminary introduced species port survey results in the Republic of Palau. *Management of Biological Invasions*, vol. 7, No. 4, pp. 351–363.

Cárdenas-Calle, M., and others (2019). First report of marine alien species in mainland Ecuador: threats of invasion in rocky shores. In *Island invasives: scaling up to meet the challenge*, C.R. Veitch, and others, eds. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 62, Gland, Switzerland, pp. 452–457.

Carlton, James T. (1996). Biological invasion and cryptogenic species. *Ecology*, vol. 77, No. 6, pp. 1653.

_____(1999). The scale and ecological consequences of biological invasions in the world's oceans. In *Invasive Species and Biodiversity Management*, Sandlund Odd Terje and others, eds., p. 431. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Carlton, James T., and others (2019). Assessing marine bioinvasions in the Galápagos Islands: implications for conservation biology and marine protected areas. *Aquatic Invasions*, vol. 14, No.1, pp. 1–20.

Carlton, James T., and Gregory M. Ruiz (2005). Vector science and integrated vector management in bioinvasion ecology: conceptual frameworks. *Invasive Alien Species: A New Synthesis*, vol. 63, pp. 36.

Carlton, James T., and others (2017). Tsunami-driven rafting: transoceanic species dispersal and implications for marine biogeography. *Science,* vol. 357, No. 3658, pp. 1402–1406.

Castilla, Juan C., and Paula E. Neill (2009). Marine bioinvasions in the southeastern Pacific: status, ecology, economic impacts, conservation and management. In *Biological Invasions in Marine Ecosystems*, pp. 439–457. Springer.

Chan, Farrah T., and others (2013). Relative risk assessment for ballast-mediated invasions at Canadian Arctic ports. *Biological Invasions*, vol. 15, No. 2, pp. 295–308.

Chandrasekaran, Sivagnanam, and others (2008). Bioinvasion of *Kappaphycus alvarezii* on corals in the Gulf of Mannar, India. *Current Science (00113891)*, vol. 94, No. 9.

Cohen, Andrew N., and James T. Carlton (1998). Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. *Science*, vol. 279, No. 5350, pp. 555–558.

Coles, S.L., and others (2003). *Introduced Marine Species in Pago Pago Harbor, Fagatele Bay and the National Park Coast, American Samoa*. Bishop Museum Technical Report 26.

Costello, Mark John, and others (2010). A census of marine biodiversity knowledge, resources, and future challenges. *PloS One*, vol. 5, No.8, p. e12110.

Cranfield, H.J., and others (1998). *Adventive Marine Species*. National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, New Zealand.

Creed, Joel, and others (2017). 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.

Crooks, Jeffrey A., and others (2011). Aquatic pollution increases the relative success of invasive species. *Biological Invasions*, vol. 13, No. 1, pp. 165–176.

Darling, John A., and others (2017). Recommendations for developing and applying genetic tools to assess and manage biological invasions in marine ecosystems. *Marine Policy*, vol. 85, pp. 54–64.

Dauvin, Jean-Claude, and others (2019). The English Channel: Becoming like the Seas around Japan. In *Oceanography Challenges to Future Earth*, pp. 105–120. Springer.

De Ramon N'Yeurt, Antoine, and Viliamu Iese (2013). Overabundant Invasive Sargassum in Funafuti, Tuvalu – Report.

Eldredge, Lucius G. (1994). Perspectives in aquatic exotic species management in the Pacific Islands. *Introductions of Commercially Significant Aquatic Organisms to the Pacific Islands*, vol. 17, p. 1.

Falk-Petersen, Jannike, and others (2011). Establishment and ecosystem effects of the alien invasive red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the Barents Sea–a review. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, No. 3, pp. 479–488.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2019). FAO Fisheries & Aquaculture – Cultured Aquatic Species Information Programme – *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). 2019. www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/en.

Forrest, Barrie M., and Grant A. Hopkins (2013). Population control to mitigate the spread of marine pests: insights from management of the Asian kelp *Undaria pinnatifida* and colonial ascidian *Didemnum vexillum*. *Management of Biological Invasions*, vol. 4, No. 4, pp. 317–326.

Galil, Bella S. (2012). Truth and consequences: the bioinvasion of the Mediterranean Sea. *Integrative Zoology*, vol. 7, No. 3, pp. 299–311.

_____ (2017). Eyes wide shut: managing bio-invasions in Mediterranean marine protected areas. *Management of Marine Protected Areas: A Network Perspective*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 187–206.

_____ (2018). Poisonous and venomous: marine alien species in the Mediterranean Sea and human health. *Invasive Species and Human Health*, vol. 10, p. 1.

Galil, Bella S., and others (2017). The enlargement of the Suez Canal—Erythraean introductions and management challenges. *Management of Biological Invasions*, vol. 8, No. 2, pp. 141–152.

Galil, Bella S., and others (2018). East is east and West is west? Management of marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 201, pp. 7–16.

Giakoumi, Sylvaine, and others (2016). Space invaders; biological invasions in marine conservation planning. *Diversity and Distributions*, vol. 22, No. 12, pp. 1220–1231.

Goldsmit, Jesica, and others (2018). Projecting present and future habitat suitability of ship-mediated aquatic invasive species in the Canadian Arctic. *Biological Invasions*, vol. 20, No. 2, pp. 501–517.

Gómez, Fernando (2019). Comments on the non-indigenous microalgae in the European seas. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 148, pp. 1–2.

Goulletquer, Philippe, and others (2002). Open Atlantic coast of Europe—a century of introduced species into French waters. In *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*, pp. 276–290. Springer.

Gracia, Adriana, and others (2011). Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia.

Griffiths, C.L., and others (1992). Marine invasive aliens on South African shores: implications for community structure and trophic functioning. *South African Journal of Marine Science*, vol. 12, No. 1, pp. 713–722.

Halling, Christina, and others (2013). Introduction of Asian strains and low genetic variation in farmed seaweeds: indications for new management practices. *Journal of Applied Phycology*, vol. 25, No. 1, pp. 89–95.

Herbert, Roger J.H., and others (2016). Ecological impacts of non-native Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) and management measures for protected areas in Europe. *Biodiversity Conservation*, vol. 25, pp. 2835–2865.

Hewitt, Chad L. (2002). Distribution and biodiversity of Australian tropical marine bioinvasions. *Pacific Science*, vol. 56, No. 2, pp. 213–222.

Hewitt, Chad L., and M.L. Campbell (2010). The relative contribution of vectors to the introduction and translocation of invasive marine species. Commissioned by The Department of Agriculture, Fisheries and Forestry (DAFF), Canberra. www.marinepests.gov.au/what-we-do/research/vectors-introduction-translocation.

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.

Iacarella, Josephine C., and others (2019). Non-native species are a global issue for marine protected areas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 17, No. 9, pp. 495–501.

International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2005). ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms 2005.

_____ (2018). ICES Ecosystem overviews: Baltic Sea.

_____ (2019). ICES VIEWPOINT: Biofouling on Vessels – What is the Risk, and What Might be Done About It? In Report of the ICES Advisory Committee, 2019, vp.2019.01.

International Council for Science (ICSU) and others (2017). *SDG14 Conserve and Sustainably Use the Oceans, Seas and Marine Resources for Sustainable Development*. International Council for Science.

Indian Ocean Commission (2016). Marine invasive species: An emerging threat in the Western Indian Ocean. Ebene: Indian Ocean Commission. https://studyres.com/doc/1377322/marine-invasive-species---commission-de-l-oc%C3%A9an-indien.

International Maritime Organization (IMO) (2019). Status of IMO Treaties. Comprehensive information on the status of multilateral Conventions and instruments in respect of which the International Maritime Organization or its Secretary-General performs depositary or other functions.

James, Kate, and others (2015). Using satellite-derived sea surface temperature to predict the potential global range and phenology of the invasive kelp *Undaria pinnatifida*. *Biological Invasions*, vol. 17, No. 12, pp. 3393–3408.

Jimenez, Carlos, and others (2016). Veni, vidi, vici: The successful establishment of the lionfish *Pterois miles* in Cyprus (Levantine Sea). *Rapport Commission International Mer Méditerranée*, vol. 41, p. 417.

Kestrup, Åsa M., and others (2015). Report of Working Group 21 on Non-indigenous Aquatic Species. *PICES Scientific Report*, No. 48, p. I.

Knapp, I.S., and others (2011). Records of non-indigenous marine species at Palmyra Atoll in the US Line Islands. *Marine Biodiversity Records*, vol. 4.

Kospartov, M., and others (2010). Non-indigenous and cryptogenic marine species in New Zealand–Current state of knowledge: Interim report. *Report Prepared for MAFBNZ Project BNZ10740. National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington*.

Lee, Henry, II, and Deborah Reusser (2012). *Atlas of Nonindigenous Marine and Estuarine Species in the North Pacific. Office of Research and Development, National Health and Environmental Effects Research Laboratory*. EPA/600/R/12/631.

Lee, J.E., and S.L. Chown (2007). *Mytilus* on the move: transport of an invasive bivalve to the Antarctic. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 339, pp. 307–310.

Lewis, Patrick N., and others (2003). Marine introductions in the Southern Ocean: an unrecognised hazard to biodiversity. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 46, No. 2, pp. 213–223.

Liu, Ruiyu (2008). *Checklist of Marine Biota of China Seas*. Science Press.

Lopes, Rubens M., and others (2009). *Informe Sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas No Brasil.* 574.5 INF.

Mačić, Vesna, and others (2018). Biological invasions in conservation planning: a global systematic review. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, p. 178.

Mead, Angela, and others (2011). Revealing the scale of marine bioinvasions in developing regions: a South African re–assessment. *Biological Invasions*, vol. 13, No. 9, pp. 1991–2008.

Meinesz, Alexandre, and B. Hesse (1991). Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord–occidentale. *Oceanologica Acta*, vol. 14, No. 4, pp. 415–426.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). *Ecosystems and Human Well–Being: Wetlands and Water*. World Resources Institute.

Miller, A. Whitman, and Gregory M. Ruiz (2014). Arctic shipping and marine invaders. *Nature Climate Change*, vol. 4, No. 6, p. 413.

Minchin, Dan, and others (2013). Alien species in British brackish and marine waters. *Aquatic Invasions*, vol. 8, No. 1, pp. 3–19.

Molnar, Jennifer L., and others (2008). Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, No. 9, pp. 485–492.

Narayanaswamy, Bhavani E., and others (2013). Synthesis of knowledge on marine biodiversity in European Seas: from census to sustainable management. *PLoS One*, vol. 8, No. 3, pp. e58909.

Ojaveer, Henn, and Jonne Kotta (2015). Ecosystem impacts of the widespread non–indigenous species in the Baltic Sea: literature survey evidences major limitations in knowledge. *Hydrobiologia*, vol. 750, No. 1, pp. 171–185.

Ojaveer, Henn, and others (2015). Classification of non–indigenous species based on their impacts: considerations for application in marine management. *PLoS Biology*, vol. 13, No. 4, p. e1002130.

Ojaveer, Henn, and others (2017). Dynamics of biological invasions and pathways over time: a case study of a temperate coastal sea. *Biological Invasions*, vol. 19, No. 3, p. 799–813.

Ojaveer, Henn, and others (2018). Historical baselines in marine bioinvasions: Implications for policy and management. *PloS One*, vol. 13, No. 8, p. e0202383.

Orensanz, Jose Maria Lobo, and others (2002). No longer the pristine confines of the world ocean: a survey of exotic marine species in the southwestern Atlantic. *Biological Invasions*, vol. 4, Nos. 1–2, pp. 115–143.

Paerl, Hans W., and Jef Huisman (2009). Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports*, vol. 1, No. 1, pp. 27–37.

Paulay, Gustav, and others (2002). Anthropogenic biotic interchange in a coral reef ecosystem: a case study from Guam. *Pacific Science*, vol. 56, No. 4, pp. 403–422.

Pérez, Julio, and others (2007). Especies marinas exóticas y criptogénicas en las costas de Venezuela. *Boletín Del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, vol. 46, No. 1.

Qiao, Bing (2019). Technical methods for determining the baseline, causal relationship and degree of marine ecological environment damage + 2019 annual scientific and technological progress report. In *Science and technology report of the people's Republic of China No.400001918–2016YFC0503602/0 (to be disclosed),* pp. 18–22.

Reise, Karsten, and others (2002). Introduced Marine Species of the North Sea Coasts. In *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*, Erkki Leppäkoski, Stephan Gollasch, and Sergej Olenin, eds., pp. 260–266. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Richardson, David M., and others (2011). A Compendium of Essential Concepts and Terminology in Invasion Ecology. In *Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton*, pp. 409–420. John Wiley & Sons.

Ruiz, Gregory M., and others (1997). Global invasions of marine and estuarine habitats by non–indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist*, vol. 37, No. 6, pp. 621–632.

Ruiz, Gregory M., and others (2000). Global spread of microorganisms by ships. *Nature*, vol. 408, No. 6808, p. 49.

Ruiz, Gregory M., and others (2015). Invasion history and vector dynamics in coastal marine ecosystems: A North American perspective, *Aquatic Ecosystem Health & Management*, vol. 18, No. 3, pp. 299–311.

Ruttenberg, Benjamin I., and others (2012). Rapid invasion of Indo–Pacific lionfishes (*Pterois volitans* and *Pterois miles*) in the Florida Keys, United States: evidence from multiple pre–and post–invasion data sets. *Bulletin of Marine Science*, vol. 88, No. 4, pp. 1051–1059.

Sancholle, M. (1988). Présence de *Fucus spiralis* (Phaeophyceae) en Méditerranée occidentale. *Cryptogamie Algologie*, vol. 9, No. 2, pp. 157–161.

Schlaepfer, Martin A., and others (2011). The Potential Conservation Value of Non–Native Species. *Conservation Biology*, vol. 25, No. 3, pp. 428–437.

Schröder, V., and Carlos Garcia de Leaniz (2011). Discrimination between farmed and free–living invasive salmonids in Chilean Patagonia using stable isotope analysis. *Biological Invasions*, vol. 13, No. 1, pp. 203–213.

Schwindt, Evangelina, and Alejandro Bortolus (2017). Aquatic invasion biology research in South America: Geographic patterns, advances and perspectives. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, vol. 20, No. 4, pp. 322–333.

Schwindt, Evangelina and others (2020). Past and Future of the Marine Bioinvasions along the Southwestern Atlantic. *Aquatic Invasions*, vol. 15, No. 1, pp. 11–29.

Seaward, Kimberley, and Graeme Inglis (2018). *Long–Term Indicators for Non–Indigenous Species (NIS) in Marine Systems.* NIWA Client Report CHC2016–024.

Shatkin, Greg (1997). Considerations regarding the possible introduction of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) to the Gulf of Maine: a review of global experience. *Journal of Shellfish Research*, vol. 16, pp. 463–478.

Sliwa, Cathryn, and others (2009). Marine bioinvasions in Australia. In *Biological Invasions in Marine Ecosystems*, pp. 425–437. Springer.

Spalding, Mark D., and others (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, vol. 57, No. 7, pp. 573–583.

Stern, Nir, and Shevy B.S. Rothman (2019). Divide and conserve the simultaneously protected and invasive species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 29, No. 1, pp. 161–162.

Stiger, Valérie, and Claude Payri (1999). Spatial and seasonal variations in the biological characteristics of two invasive brown algae, *Turbinaria ornata* (Turner) J. Agardh and *Sargassum mangarevense* (Grunow) Setchell (Sargassaceae, Fucales) spreading on the reefs of Tahiti (French Polynesia). *Botanica Marina*, vol. 42, No. 3, pp. 295–306.

Tavares, Marcos, and Gustavo A.S. de Melo (2004). Discovery of the first known benthic invasive species in the Southern Ocean: the North Atlantic spider crab *Hyas araneus* found in the Antarctic Peninsula. *Antarctic Science*, vol. 16, No. 2, pp. 129–131.

Teixeira, Larissa M.P., and Joel C. Creed (2020). A decade on: an updated assessment of the status of marine non–indigenous species in Brazil. *Aquatic Invasions* vol. 15, No. 1, pp. 30–43.

Therriault, Thomas W., and others (2018). The invasion risk of species associated with Japanese tsunami marine debris in Pacific North America and Hawaii. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 132, pp. 82–89.

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.

Turon, Xavier, and others (2016). Too cold for invasions? Contrasting patterns of native and introduced ascidians in subantarctic and temperate Chile. *Management of Biological Invasions*, vol. 7, No. 1, pp. 77–86.

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

United Nations Environment Programme (UNEP) (2002). *COP 6 Decision VI/23. Alien Species That Threaten Ecosystems, Habitats or Species. The Hague, 7–19 April 2002*.

Wan, Shuwen, and others (2009). The positive and negative effects of exotic *Spartina alterniflora* in China. *Ecological Engineering*, vol. 35, No. 4, pp. 444–452.

Wang, Xiulin, and Keqiang Li (2006). Appendix I List of Phytoplankton and Red Tide Reasons in Bohai Sea. *Marine Environmental Capacity of Major Chemical Pollutants in Bohai Sea*. Science Press. pp. 311–316.

Ware, Chris, and others (2016). Biological introduction risks from shipping in a warming Arctic. *Journal of Applied Ecology*, vol. 53, No. 2, pp. 340–349.

Williamson, Mark Herbert (1996). *Biological Invasions*. London, New York: Chapman & Hall.

الفصل 23
التطورات المستجدة في استكشاف الموارد الجينية البحرية واستخدامها

المساهمون: روبرت بلاسياك وإيلين كنشينغتون (منظمان مشاركان)؛ وخيسوس م. أرييتا، وخورخه رافاييل بيرموديس – مونسالفي، وهيلكونيدا كالومبونغ (عضو رئيسي مشارك)، وشاو شانغوي، وسناء شيبة (عضو رئيسي)، وهيبي ديونيسي، وكارلوس غارسيا – سوتو (عضو رئيسي مشارك)، وهيلينا فييرا، وبوريس واوريك.

النقاط الرئيسية

- لا تزال الموارد الجينية البحرية محور تركيز طائفة متنامية من التطبيقات التجارية وغير التجارية.
- أدى الانخفاض السريع في تكاليف تحديد تسلسل الحمض النووي وتوليف الجينات، وكذلك التطورات السريعة في مجالي الهندسة الاستقلابية والبيولوجيا التركيبية في قطاع التكنولوجية الأحيائية، إلى تقليل اعتماد العلماء على أخذ العينات المادية من المحيطات وزيادة اعتمادهم على التوسع المتزايد بشكل هائل في قواعد البيانات العامة المتعلقة ببيانات المتواليات الجينية.
- لا يزال الإسفنج والطحالب موضع اهتمام كبير بسبب الخصائص النشطة أحيائيا لمكوناتها الطبيعية.
- في سياق أهداف التنمية المستدامة[1]، لا تزال مسائل بناء القدرات قائمة، حيث تقوم كيانات في بضعة البلدان بإجراء غالبية أنشطة البحث والتطوير المتصلة بالموارد الجينية البحرية.
- تشمل العمليات والاتفاقات الدولية ذات الصلة بالموارد الجينية البحرية، بروتوكول ناغويا[2] بشأن الحصول على الموارد الجينية والتقاسم العادل والمنصف للمنافع الناشئة عن استخدامها، الملحق باتفاقية التنوع، والمؤتمر الحكومي الدولي المعني بوضع صك دولي ملزم قانوناً في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[3] بشأن حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام[4].

1 – مقدمة

المحيط موطن لتوليفة متنوعة هائلة من أشكال الحياة تُشكِّل مصدراً غنياً للموارد الجينية البحرية، أي المواد الجينية ذات المصدر البحري التي تحتوي على وحدات وظيفية وراثية لها قيمة فعلية أو محتملة، وتتسم بتنوع بيولوجي وكيميائي كبير (Appeltans and others, 2012؛ و United Nations, 2017). وجرى وصف أكثر من 34 000 منتج من المنتجات الطبيعية البحرية، بلغت معدلات اكتشافها مؤخراً أكثر من 1 000 مركب سنوياً (Lindequist, 2016؛ و Carroll and others, 2019). ووُصف ما مجموعه 188 منتج من المنتجات الطبيعية البحرية الجديدة من الكائنات العضوية الموجودة في أعماق البحار (الحزازانيات والجبليات واللواسع وشوكيات الجلد والرخويات والإسفنجيات والميكروبات)، منذ عام 2008 (Skropeta and Wei, 2014). ويتسم نحو 75 في المائة من تلك المنتجات الجديدة بنشاط أحيائي ملفت، حيث يتميز 50 في المائة منها بسمية خلايا – تتراوح بين المعتدلة والمرتفعة – نحو نطاق من السلالات الخلوية للسرطان البشري. وعلى الرغم من أن النشاط الأحيائي للكثير من المنتجات الطبيعية البحرية يشير إلى قوة احتمال اكتشاف عقاقير منها، فإن 13 عقاراً فقط من العقاقير المستخلصة من الموارد البحرية حازت الموافقة على تسويقها حتى الآن (Liang and others, 2019؛ و Mayer and others, 2010)[5]. ومع ذلك، كان هناك 28 عقاراً محتملا في مرحلة الاختبارات السريرية في وقت كتابة هذا التقرير (Alves and others, 2018). وتركز البحوث المعنية

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.
[2] برنامج الأمم المتحدة للبيئة، الوثيقة UNEP/CBD/COP/10/27، المرفق، القرار عاشرا/1.
[3] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1833, No. 31363.
[4] انظر قرار الجمعية العامة 72/249.
[5] انظر Midwestern University, "Clinical Pipeline, Marine Pharmacology" (اطُّلع عليه في 16 تموز/يوليه 2020).

بمكافحة الحشف الأحيائي البحري حالياً على تحديد مواد صالحة غير سامة، وقدَّر استعراض أجري مؤخراً أنه تم الحصول على أكثر من 198 من مركبات مكافحة الحشف الأحيائي من اللافقاريات البحرية، وتحديداً من الإسفنجيات والمرجانيات القرنية والرخوة (Qi and Ma, 2017)، فضلاً عن المنتجات المستخلصة من الطحالب الكبيرة والدقيقة التي جرى تسليط الضوء عليها في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017). وحددت بحوث مبتكرة أيضاً مكونات من الأسماك المهملة مناسبة لمستحضرات التجميل العالية الجودة، فضلاً عن عدد من المنتجات الأخرى (Young, 2014). وبحلول عام 2018، جرى تسويق ما مجموعه 76 من المكونات الصيدلية التجميلية المستخلصة من المنتجات الطبيعية البحرية، وهو ما يعكس ظهور قطاع جديد للنمو (Calado and others, 2018).

وبالتزامن مع ذلك، حدثت زيادة سريعة في الطلب الاستهلاكي على المغذيات، على نحو ما توقع التقييم العالمي الأول. فمن المتوقع أن تصل قيمة سوق المغذيات العالمية إلى 580 بليون دولار بحلول عام 2025، إي بزيادة تربو عن ثلاثة أضعاف مقدار الزيادة المتوقع لها في عام 2017 في التقييم العالمي الأول، وهو 180 بليون دولار، وقد ارتبط النمو في السوق بزيادة الابتكار ووعي المستهلك (Grand View Research, 2017). وتمثل المنتجات المغذية البحرية مثل زيت السمك والكولاجين نصيباً كبيراً من السوق العالمية، ويُتوقع أن يزيد الطلب على تلك المنتجات في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، ولا سيما في الصين والهند (Suleria and others, 2015).

وبينما تتزايد أهمية الموارد الجينية البحرية في الاقتصاد الأزرق العالمي، يتركز أغلب النشاط التجاري في عدد قليل نسبياً من البلدان، الأمر الذي يشير إلى إمكانية لنقل التكنولوجيا وبناء القدرات (Thompson and others, 2017؛ و Blasiak and others, 2018). وتجري حالياً عدة عمليات دولية تعالج الموارد الجينية، بما فيها الموارد الجينية البحرية.

2 – الاتجاهات بين عامي 2010 و 2020

كانت الابتكارات التكنولوجية عنصراً أساسياً في أوجه التقدم المحرز مؤخراً في استكشاف الموارد الجينية البحرية واستغلالها. وقد تزايد بسرعة اكتشاف جزيئات بحرية جديدة، ومصادرها، لا سيما منذ السبعينيات من القرن العشرين (الشكل الأول). وبحلول تشرين الثاني/نوفمبر 2019، جرى توثيق ما مجموعه 197 34 منتجاً طبيعياً بحرياً (Carroll and others, 2019). والأرجح أن هذا النمو كان مدفوعا بطرق أخذ العينات والتحليل الحديثة التي أتاحت جمعَ موارد جينية بحرية جديدة من البيئات الأعمق وتغطيةَ نطاق واسع من التنوع الكيميائي. ويوجد قرابة 11 في المائة من الموارد الجينية البحرية المرتبطة بطلبات براءات الاختراع في التجمعات الأحيائية الموجودة في البحار العميقة والمنافذ الحرارية المائية، وهو ما يعكس زيادة البحوث في بيئات المحيطات النائية والحادة (Blasiak and others, 2018). غير أن عدد الموارد الجينية البحرية المجموعة في أعماق تزيد عن 50 متراً يظل طفيفاً بالمقارنة بمجموع المنتجات الطبيعية البحرية (Skropeta and Wei, 2014). ويتسارع أيضاً اكتشاف إنزيمات من الكائنات البحرية بسبب تطور منهجيات الفرز المبتكرة (Ferrer and others, 2019). وتكتسب الإنزيمات المأخوذة من الكائنات المجهرية المكيَّفة مع الظروف الحادة أهمية خاصة بسبب تطبيقها في العمليات الصناعية، إذ إنها تنشط في أحوال كثيرة في ظل ظروف تشغيل عسيرة (Birolli and others, 2019).

2–1 – أبرز التطبيقات التجارية

2–1–1 – التطبيقات الصيدلانية

حصل 13 عقاراً بحريَ المصدر على الموافقة على تسويقها من إدارة الأغذية والعقاقير في الولايات المتحدة أو وكالة الأدوية الأوروبية، ووفق على ستة من تلك العقاقير بعد

عام 2010. وجرى تطوير أغلب العقاقير البحرية للعلاج الكيميائي للسرطان (Calado and others, 2018؛ و Liang and others, 2019؛ و Mayer and others, 2010)[6]. ومنذ الموافقة على عقار سيتارابين كعامل مضاد للسرطان في عام 1969، نُظر إلى الإسفنجيات بوصفها أحد المصادر الأكثر تبشيرا بالنجاح في مجال تطوير عقاقير مضادة للسرطان (Hu and others, 2015؛ انظر الفرع 2-3 أدناه). وهناك لافقاريات بحرية أخرى، مثل الزقيات والقوقعيات المخروطية، تمثل أيضاً مصادر بالغة الأهمية للمنتجات الطبيعية البحرية، شأنها شأن الأسماك. وقد حاز عقار الترابكتيدين (ET-743) على موافقة إدارة الأغذية والعقاقير بالولايات المتحدة في عام 2015 لعلاج ساركومة الأنسجة الرخوة وسرطان المبيض، بينما وافقت إدارة السلع العلاجية بأستراليا على عقار Plitidepsin في عام 2018 لعلاج الورم النقيي المتعدد واللوكيميا واللمفومة (انظر Mayer and others, 2010)[7]. وفي وقت أحدث، ووفق على عقار Lurbinectedin في عام 2020 لعلاج سرطان الخلايا الصغيرة الرئوي النقيلي (انظر Mayer and others, 2010)[8]. وفي الحالات الثلاث جميعاً، كانت المركبات المعنية مستخلصة من الزقيات. وتُشكِّل الطحالب الكبيرة أيضاً مصدراً للمنتجات الصيدلانية. وعلى سبيل المثال، فإن عقار OligoG، وهو من فئة الألجينات النزرة وله بنية محدَّدة تُنتج من الطحالب البنية، هو حاليا في المرحلة الثانية من الاختبارات السريرية لعلاج مرضى التليف الكيسي (Rye and others, 2018)، ويُستخدم عقار biopolymer Carragelose المستخلص من الطحالب الحمراء لعلاج أمراض الجهاز التنفسي بسبب خصائصه الواسعة المضادة للفيروسات (Hackl, 2017).

2-1-2 - التطبيقات الصيدلية التجميلية

المواد الصيدلية التجميلية (المواد التجميلية ذات الخصائص الصيدلانية) من بين أسرع الأسواق نمواً في تسويق المنتجات الطبيعية البحرية. فدورة تطوير هذه المواد أقصر من دورة تطوير المنتجات الصيدلانية والمنتجات الصيدلية التغذوية، وهو ما يسفر عن نمو أسرع (Rampelotto and Trincone, 2018). وتشكل هذه المنتجات الجديدة الناشئة التي بها مكونات فعالة بيولوجياً نوعا جديدا تماما من مواد العناية بالجمال سيصبح علامة بارزة للعقود المقبلة. وأغلب هذه المواد الصيدلية التجميلية مشتقة من الطحالب الكبيرة والطحالب الدقيقة، لكن عدداً متزايداً منها يجري توليده من خلال بعض من عمليات التكنولوجيا الأحيائية البحرية استناداً إلى كائنات مجهرية، مثل البكتيريا والفطريات (Calado and others, 2018). بيد أن ثمة شواغل بيئية تقترن ببعض المكونات التجميلية (Juliano and Magrini, 2017).

2-1-3 - التطبيقات المتعلقة بالأغذية والأعلاف

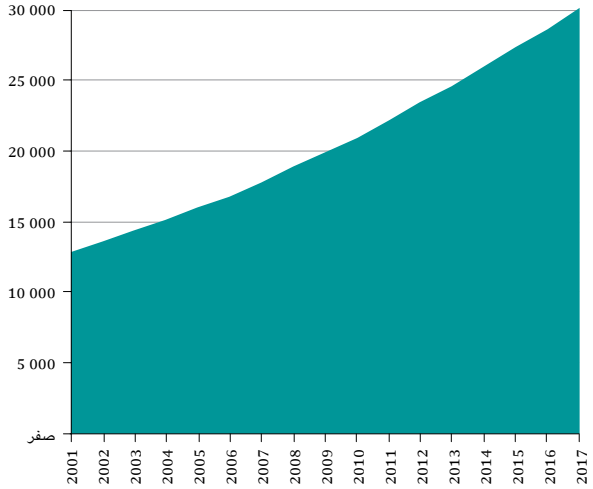
يرتبط استهلاك أحماض أوميغا-3 الدهنية المتعددة المكونات غير المشبعة الطويلة السلاسل بنتائج صحية إيجابية متعددة (Ruxton and others, 2007). غير أن إنتاج أنواع الأحياء المائية المستزرعة الغنية بهذه الأحماض الدهنية لا يزال يعتمد على الأعلاف المتخذة من السمك. ولذلك اجتذب تطوير زيوت الطحالب والمحاصيل المهجنة وراثياً البديلة من أحماض أوميغا-3 الدهنية المتعددة المكونات غير المشبعة الطويلة السلاسل اهتماماً كبيراً. وركزت الجهود الأولية على محاصيل البذور الزيتية، مع الاعتماد على الإنزيمات المأخوذة من الأنواع البحرية (مثل الطحالب البحرية) (Ruiz-Lopez and others, 2014؛ و Zhao and Qiu, 2018). وقدمت شركات الصناعة الزراعية طلبات للحصول على براءات تقترن بتلك الابتكارات ويُتوخى الإنتاج على نطاق كبير بحلول عام 2020 (Sprague and others, 2017). علاوة على ذلك، وبالإضافة إلى استخدام الطحالب الكبيرة بشكل مباشر كغذاء للإنسان، فإن استخدامها كمواد تضاف إلى الأعلاف يُظهر وجود إمكانية لإسهامها في التخفيف البيولوجي من الميثان في صناعة الماشية (Roque and others, 2019؛ و Costello and others, 2019). وتظهَر الطحالب الدقيقة كذلك كأنواع هامة من الوقود الحيوي (Fedder, 2013).

[6] انظر "Midwestern University, "Clinical Pipeline, Marine Pharmacology.
[7] المرجع نفسه.
[8] المرجع نفسه.

الشكل الأول

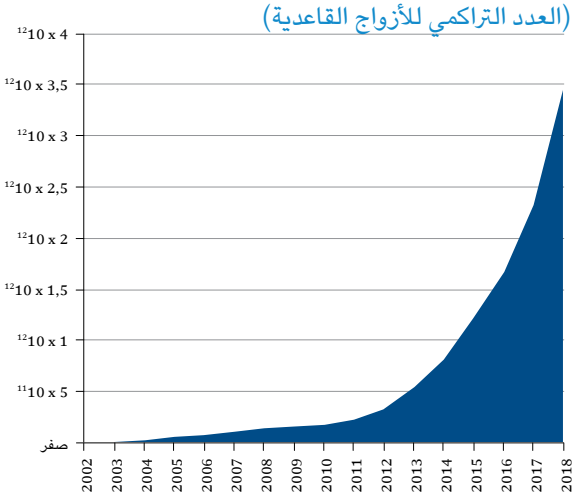
الاتجاهات الحديثة المتصلة بالموارد الجينية البحرية

الشكل الأول ألف – المنتجات الطبيعية البحرية المكتشفة (الرقم التراكمي)



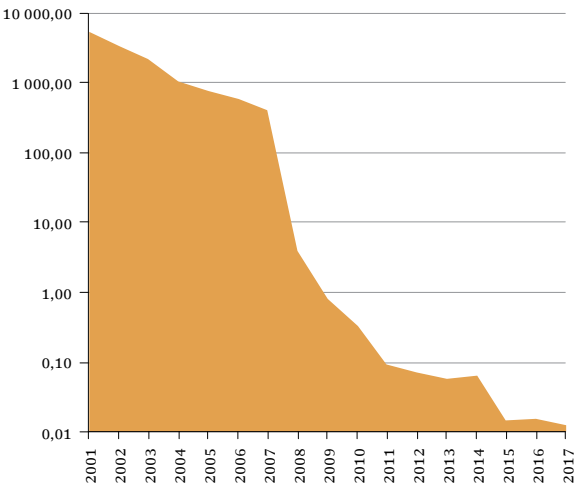
المصدر: Carroll and others, 2019.

الشكل الأول باء – أرشيف المتواليات الجينية (Sequence Read Archive) لمستودع الجينات GenBank (العدد التراكمي للأزواج القاعدية)



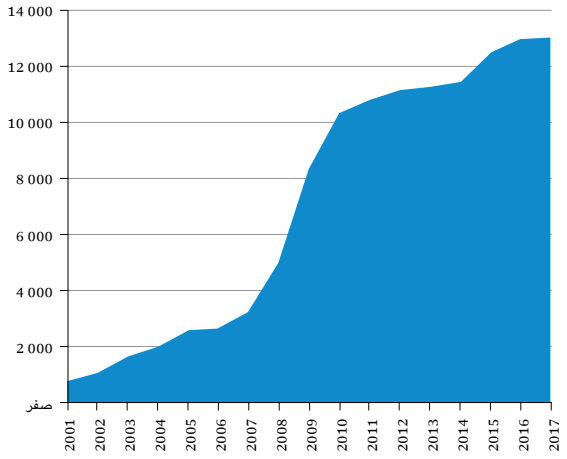
المصدر: بيانات مأخوذة من المعهد الوطني للصحة في الولايات المتحدة (Wetterstrand, 2018؛ و National Center for Biotechnology Information (NCBI), 2018)؛

الشكل الأول جيم – تكلفة تحديد التسلسل الجيني (بالدولار لكل زوج قاعدي)



المصدر: المعهد الوطني لبحوث الجينوم البشري.

الشكل الأول دال – المتواليات الجينية البحرية المقترنة ببراءات اختراع (الرقم التراكمي)



المصدر: Blasiak and others, 2018.

2 –2 - نمو قواعد البيانات المتاحة للعموم المتعلقة ببيانات المتواليات الجينية

تُشكِّل محفوظات البيانات المتاحة للعموم جزءاً لا يتجزأ من البحوث البيولوجية الحديثة (Ellenberg and others, 2018؛ و Rigden and Fernandez, 2019). ويعزى ذلك إلى حد كبير إلى أن التطورات التكنولوجية السريعة التي حدثت على مدى العقدين الأخيرين قد وسَّعت كثيراً من توافر تكنولوجيا تحديد تسلسل الحمض النووي. فقد تراجعت تكلفة تحديد التسلسل لكل قاعدة بأكثر من أربعة أضعاف خلال العقد الأخير وحده (Wetterstrand, 2018)، وحدث ذلك بالتزامن مع نمو هائل في حجم المستودعات المتاحة للعموم (الشكل الأول). وإجمالاً، تضاعف عدد قواعد البيانات في مستودع الجينات GenBank مرة كل 18 شهراً تقريبا منذ عام 1982 (NCBI, 2018).

وعلى الرغم من أن حجم قواعد البيانات المتاحة للعموم نما نمواً كبيراً، توجد أسباب معقولة للاعتقاد باستمرار وجود ثغرات كبيرة في حالة المعارف الراهنة بشأن مدى التنوع الجيني في المحيطات. وتأتي أفضل الأدلة التي يستند إليها هذا التفسير من الدراسات القائمة على التحليل النطاقي (الأُوميات) omics. وحدد أحدث وأشمل مسح للتنوع الجيني للكائنات البحرية الحقيقية النواة زهاء 53 مليون جين (Carradec and others, 2018)، نصفها تقريباً لم يُظهر أي تماثل مع البروتينات القائمة (de Vargas and others, 2015). وفضلا عن ذلك، تشير التقديرات بشأن عوالق المحيطات إلى وجود نحو 15 000 نوع من الأنواع الحقيقية النواة، وهو ما يزيد كثيراً عن عدد الأنواع الموصوفة في السابق والبالغ زهاء 11 200 نوع (de Vargas and others, 2015). والمبادرات الكبيرة الحجم مثل "السفينة تارا في المحيطات" (Tara Oceans) (Sunagawa and others, 2015) و"يوم أخذ العينات في المحيطات" (Ocean Sampling Day) (Kopf and others, 2015) تفرز كميات هائلة من المعلومات تزيد من فهم التنوع الميكروبي الموجود في المحيط على نطاق عالمي (Coutinho and others, 2018). وتمثل مجموعات البيانات المتاحة للعموم الناجمة عن ذلك مصدر معلومات هاماً للجهود البحثية القائمة على المتواليات الجينية (Kamble and others, 2019)، كما تتيح توجهات بحثية جديدة مثل استخدام الحمض النووي DNA البيئي في الإيكولوجيا الجزيئية وفي تقييمات التنوع (Seymour, 2019).

2 –3 - البحوث المسلط عليها الضوء

نُشر في عام 2018 مجلدان شاملان يركزان على التكنولوجيا الأحيائية البحرية. يصف المجلد الأول بشكل منهجي أحدث التطورات في قطاع التكنولوجيا الأحيائية البحرية ويسعى إلى تحديد ما تنطوي عليه من إمكانات اقتصادية في الحاضر والمستقبل (Rampelotto and Trincone, 2018)، في حين يتجاوز المجلد الثاني نطاق الجوانب المتصلة بالبحث والتطوير لكي يتناول أيضاً قانون الملكية الفكرية وأشكال الحماية المكفولة لطلبات براءات الاختراع (Guilloux, 2018). وجرى تحديث الدراسات السابقة التي ركزت على البراءات المقترنة بالموارد الجينية البحرية (Arrieta and others, 2010؛ و Arnaud-Haond and others, 2011) بتحليل حدَّد طلبات براءات الاختراع المقدمة المقترنة بـ 998 12 متوالية جينية من 862 نوعاً بحرياً (Blasiak and others, 2018). وكانت أطراف فاعلة مكانها أو مقرها في 10 بلدان مسؤولة عن طلبات براءات تغطي 98 في المائة من تلك المتواليات، بينما لم يكن 165 بلداً ممثلاً (Blasiak and others, 2018).

ويرمي مشروع الإسفنجيات SponGES[9]، وهو مشروع مدته أربع سنوات يموَّل منذ عام 2016 من خلال برنامج أفق 2020 للاتحاد الأوروبي المتعلق بالبحوث والابتكار إلى الجمع بين الاستكشاف والتنقيب الأحيائي لأغراض التطبيقات الصناعية، وتحديداً اكتشاف العقاقير وهندسة الأنسجة. والإسفنجيات والكائنات

[9] انظر www.deepseasponges.org.

المجهرية المقترنة بها هي أغنى وأغزر مصدر للمنتجات الطبيعية البحرية الجديدة، حيث ينتمي إليها أكثر من 30 في المائة من المركّبات الموصوفة حتى الآن (قرابة 5 000 مركَّب) (Mehbub and others, 2014). وفي الفترة من عام 2001 إلى عام 2010، اكتُشف أكثر من 2 400 منتج طبيعي من 671 نوعاً من الإسفنجيات (Mehbub and others, 2014). وقد كشفت البحوث الجارية في إطار مشروع الإسفنجيات SponGES بالفعل عن تنوع ميكروبي غير متوقع وما ينطوي عليه من إمكانات في مجال التكنولوجيا الأحيائية، بما في ذلك الإسترولات sterols غير التقليدية من فئة C30 وأشكال جديدة من مادة الباريتيد barrettide تنطوي على إمكانات في مجال مكافحة الحشف الأحيائي (Lauritano and Ianora, 2018).

3 - العواقب والتغيرات الاقتصادية والاجتماعية

يتزايد الاهتمام باستكشاف الموارد الجينية البحرية واستخدامها، بالتزامن مع إحراز تقدم كبير في صناعة التكنولوجيا الأحيائية العالمية وفي المبادرات الرامية إلى استكشاف إمكانات الاقتصاد الأزرق (Wynberg and Laird, 2018). وتوجد آراء متباينة بشأن الإمكانات الاقتصادية للموارد الجينية البحرية، لا سيما تلك الآتية من المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية (Leary, 2018؛ و Blasiak and others, 2020). غير أن العدد الكبير من العقاقير المستخلصة من الموارد البحرية الموجود حاليا قيد الاختبارات السريرية يشير إلى وجود اهتمام كبير، نظراً لأن إخراج عقار جديد إلى السوق يُكلِّف مبلغاً يصل إلى 2,8 بليون دولار (Wouters and others, 2020) ويستغرق ما بين 10 أعوام و 15 عاماً (Blasiak and others, 2019).

والإطار التنظيمي للوصول إلى الموارد الجينية البحرية واستخدامها لاحقاً يختلف تبعاً لما إذا كانت تلك الموارد مأخوذة من مناطق تقع داخل نطاق الولاية الوطنية أو خارجه. وتندرج الحالة الأولى في نطاق اتفاقية التنوع البيولوجي[10] وبروتوكول ناغويا الملحق بها. وتمثل الموارد الجينية البحرية في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية أحد المواضيع في حزمة من المسائل يجري التفاوض بشأنها حالياً عقب اتخاذ الجمعية العامة قرارها 247/72، الذي قررت فيه عقد مؤتمر حكومي دولي لوضع نص صك دولي ملزم قانونا في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار بشأن مسألة الحفظ والاستخدام المستدام للتنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية. وقد عُقدت ثلاثة اجتماعات للمؤتمر في عامي 2018 و 2019، ويزمَع عقد الاجتماع الرابع في عام 2020. والمؤتمر مكلَّف بأن يعالج، في جملة عناصر، موضوع الموارد الجينية البحرية، بما في ذلك المسائل المتعلقة بتقاسم المنافع.

وتجري حاليا في سياق كلٍ من المؤتمر الحكومي الدولي واتفاقية التنوع البيولوجي وبروتوكول ناغويا الملحق بها، مناقشات بشأن ما إذا كان يتعين معالجة وتنظيم استخدام البيانات والمعلومات المستمدة رقميا عن المتواليات الجينية. وقد أُعرب عن آراء مختلفة بشأن هذه المسألة وبشأن المصطلحات. وفي عام 2019، أصدرت الأمينة التنفيذية لاتفاقية التنوع البيولوجي تكليفا بإجراء دراسات تغطي مفهوم ونطاق المعلومات المستمدة رقميا عن المتواليات الجينية (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020)، والقابلية لاقتفاء الأثر وقواعد البيانات، والتدابير المحلية. وهي دراسات منشورة الآن بعد فترة استعراض مفتوحة.

وأخيراً، مددت الجمعية العامة للمنظمة العالمية للملكية الفكرية في عام 2017 ولاية لجنتها الحكومية الدولية للملكية الفكرية والموارد الوراثية والمعارف التقليدية والفولكلور ووافقت على أن تواصل اللجنة، في جملة

[10] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.

أمور، التعجيل بعملها بشأن اتفاق يتعلق بالملكية الفكرية، من شأنه أن يضمن الحماية المتوازنة والفعالة للموارد الجينية[11].

ولا تسري جميع تلك الأطر التنظيمية إلا على البلدان الموقعة، ولذلك فهي لا تحكم سوى الموارد الجينية البحرية التي تُجمع في الدول الأطراف في الصكوك ذات الصلة أو بواسطتها.

4 - التطورات المعرفية الرئيسية المتعلقة بمناطق محددة وعواقبها

في التقييم العالمي الأول للمحيطات، انصب التركيز على توفير استعراض عام للموارد الجينية البحرية عوضاً عن تقديم تقييمات أو لمحات عامة إقليمية. وكان السبب في ذلك جزئياً هو صعوبة الحصول على موجزات إقليمية تتضمن معلومات عن الاتجاهات السائدة. ويرد أدناه موجز مقتضب للمسائل الإقليمية فيما يتعلق بالمحيط الهادئ والمحيط الجنوبي والمحيط المتجمد الشمالي، يسلط الضوء على الاتجاهات خلال العقد الأخير. وقد جرى تطوير أقل نسبيا للمنتجات الطبيعية البحرية المستمدة من البحر المتوسط والمحيط الأطلسي (Skropeta and Wei, 2014)، إلا أن البحر المتوسط يُشكِّل، بتنوعه البيولوجي الكبير، مصدراً محتملاً لمنتجات صيدلانية ومنتجات صيدلية تغذوية (Briand, 2010).

وأجرى سكروبيتا و وي (Skropeta and Wei, 2014) تحديثاً لتحليلاتهم الإقليمية لعام 2008 لما أُبلغ عنه بشأن المنتجات الطبيعية البحرية، ووجدا أنه بينما لا تزال نسبة مرتفعة (24 في المائة) من المنتجات الطبيعية البحرية تأتي من أستراليا، فقد حدثت زيادة ملحوظة فيما أبلغ عنه من وجود نواتج أيض كشف عنها أخذ العينات من رواسب البحار العميقة في بحر الصين الجنوبي (إلى 18 في المائة) والمحيط الهادئ، بما في ذلك المناطق البحرية الواقعة قبالة سواحل غوام (الولايات المتحدة الأمريكية) وبالاو (إلى 17 في المائة). وعزيت هذه الزيادة إلى زيادة القدرة على الوصول إلى بيئات نائية في البحار العميقة (Skropeta and Wei, 2014)، مع ارتباط النمط الإقليمي لاكتشاف المنتجات الطبيعية البحرية بمستوى إمكانية الوصول إلى الغطاسات المأهولة وعمليات الصيد بشباك الجر عوضاً عن التنوع البيولوجي الإقليمي. وانعكست زيادة إمكانية الوصول إلى بيئات البحار العميقة أيضاً في توزيع الاكتشافات من حيث العمق، ففي عام 2008 كان 8 في المائة فقط من المنتجات الطبيعية البحرية من كائنات عُثر عليها على أعماق تزيد عن 1 000 متر، لكن بحلول عام 2013 ارتفعت هذه النسبة إلى 37 في المائة (Skropeta and Wei, 2014).

وتخضع الأنشطة الجارية في منطقة أنتاركتيكا لمعاهدة أنتاركتيكا[12] والاتفاقات المتصلة بها المعروفة جميعا باسم نظام معاهدة أنتاركتيكا (Oldham and Kindness, 2020). وقد نوقش التنقيب الأحيائي في إطار نظام معاهدة أنتاركتيكا، إلا أن المسألة تتسم بالتعقيد البالغ بسبب مسائل تتصل بالحوكمة متعلقة بالنشاط البحثي والأخلاق وتقاسم المنافع. ومع زيادة البحث العلمي الجاري في أنتاركتيكا عموما، زادت البحوث المتعلقة بالتنوع البيولوجي في المنطقة، كما يتنامى عدد طلبات براءات الاختراع المتصلة بكائنات من المحيط القطبي الجنوبي المقدمة في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا (Oldham and others, 2014؛ و Oldham and Kindness, 2020).

وأُنشئ نموذج بحثي دولي تعاوني للمحيط القطبي الشمالي (Leary, 2008)، وإن كانت البحوث بشأن إمكانات التكنولوجيا الأحيائية التي تنطوي عليها الموارد الجينية في المحيط القطبي الشمالي تجري إلى حد كبير داخل المناطق الاقتصادية الخالصة لدول تلك المنطقة.

11 انظر المنظمة العالمية للملكية الفكرية، الوثيقة WO/GA/49/21.

12 United Nations, *Treaty Series*, vol. 402, No. 5778.

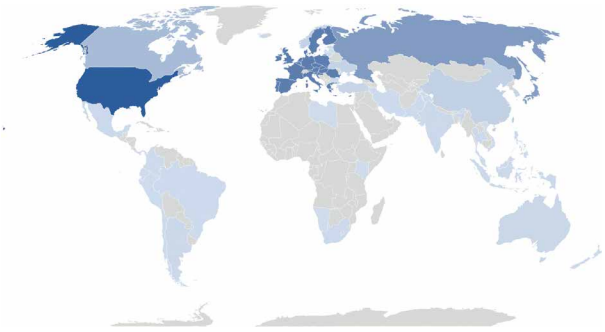
5 - الثغرات في بناء القدرات

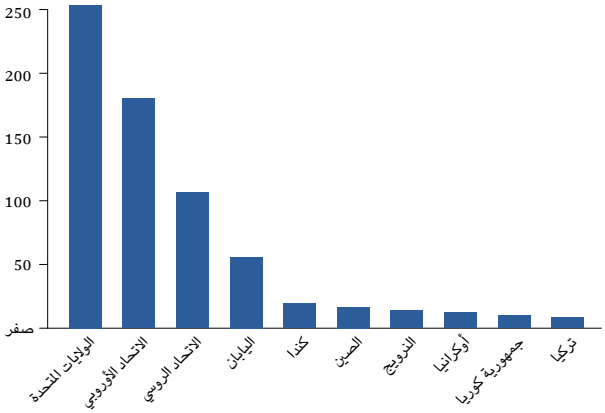
تواجه دول كثيرة تحديات تعوقها عن إجراء بحوث الموارد الجينية البحرية بصورة مباشرة. وتشمل هذه التحديات محدودية المعرفة بالتنوع البيولوجي، ومحدودية القدرات، سواء من حيث المرافق أو الخبرة التكنولوجية، والموارد المالية المحدودة المخصصة للبحث والتطوير، وقلة الخبرة بآليات الوصول وتقاسم المنافع، والحاجة إلى زيادة التعاون بين الأوساط الأكاديمية والحكومات والقطاع الخاص (Thompson and others, 2017). ولمبادرات بناء القدرات، مثل الشبكة الوطنية لبحوث التكنولوجيا الأحيائية البحرية في البرازيل (Thompson and others, 2018)، دور رئيسي في معالجة بعض تلك القيود.

وقد سلّط وينبيرغ (Wynberg, 2016) الضوء على التوسع السريع للنشاط البحثي في غرب المحيط الهندي، ولا سيما على امتداد الخطوط الساحلية الأفريقية الشرقية والجنوبية، حيث يوجد في تلك الأخيرة قدر أكبر من التنوع البيولوجي والتوطن. وتضطلع بهذه البحوث إلى حد كبير بلدانٌ متقدمة من مناطق أخرى، مع انخراط بلدان قليلة من غرب المحيط الهندي، باستثناء جنوب أفريقيا وكينيا، كأطراف متعاونة. ولا يوجد سوى عدد قليل نسبيا من البلدان التي تدير سفنها البحثية الخاصة بها، وهناك بضعة بلدان فقط لديها القدرة على القيام بعمليات جمع في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية أو في بيئات البحار العميقة (الشكل الثاني). وعلى الرغم من توافر قواعد بيانات متاحة للعموم بشأن بيانات المتواليات الجينية على الصعيد العالمي، تفتقر بلدان عديدة إلى البنى التحتية السيبرانية اللازمة للوصول إلى تلك المجموعات من البيانات، أو لإنشاء وإدارة قواعد بيانات وطنية مماثلة (Thompson and others, 2017).

الشكل الثاني - ألف

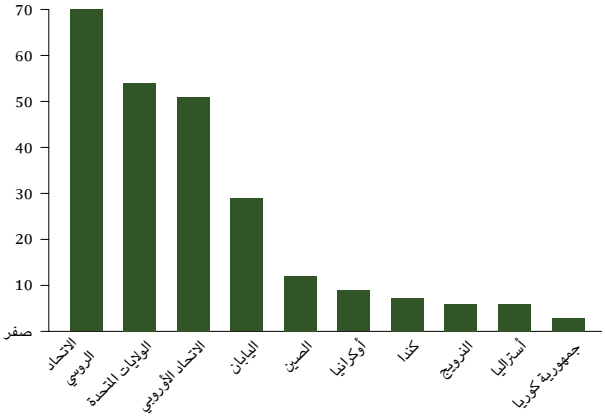
عدد وتوزيع سفن الأبحاث بحسب دولة العلَم، في حزيران/يونيه 2019

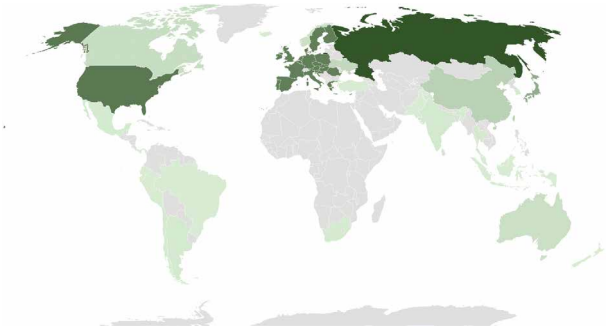




الشكل الثاني - باء

عدد وتوزيع سفن الأبحاث ذات القدرات البحرية (حجمها 60 متراً أو أكثر)، في حزيران/يونيه 2019





المصدر: قاعدة البيانات الدولية لسفن الأبحاث.

6 - التحديات المنهجية واتجاهات المستقبل

6-1 - التطورات الجديدة في النُهج القائمة على التحليل النطاقي (الأوميات)

على مدى العقود الأخيرة، يسّرت الابتكارات التكنولوجية المتعلقة بتحليل الجزيئات الأحيائية إجراء دراسات أكثر شمولا للكائنات البحرية وتجمعاتها (Coutinho and others, 2018). وتتيح تكنولوجيات تحديد التسلسل الجيني الفائقة الإنتاجية تغطية واسعة في تحليل التجمعات الميكروبية، وتنتج تكنولوجيات تحديد التسلسل الجيني لجزيء واحد أطوال تسلسل كبيرة من الحمض النووي الصبغي DNA والحمض النووي الريبوزي RNA، ويمكن استخدام المعدات المحمولة لتحديد التسلسل الجيني آنياً في هذا الميدان (Ip and others, 2015). وينصب التركيز حالياً على توليد منصات لتحديد التسلسل خاصة بتطبيقات محددة، وتحسين طول التسلسل المحدد وناتجه، مع تخفيض معدلات الخطأ في تحديد التسلسل (Wuyts and Segata, 2019). ولتحسين طول التسلسل ودقته دور رئيسي في توليد مجموعات بيانات أقل تشتتاً. ومن شأن تجميع متواليات مستنبطة للأحماض الأمينية، عوضاً عن بيانات الحمض النووي الصبغي، أن يولِّد أيضاً فهارس كبيرة لمتواليات البروتين الكاملة من مجموعات بيانات الميتاجينوم المعقدة (Steinegger and others, 2019). وخلافاً للدراسات الإيكولوجية، ثمة حاجة إلى البروتينات الكاملة والمجموعات الجينية لأغراض التطبيقات التكنولوجية الأحيائية.

وبينما يسَّرت منصات تحديد التسلسل الجيني العالية الإنتاجية كثيرا الحصولَ على بيانات المتواليات الجينية، فإن إسناد الوظائف إلى الجينات والبروتينات والمسارات المتوقعة يظل إشكالياً (Woyke and others, 2019). وكثيراً ما يتعذر إسناد وظيفة مفترضة أو لا يكون بالإمكان سوى إصدار تنبؤات عامة بشأن الوظائف، لا سيما بالنسبة للإنزيمات. والتوصيف التجريبي لمتواليات مختارة تنطوي على إمكانات في مجال التكنولوجيا الأحيائية هو أمر مكلف ويستغرق وقتاً

طويلاً. ويجري حاليا وضع توليفة تجمع بين التخليق الجيني ونظم استخلاص البروتين دون استخدام خلايا وأساليب الفرز الحساس العالية الإنتاجية، وذلك من أجل اكتشاف محفزات حيوية جديدة وأشكال أخرى من الإنزيمات ذات خصائص محسَّنة (Rolf and others, 2019). وللتقدم المحرز في نظم الكشف المستخدمة في الميتاجينومية الوظيفية، وهو نهج مختلف للتنقيب الأحيائي، تأثير إيجابي أيضاً على مجال الاكتشاف البيولوجي (van der Helm and others, 2018).

وعلى الرغم من أوجه التقدم المحرزة مؤخراً في تكنولوجيات تحديد التسلسل الجيني، لا يزال من الصعب الحصول على جينومات شبه مكتملة عالية الجودة من الكائنات المجهرية غير المستزرعة. وقد أدى تحديد تسلسل الجينوم الخاص بالخلايا الميكروبية الأحادية وإعادة بناء الجينومات من مجموعات بيانات ميتاجينومية معقدة إلى توليد معلومات جينومية من آلاف الكائنات المجهرية البحرية غير المستزرعة (Parks and others, 2017؛ و Coutinho and others, 2018؛ و Tully and others, 2018)، مما أدى إتاحة مورد عام لجهود التنقيب الأحيائي. بيد أن ثمة حاجة إلى التقدم التكنولوجي من أجل تحسين اكتمال هذه الجينومات والحد من التلوث الذي يوجد، قبل التضخيم الجيني، في خليط الحمض النووي الصبغي المولَّد باستخدام تلك النهج التي لا تعتمد على الاستزراع (Woyke and others, 2019). كما يتيسر حاليا تحليل الجينومات المأخوذة من الكائنات المجهرية غير المستزرعة عن طريق تحديد التكوين الكروموزومي الميتاجينومي (metagenomic chromosome conformation capture (meta3C))، وهي طريقة بإمكانها أن تكشف عن الصلات المادية في مناطق مختلفة للحمض النووي الصبغي الموجود داخل إحدى الخلايا. وعند تطبيق هذه الطريقة على التجمعات الميكروبية، فإنها تيسر جمع الجينومات وتتيح أيضاً تحليل التنظيم الثلاثي الأبعاد لتلك الجينومات (Marbouty and others, 2014). وتوجد حاجة كذلك إلى تحسينات في تقنيات الاستزراع بالنسبة للكائنات المجهرية البحرية، لا سيما في سياق استخدام الموارد الجينية البحرية الميكروبية لأغراض صناعية.

ويمثل النمو الهائل في البيانات المولّدة بواسطة مختلف نُهج التحليل النطاقي تحدياً، ويتواصل تطوير أدوات ومنصات معلوماتية أحيائية لتحليل وإدماج تلك البيانات لتحسين فهم النظم البيولوجية (Dihazi and others, 2018; Rohart and others, 2017). وأحد أمثلة ذلك هي القاعدة المعرفية البيولوجية التابعة لإدارة نظم الطاقة بالولايات المتحدة (Kbase)[13]، وهي منصة برمجيات وبيانات مفتوحة المصدر تتيح إجراء تحليلات تعاونية للمعلومات المستمدة من التحليل النطاقي، بما في ذلك التجميع الجينومي والميتاجينومي، والتفسير، والنسخومياتية، والنمذجة الاستقلابية (Arkin and others, 2018). ويمكن أن يؤدي إدماج تحليل بيانات المستقلباتوميات metabolomics، أي تحليل الجزيئات الأحيائية الصغيرة من الكائنات أو التجمعات الميكروبية، إلى تأكيد صحة المسارات المحدَّدة، فضلاً عن ربط بنية التجمع الميكروبي وديناميته وتفاعلاته ووظيفته (Baidoo and others, 2019). والأداة المسماة mixOmics مثال آخر لأداة تطبيق نهج التحليل النطاقي، وهي تركز على استكشاف البيانات والتنقيب عنها (Rohart and others, 2017)[14].

6-2 - الموارد الجينية البحرية والبيولوجيا التركيبية

نتيجةً للتنوع البيولوجي الاستثنائي للكائنات البحرية، تُشكِّل الموارد الجينية البحرية مصدراً واعداً للجينات ومجموعات الجينات لإعادة التصميم الاصطناعي للكائنات لأغراض التطبيقات الصناعية (Bloch and Tardieu-Guigues, 2014؛ و Reen and others, 2015).

13 انظر http://kbase.us.
14 انظر http://mixomics.org.

ويمكن للبيولوجيا التركيبية، بالاشتراك مع هندسة الإنزيمات وهندسة الأيض، أن تيسر كثيرا تطوير عِترات strains عالية الأداء لإنتاج المواد الكيميائية والمواد الأحيائية والخدمات. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام نهج البيولوجيا التركيبية كبديل للتركيب الكيميائي في إنتاج منتجات طبيعية بحرية، حينما لا يكون الاستخراج من المصدر الأصلي قابلاً للاستدامة (Kiran and others, 2018). وثمة أهمية أيضاً للمسائل المتعلقة باعتبارات الصحة العامة والأخلاق في البيولوجيا التركيبية، وسيكون لرؤية الجمهور لسلامة الكائنات المعدلة وراثياً تأثير أيضاً على اعتماد هذه التكنولوجيا في القطاع الصناعي (Kiran and others, 2018).

7 – الموارد الجينية البحرية وأهداف التنمية المستدامة

بغض النظر عن نطاق الفوائد الاقتصادية المقترنة بتسويق الموارد الجينية البحرية، لا تزال هناك ثغرات في مجال بناء القدرات (الفرع 5)، وهو أمر له تداعيات كبرى على تحقيق أهداف التنمية المستدامة. ويوجز الجدول أدناه صلة الموارد الجينية البحرية بغايات أهداف التنمية المستدامة الأكثر انطباقا.

الموارد الجينية البحرية وأهداف التنمية المستدامة

الغايات ذات الصلة من أهداف التنمية المستدامة	صلة الموارد الجينية البحرية
14-2 إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها، من أجل تجنب حدوث آثار سلبية كبيرة، بوسائل منها تعزيز قدرتها على الصمود، واتخاذ الإجراءات اللازمة لإعادتها إلى ما كانت عليه من أجل تحقيق الصحة والإنتاجية للمحيطات، بحلول عام 2020	كفالة مراعاة التنوع الجيني للتجمعات الأحيائية في المناطق المحمية، وذلك في جملة أمور من أجل تعزيز القدرة على الصمود
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	استخدام الموارد الجينية البحرية كأدوات لفهم التفاعلات الأحيائية واللاأحيائية من أجل المساعدة في إدارة خدمات النظم الإيكولوجية
	تشجيع وتركيز جهود الاستغلال على المنتجات الطبيعية البحرية المجتناة والمطوَّرة على نحو مستدام
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 **9-5** تعزيز البحث العلمي، وتحسين القدرات التكنولوجية في القطاعات الصناعية في جميع البلدان، ولا سيما البلدان النامية، بما في ذلك، بحلول عام 2030، تشجيع الابتكار وتحقيق زيادة كبيرة في عدد العاملين في مجال البحث والتطوير لكل مليون شخص، وزيادة إنفاق القطاعين العام والخاص على البحث والتطوير **9-ب** دعم تطوير التكنولوجيا المحلية والبحث والابتكار في البلدان النامية، بما في ذلك عن طريق كفالة وجود بيئة مؤاتية من حيث السياسات للتنويع الصناعي وإضافة قيمة للسلع الأساسية بين أمور أخرى **17-6** تعزيز التعاون الإقليمي والدولي بين الشمال والجنوب وفي ما بين بلدان الجنوب والتعاون الثلاثي في ما يتعلق بالعلوم والتكنولوجيا والابتكار والوصول إليها، وتعزيز تبادل المعارف وفق شروط متفق عليها، بوسائل تشمل تحسين التنسيق في ما بين الآليات القائمة، ولا سيما على مستوى الأمم المتحدة، ومن خلال آلية عالمية لتيسير التكنولوجيا	تعزيز آليات الابتكار الشاملة وغيرها من الآليات الرامية إلى ضمان قدرة أوسع للدول على الانخراط في استكشاف الموارد الطبيعية البحرية واستخدامها

الغايات ذات الصلة من أهداف التنمية المستدامة	صلة الموارد الجينية البحرية
3-ب دعم البحث والتطوير في مجال اللقاحات والأدوية للأمراض المعدية وغير المعدية التي تتعرض لها البلدان النامية في المقام الأول، وتوفير إمكانية الحصول على الأدوية واللقاحات الأساسية بأسعار معقولة، وفقاً لإعلان الدوحة بشأن الاتفاق المتعلق بالجوانب المتصلة بالتجارة من حقوق الملكية الفكرية وبالصحة العامة، الذي يؤكد حق البلدان النامية في الاستفادة بالكامل من الأحكام الواردة في الاتفاق المتعلق بالجوانب المتصلة بالتجارة من حقوق الملكية الفكرية المتعلقة بأوجه المرونة اللازمة لحماية الصحة العامة، ولا سيما العمل من أجل إمكانية حصول الجميع على الأدوية	وجود عدد كبير من الأدوية المستخلصة من الموارد البحرية قيد الاختبارات السريرية، وإمكانات الكائنات البحرية كمصدر لمضادات حيوية جديدة

المراجع

Alves, Celso, and others (2018). From marine origin to therapeutics: The antitumor potential of marine algae–derived compounds. *Frontiers in Pharmacology*, vol. 9.

Appeltans, Ward, and others (2012). The magnitude of global marine species diversity. *Current Biology*, vol. 22, No. 23, pp. 2189–2202.

Arkin, Adam P., and others (2018). KBase: the United States department of energy systems biology knowledgebase. *Nature Biotechnology*, vol. 36, No. 7.

Arnaud–Haond, Sophie, and others (2011). Marine biodiversity and gene patents. *Science*, vol. 331, No. 6024, pp. 1521–1522.

Arrieta, Jesús M., and others (2010). What lies underneath: conserving the oceans' genetic resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, No. 43, pp. 18318–18324.

Baidoo, Edward E.K., and Veronica Teixeira Benites (2019). Mass Spectrometry–Based Microbial Metabolomics: Techniques, Analysis, and Applications. In *Microbial Metabolomics*, pp. 11–69. Springer.

Birolli, Willian G., and others (2019). Applications of marine–derived microorganisms and their enzymes in biocatalysis and biotransformation, the underexplored potentials. *Frontiers in Microbiology*, vol. 10.

Blasiak, Robert, and others (2018). Corporate control and global governance of marine genetic resources. *Science Advances*, vol. 4, No. 6, p. eaar5237.

Blasiak, Robert, and others (2019). Scientists Should Disclose Origin in Marine Gene Patents. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 34, No. 5, pp. 392–395.

Blasiak, Robert, and others (2020). The ocean genome and future prospects for conservation and equity. *Nature Sustainability*, pp.1–9.

Bloch, Jean–François, and Elisabeth Tardieu–Guigues (2014). Marine biotechnologies and synthetic biology, new issues for a fair and equitable profit–sharing commercial use. *Marine Genomics*, vol. 17, pp. 79–83.

Briand, Frédéric (2010). New Partnerships for Blue Biotechnology Development – Innovative solutions from the sea. Report on CIESM International Workshop. The Mediterranean Science Commission.

Calado, Ricardo, and others (2018). How to Succeed in Marketing Marine Natural Products for Nutraceutical, Pharmaceutical and Cosmeceutical Markets. In *Grand Challenges in Marine Biotechnology*, pp. 317–403. Springer.

Carradec, Quentin, and others (2018). A global ocean atlas of eukaryotic genes. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, p. 373.

Carroll, Anthony R., and others (2019). Marine natural products. Natural Product Reports.

Costello, Christopher, and others (2019). The Future of Food from the Sea. Washington, D.C.: World Resources Institute. www.oceanpanel.org/future–food–sea

Coutinho, Felipe Hernandes, and others (2018). Metagenomics sheds light on the ecology of marine microbes and their viruses. *Trends in Microbiology*, vol. 26, No. 11, pp. 955–965.

De Vargas, Colomban, and others (2015). Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean. *Science*, vol. 348, No. 6237, pp. 1261605.

Dihazi, Hassan, and others (2018). Integrative omics–from data to biology. *Expert Review of Proteomics*, vol. 15, No. 6, pp. 463–466.

Ellenberg, Jan, and others (2018). A call for public archives for biological image data. *Nature Methods,* vol. 15, No. 11, p. 849.

Fedder, Bevis (2013). *Marine Genetic Resources, Access and Benefit Sharing: Legal and Biological Perspectives*. Routledge.

Ferrer, Manuel, and others (2019). Decoding the ocean's microbiological secrets for marine enzyme biodiscovery. *FEMS Microbiology Letters*, vol. 366, No. 1, p. fny285.

Grand View Research (2017). Nutraceuticals Market Analysis By Product (Dietary Supplements, Functional Food, Functional Beverage), By Region (North America, Asia Pacific, Europe, CSA, MEA), And Segment Forecasts, 2018–2025. Grand View Research. www.grandviewresearch.com/industry-analysis/nutraceuticals-market.

Guilloux, Bleuenn (2018). Marine Genetic Resources, R&D and the Law 1: Complex Objects of Use. Wiley Online Library.

Hackl, Christian (2017). Using red algae to fight the flu. *Les Nouvelles–Journal of the Licensing Executives Society*, vol. 52, No. 4.

Hu, Yiwen, and others (2015). Statistical research on the bioactivity of new marine natural products discovered during the 28 Years from 1985 to 2012. Marine Drugs, vol. 13, pp. 202–221.

Ip, Camilla L.C., and others (2015). MinION Analysis and Reference Consortium: Phase 1 data release and analysis. F1000Research, vol. 4.

Juliano, Claudia, and Giovanni Antonio Magrini (2017). Cosmetic ingredients as emerging pollutants of environmental and health concern. A mini-review. *Cosmetics*, vol. 4, No. 11, pp. 1–18. http://doi.org/10.3390/cosmetics4020011.

Kamble, Asmita, and others (2019). In-silico bioprospecting: finding better enzymes. *Molecular Biotechnology*, vol. 61, No. 1, pp. 53–59.

Kiran, Seghal, and others (2018). Synthetic biology approaches: Towards sustainable exploitation of marine bioactive molecules. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 112, pp. 1278–1288.

Kopf, Anna, and others (2015). The ocean sampling day consortium. *Gigascience*, vol. 4, No. 1, pp. s13742–015.

Lauritano, Chiara, and Adrianna Ianora (2018). Grand Challenges in Marine Biotechnology: Overview of Recent EU-Funded Projects. In *Grand Challenges in Marine Biotechnology*, pp. 425–449. Springer.

Leary, David (2008). Bi-polar disorder? Is bioprospecting an emerging issue for the Arctic as well as for Antarctica? *Review of European Community & International Environmental Law*, vol. 17, No. 1, pp. 41–55.

_____(2018). Marine Genetic Resources in Areas beyond National Jurisdiction: Do We Need to Regulate Them in a New Agreement? *Maritime Safety and Security Law Journal*, vol. 19, pp. 22–47.

Liang, Xiao, and others (2019). Advances in exploring the therapeutic potential of marine natural products. *Pharmacological Research*, vol. 147, pp. 104373–104390.

Lindequist, Ulrike (2016). Marine-derived pharmaceuticals–challenges and opportunities. *Biomolecules & Therapeutics*, vol. 24, No. 6, p. 561.

Marbouty, Martial, and others (2014). Metagenomic chromosome conformation capture (meta3C) unveils the diversity of chromosome organization in microorganisms. *Elife*, vol. 3, p. e03318.

Mayer, A.M.S., and others (2010). The Odyssey of Marine Pharmaceuticals: A Current Pipeline Perspective. *Trends in Pharmacological Sciences*, vol. 31, pp. 255–265. www.midwestern.edu/departments/marinepharmacology/clinical-pipeline.xml, https://doi.org/10.1016/j.tips.2010.02.005

Mehbub, Mohammad Ferdous, and others (2014). Marine sponge derived natural products between 2001 and 2010: trends and opportunities for discovery of bioactives. *Marine Drugs*, vol. 12, No. 8, pp. 4539–4577.

National Center for Biotechnology Information (NCBI) (2018). GenBank and WGS Statistics. Available at www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/statistics.

National Human Genome Research Institute. DNA Sequencing Costs: Data. Available at www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/DNA-Sequencing-Costs-Data87.

Oldham, Paul, and Jasmine Kindness (2020). Biodiversity research and innovation in Antarctica and the Southern Ocean. Preprint bioRxiv 2020.05.03.074849; https://doi.org/10.1101/2020.05.03.074849.

Oldham, Paul, and others (2014). Valuing the deep: Marine genetic resources in areas beyond national jurisdiction. Defra Contract. MB, vol. 128.

Parks, Donovan H., and others (2017). Recovery of nearly 8,000 metagenome-assembled genomes substantially expands the tree of life. *Nature Microbiology*, vol. 2, No. 11, p. 1533.

Qi, Shu-Hua, and Xuan Ma (2017). Antifouling compounds from marine invertebrates. *Marine Drugs*, vol. 15, No. 9, p. 263.

Rampelotto, Pabulo H., and Trincone, Antonio (2018). *Grand Challenges in Marine Biotechnology*. Springer.

Reen, F. Jerry, and others (2015). Emerging concepts promising new horizons for marine biodiscovery and synthetic biology. *Marine Drugs*, vol. 13, No. 5, pp. 2924–2954.

Rigden, Daniel J., and Xose M. Fernandez (2019). The 27th annual Nucleic Acid Research database issue and molecular biology database collection. *Nucleic Acid Research*, vol. 48, pp. D1–D8.

Rohart, Florian, and others (2017). mixOmics: An R package for 'omics feature selection and multiple data integration. *PLOS Computational Biology*, vol. 13, No. 11, p. e1005752.

Rolf, Jascha, and others (2019). Application of cell-free protein synthesis for faster biocatalyst development. *Catalysts*, vol. 9, No. 2, p. 190.

Roque, Breanna Michell, and others (2019). Effect of the macroalgae Asparagopsis taxiformis on methane production and rumen microbiome assemblage. *Animal Microbiome*, vol. 1, No. 1, p. 3.

Ruiz-Lopez, Noemi, and others (2014). Successful high-level accumulation of fish oil omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in a transgenic oilseed crop. *Plant Journal*, vol. 77, No. 2, pp. 198–208.

Ruxton, C., and others (2007). Commentary on Ruxton, C.H.S., and others (2004) The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. Journal of Human Nutrition and Dietetics; 17, 449-459. *Journal of Human Nutrition and Dietetics: Official Journal of the British Dietetic Association*, vol. 20, No. 3, p. 286.

Rye, P.D., and others (2018). Alginate Oligomers and Their Use as Active Pharmaceutical Drugs. In *Alginates and Their Biomedical Applications*, pp. 237–256. Springer.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2020). Digital Sequence Information on Genetic Resources: Concept, Scope and Current Use. Convention on Biological Diversity CBD/DSI/AHTEG/2020/1/3. www.cbd.int/doc/c/fef9/2f90/70f037ccc5da885dfb293e88/dsi-ahteg-2020-01-03-en.pdf

Seymour, Mathew (2019). Rapid progression and future of environmental DNA research. *Communications Biology*, vol. 2, No. 80, pp. 1–3.

Skropeta, Danielle, and Liangqian Wei (2014). Recent advances in deep–sea natural products. *Natural Product Reports*, vol. 31, No. 8, pp. 999–1025.

Sprague, Matthew, and others (2017). Microbial and genetically engineered oils as replacements for fish oil in aquaculture feeds. *Biotechnology Letters*, vol. 39, No. 11, pp. 1599–1609.

Steinegger, Martin, and others (2019). Protein–level assembly increases protein sequence recovery from metagenomic samples manyfold. *Nature Methods*, vol. 16, pp. 603–606.

Suleria, Hafiz Ansar Rasul, and others (2015). Marine–based nutraceuticals: An innovative trend in the food and supplement industries. *Marine Drugs*, vol. 13, No. 10, pp. 6336–6351.

Sunagawa, Shinichi, and others (2015). Structure and function of the global ocean microbiome. *Science*, vol. 348, No. 6237, p. 1261359.

Thompson, Cristiane C., and others (2017). Unlocking marine biotechnology in the developing world. *Trends in Biotechnology*, vol. 35, No. 12, pp. 1119–1121.

Thompson, Fabiano, and others (2018). Marine biotechnology in Brazil: recent developments and its potential for innovation. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, p. 236.

Tully, Benjamin J., and others (2018). The reconstruction of 2,631 draft metagenome–assembled genomes from the global oceans. *Scientific Data*, vol. 5, p. 170203.

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

Wetterstrand, K.A. (2018). DNA Sequencing Costs: Data from the NHGRI Genome Sequencing Program (GSP). www.genome.gov/sequencingcostsdata.

Wouters, Olivier J., and others (2020). Estimated research and development investment needed to bring a new medicine to market, 2009–2018. *JAMA*, vol. 323, pp. 844–853.

Woyke, Tanja, and others (2019). Genomes From Uncultivated Microorganisms. *Encyclopedia of Microbiology*, vol. 4e, pp. 437–442.

Wuyts, Sander, and Nicola Segata (2019). At the Forefront of the Sequencing Revolution—Notes from the RNGS19 Conference. *Genome Biology*, vol. 20, No. 93, pp. 1–3.

Wynberg, Rachel (2015). Marine Genetic Resources and Bioprospecting in the Western Indian Ocean. *Western Indian Ocean*, p. 407.

Wynberg, Rachel, and Sarah A Laird (2018). Fast Science and Sluggish Policy: The Herculean Task of Regulating Biodiscovery. *Trends in Biotechnology*, vol. 36, No. 1, pp. 1–3.

Young, Lucy (2014). Marine–Derived Nutraceuticals and Cosmetics. Strategic Business Insights. www.strategicbusinessinsights.com/about/featured/2014/2014–02–marine–nutraceuticals.shtml.

Zhao, Xianming, and Xiao Qiu (2018). Analysis of the biosynthetic process of fatty acids in thraustochytrium. *Biochimie*, vol. 144, pp. 108–114.

الفصل 24
الهيدرات البحرية - مسألة ناشئة محتملة

المساهمون: ألان سيمكوك (منظم الاجتماعات والعضو الرئيسي)؛ أنيندا مازومدار، وآرون ميكالف، وكاثرين سيغارا، وليونيد يورغانوف.

النقاط الرئيسية

- الهيدرات البحرية (هيدرات غاز الميثان أساساً) موجودة بصورة رئيسية في المنحدرات القارية حيث توجد كميات كبيرة من غاز الميثان في المحيط، وحيث يكون الضغط مرتفعا بما فيه الكفاية ودرجة الحرارة منخفضة بما فيه الكفاية.
- وقد أُعرب عن القلق إزاء المخاطر المناخية الناجمة عن الانبعاث المفاجئ لكميات كبيرة من الميثان من الهيدرات البحرية. ولكن هذه الفرضية لا تلقى تأييدا واسع النطاق في الوقت الراهن ولا تُذكَر في التقرير الخاص الصادر في الآونة الأخيرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ عن المحيطات والغلاف الجليدي في ظل مناخ متغير.
- وتحتضن مناطق تسرب الغاز في أعماق البحار المرتبطة بهيدرات الغاز تنوعا بيولوجيا غنيا جدا تغذيه البكتيريا المخلَّقة كيميائيا.
- ولاحظت الصين واليابان مؤخرا النجاحات الأولية التي تحققت في إنتاج الميثان من هيدرات الميثان البحرية.

1 – مقدمة

لم يتضمن التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017c) معلومات مفصلة عن الهيدرات البحرية. وأشار الموجز العام إلى أنها كانت من رواسب المياه العميقة التي كانت محط اهتمام مستمر، ولكنها لم تكن تُستَخرَج في ذلك الوقت.

وجاء في الفصل 21 من التقييم العالمي الأول أن الهيدرات البحرية تشكل مجالا محتملا لتطوير الطاقة في البحر في المستقبل، وورد تقدير لكمية الهيدرات البحرية وكميات الكربون التي تعادلها في جميع أنحاء العالم. وفي حين قد تكون الهيدرات مستودعا هائلا للهيدروكربونات، أشير في ذلك الفصل إلى أن إنتاج الميثان من الهيدرات لم يوثَّق خارج نطاق تجارب ميدانية صغيرة وأن زيادة تطوير الغاز الطبيعي في البر ستلقي بظلالها على الأرجح على أهميته بالنسبة إلى إمدادات الغاز على الصعيد العالمي.

وأشير في الفصل 35 من التقييم العالمي الأول إلى أنه نظرا إلى العلاقة الوثيقة بين نزّ الغاز في الحواف القارية والمناطق موضع الاهتمام في مجال استكشاف الموارد (النفط والغاز، وهيدرات الميثان)، فإن تقييم طبيعة التنوع البيولوجي الغني المرتبط بها ودوره في وظيفة النظام الإيكولوجي سيكون مهما قبل إمكانية حدوث تغييرات و/أو عمليات استخراج محتملة. ويناقَش هذا التنوع البيولوجي في الفصل 7 صاد من هذا التقييم المتعلق بالفتحات الحرارية المائية والنز البارد.

أما هذا الفصل فيهدف إلى تقديم تقييم أوفى لمصدر الهيدرات البحرية وتقدير مدى توافرها، وإمكاناتها كمصدر للطاقة، ومخاطرها على مناخ الأرض واستقرار المنحدرات والمجتمع.

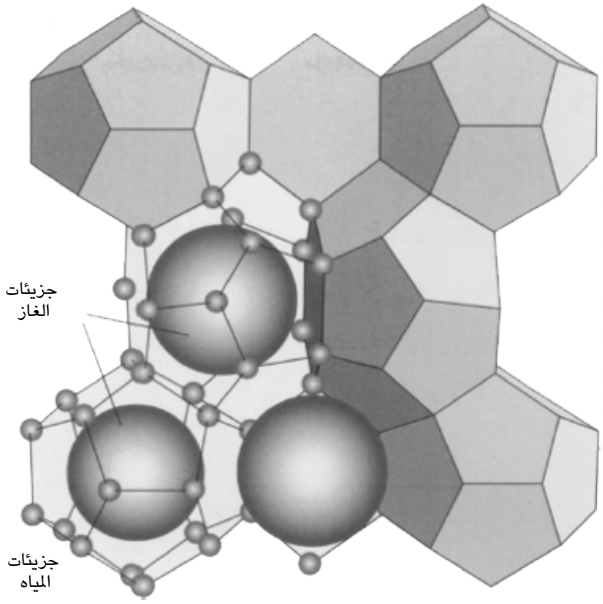
2 – ما هي الهيدرات البحرية؟

الهيدرات البحرية مادة صلبة بلورية تتكون من جزيئات الغاز الطبيعي المحصورة داخل قفص يشبه الجليد من جزيئات الماء. وأكثر أشكال الهيدرات البحرية انتشارا هي هيدرات الميثان التي تتكون من الصيغة الكيميائية $(CH4)_4(H2O)_{23}$، أو كسر جزئي واحد من الميثان لكل 5,75 كسرات جزئية من المياه، ما يقابل 13,4 في المائة

من الميثان في الكتلة (Maslin and others، 2010؛ Chou and others، 2000). وفي معظم الأحيان، يشار إلى الهيدرات البحرية بمصطلحي الكلاثرات البحرية أو كلاثرات الميثان (المشتقة من الكلمة اللاتينية clathri التي تعني الشبكية)، لأن جزيئات المياه تشكل شبكية تُحصَر فيها جزيئات الغاز. انظر الرسم التخطيطي لهيدرات الغاز في الشكل الأول.

الشكل الأول

البنية النموذجية لهيدرات الغاز، حيث تشكل جزيئات الماء المتصلة ببعضها البعض قفصا يحصر في داخله جزيئات الغاز، مثل الميثان.



المصدر: Maslin and others, 2010.

وتم التعرف على هيدرات الميثان لأول مرة في أواخر القرن التاسع عشر (Wróblewski, 1882؛ و Villard, 1894). وفي ثلاثينيات القرن الماضي، تم التعرف عليها في الطبيعة عندما تسبب تكوينها في سد خطوط أنابيب الغاز الطبيعي في الطقس البارد. وفي الخمسينيات، وُضِعَت نماذج نظرية لهيدرات الغاز، وفي الستينيات، أشار علماء روس، من بينهم فاسيلييف إلى وجود رواسب بحرية كبيرة في جميع أنحاء العالم (Vasiliev and others، 1970). وأكّد هذا الاستنتاج في أوائل السبعينيات باستخراج عينات من هيدرات الميثان من قاع البحر الأسود (Yefremova and Zhizhchenko, 1974). ومنذ ذلك الحين، كانت هناك عمليات استخراج مماثلة في جميع أنحاء العالم (انظر الشكل الثاني)، ووضعت بلدان، مثل ألمانيا والصين وكندا والهند والولايات المتحدة الأمريكية واليابان، برامج رئيسية لإجراء بحوث في مجال الهيدرات (Sloan and Koh, 2007؛ و Maslin and others, 2010؛ و Song and others, 2014).

2-1 - موقع ونطاق الهيدرات البحرية

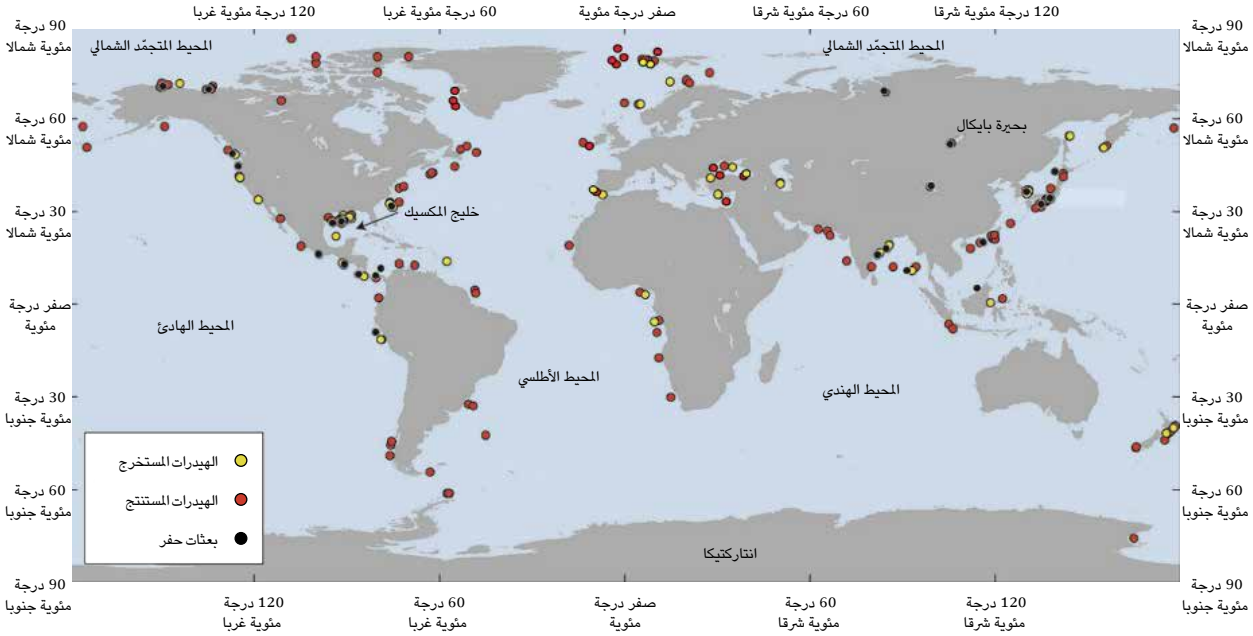
تتكوّن هيدرات الغاز في المناطق التي تتولد فيها كميات كبيرة من الغاز وتكون فيها درجات الحرارة منخفضة بشكل كافٍ والضغط مرتفعا بمقدار يكفي لتكون هذه المركبات وصونها. وتتكوّن الغالبية العظمى من هيدرات الغاز في هيئة هيدرات بحرية، في حين توجد منها نسبة تزيد قليلا عن 1 في المائة في التربة الصقيعية (Ruppel, 2015). ويتكون معظم الهيدرات البحرية من تراكم الميثان الناتج عن تردي المواد العضوية في الرواسب المدفونة. وتكون مكامن هيدرات الغاز (التي يكون سمكها في أغلب الأحيان عدة مئات من الأمتار) مغمورة في الرواسب (Milkov and Sassen, 2002؛ و Ruppel and Kessler, 2017). والسبب الرئيسي في تكوّن الهيدرات البحرية هو تدفق الغاز عبر الصدوع والقنوات في العمود الرسوبي ويمكن العثور عليها مكشوفة في قاع البحر.

ويتأثر توزيع الهيدرات البحرية بمجموعة عوامل تضم مصدر الغاز، وعمق المياه (عادة ما يكون أكثر من 500 متر، ولكن يتوقف على تكوين الغاز) ودرجة الحرارة (تدرج الحرارة الجوفية) لتثبيت الهيدرات ونفاذية الرواسب. والطريقة الأكثر شيوعا للاستدلال على وجود هيدرات الغاز هي بواسطة التحقيق السيزمي: الحدود بين هيدرات الغاز والرواسب الكامنة التي تحتوي على الغاز الحر تعكس أشكالا ذات تباين مقاومة سالبة تحاكي قاع البحر (عاكس محاكاة القاع) ويمكن تفسيرها لإظهار قاعدة منطقة استقرار هيدرات الغاز.

ويمكن أيضا أخذ عينات قاع البحر مباشرة من خلال العينات الأسطوانية أو بواسطة أجهزة أخرى لأخذ العينات، ولكن يتعين اتخاذ خطوات خاصة للحفاظ على استقرارها عند وصولها إلى السطح (Maslin and others, 2010). وتشير البيانات السيزمية إلى أن هيدرات الميثان توجد في رواسب المنحدر القاري، إلى جانب الرواسب الموجودة في المحيط المتجمد الشمالي في أعماق أقل، بسبب انخفاض درجة حرارة العمود المائي (Dillon and Max, 2012). ولا تتكوّن الهيدرات في وسط أحواض المحيطات حيث يكون النشوء الأحيائي للغاز منخفضا بسبب نقص المواد العضوية، وفي البحار الحافية حيث يكون ضغط قاع البحر أدنى. وتتكوّن الهيدرات أيضا في التربة الصقيعية في ألاسكا وسيبيريا وتحتها (Maslin and others, 2010). ويبين الشكل الثاني خريطة حديثة للمواقع المعروفة والمستدلّ عليها التي توجد فيها هيدرات الميثان.

الشكل الثاني

خريطة تبين المواقع التي استُخرِج منها هيدرات الغاز، حيث جرى الاستدلال على وجود هيدرات الغاز بناء على البيانات السيزمية، وحيث انتهت البعثات المعنية بالحفر للوصول إلى هيدرات الغاز في التربة الصقيعية أو البيئات البحرية العميقة، مما أدى أيضا إلى استخراج هيدرات الغاز



المصدر: Ruppel, 2018؛ تم تعديله ليعكس دراستي Ryu and others, 2013، و Minshull and others, 2020[1].
ملاحظة: الحدود والأسماء المبيَّنة في الخريطة، والعلامات المستخدمة فيهما، لا تعني أن الأمم المتحدة تقرها أو تقبلها رسميا.

ووجود الهيدرات البحرية مقيد بالظروف التي تتيح لها البقاء. فأولا، هناك حاجة إلى وجود مصدر للغاز، وهو بصورة عامة الميثان من أصل أحيائي، المشتق من تحلل المواد العضوية العالقة في رواسب قاع البحار، مما يؤدي إلى وجود الميثان بكميات أكبر مما هو قابل للذوبان في المياه المحيطة. وثانيا، يجب أن يكون هناك مزيج مناسب من الضغط المرتفع ودرجة الحرارة المنخفضة في قاع البحر. وفي مياه القطب الشمالي، حيث تكون درجة الحرارة منخفضة جدا، يمكن العثور على الضغط اللازم في أعماق سطحية تصل إلى 400 متر، وفقا لتكوين الغاز. وفي المياه الأكثر دفئا، يمكن أن يصل العمق اللازم إلى 1 000 متر. وثالثا، هناك حد أدنى لتكوّن الهيدرات

[1] يعرب فريق كتابة التقرير عن امتنانه للسيد شيبوزو أهانكو فاليريا على المساعدة التي قدمها في تحديث الخريطة.

البحرية: فحتى في المواقع التي يكون فيها الضغط مرتفعا، سيحدّ ارتفاع درجة الحرارة في الأعماق الواقعة تحت قاع البحر (تدرج الحرارية الجوفية) من استقرار الهيدرات البحرية في عمق يبلغ 600 1 متر تقريبا (Kvenvolden and Lorenson، 2011؛ و Maslin and others, 2010). ويمكن أن يشكل وجود هيدرات الميثان أيضا عازلا للغاز الحر، ولذلك تُحصَر كميات كبيرة من الميثان في الرواسب الموجودة تحتها (Hornbach and others, 2004).

وفي عامي 1988 و 1990، أشار تقديران مستقلان إلى أن إجمالي كمية الهيدرات في العالم تبلغ 21 × 10^{15} مترا مكعبا (MacDonald 1990؛ و Kvenolden 1999)، وهو ما أصبح وجهة نظر توافقت الآراء بشأنها. ولكن في عام 2011، استنادا إلى استعراض شامل للتقييمات الأخرى ونظرا إلى الدروس المستفادة من العديد من برامج الحفر، شمل التقدير 3 × 10^{15} مترا مكعبا من غاز الميثان في الموقع (حُسِبَ على أساس الحرارة والضغط المعياريين؛ Boswell and Collett, 2011). ويشبه ذلك الطرف الأدنى من النطاق (1 – 5 إلى 15 – 20 × 10^{15} مترا مكعبا) الذي حسبه ميلكوف (2004)، وأصغر بنحو 30 مرة من 1 × 10^{17} مترا مكعبا التي قدرها كلودا وساندلر (Klauda and Sandler, 2005). ولا يزال بعض الخبراء يؤيدون تقديرا أكبر (Kvenvolden, 2012). ويعادل النطاق الذي حدده ميلكوف نطاقا يتراوح بين 500 – 1 000 و 7 500 – 10 000 جيغاطن من الكربون (Maslin and others, 2010). وعلى سبيل المقارنة، قدرت مؤسسة الولايات المتحدة للمسح الجيولوجي في عام 2000 أن مجموع احتياطيات جميع أنواع الوقود الأحفوري الأخرى يضم 5 000 جيغاطن من الكربون (الفريق المعني بتقييم الطاقة على الصعيد العالمي التابع لوكالة المسح الجيولوجي للولايات المتحدة، 2000). وقد دعم العمل اللاحق الدعوة إلى إجراء مزيد من البحوث في الإجمالي العالمي من الهيدرات البحرية على أساس مناقشة واسعة النطاق في جمعية لندن الملكية في عام 2010 (Day and Maslin, 2010).

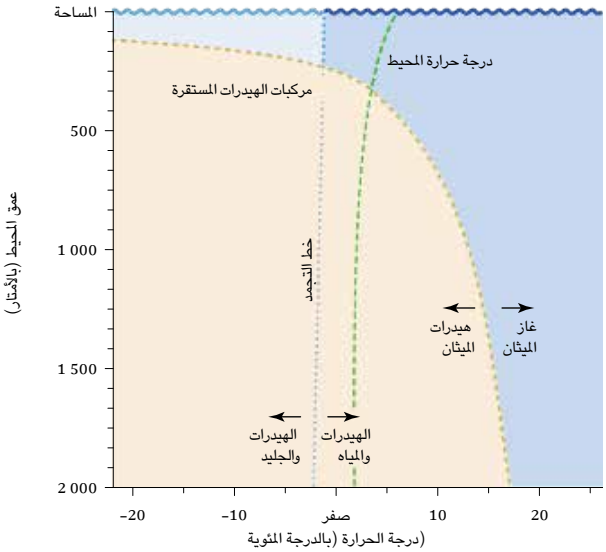
3 - المخاطر المحتملة الناشئة من هيدرات الميثان البحرية

3-1 - المخاطر المتعلقة بالغلاف الجوي

الميثان غاز قوي من غازات الدفيئة له قدرة على حبس الحرارة على مدى قرن من الزمن تفوق قدرة ثاني أكسيد الكربون بنحو 25 مرة وفقا لتقديرات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013). وتشير بعض الحسابات الأحدث عهدا إلى أن هذا العامل ينبغي أن يكون أعلى، ربما بنسبة تصل إلى 25 في المائة (Etminan and others, 2016). وخلال العقد 2008-2017، قُدّرت انبعاثات الميثان العالمية بنحو 0,572 جيغاطن من الميثان سنويا (Saunois and others, 2019). وأدى اعتماد استقرار هيدرات الغاز على درجة الحرارة والضغط، (ودرجة الحرارة أساسا انظر الشكل الثالث) إلى تصور بأن الاحترار العالمي يمكن أن يتسبب بانبعاثات كارثية للميثان من خزانات هيدرات الغاز (ما يسمى بفرضية مدفع هيدراتات الغاز) (Henriet and Mienert, 1998؛ و Hap, 1999). واقتُرِح أيضا إنشاء آلية مماثلة كسبيل لتفسير فترات الاحترار السريع خلال الحقب الرابع (Kennett and others, 2000؛ و Maslin and others, 2004). غير أن هذه الفرضية لا تحظى بتأييد واسع النطاق، والأدلة التجريبية غير حاسمة (Sowers, 2006؛ O'Hara, 2008).

الشكل الثالث

استقرار هيدرات الميثان



المصدر: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Undersea_methane_hydrate_phase_diagram.svg.

وخلص استعراض شامل أجري في الآونة الأخيرة للتفاعل بين تغير المناخ وبين هيدرات الميثان إلى أنه لا يوجد دليل حالي مستمدّ من الملاحظات يبيّن أن الميثان المشتق من الهيدرات يصل إلى الغلاف الجوي أو أن الكميات التي يمكن أن تصل إلى الغلاف الجوي كبيرة بما يكفي للتأثير على الميزان العام للميثان. وأشير فيه كذلك إلى أنه عند النظر فيما ينجم عن تفكك هيدرات الميثان البحرية من آثار محتملة على تدفق الميثان إلى الغلاف الجوي، من الضروري النظر في العمليات (الأحواض) التي من شأنها اعتراض الميثان قبل أن يصل إلى الغلاف الجوي: فقد يتفكك الميثان، عندما يتدفق عبر الرواسب، بفعل الأكسدة اللاهوائية التي تسببها الجراثيم. وبشكل عام، فالنتيجة و هي أن الميثان المتأتي من الهيدرات المتفككة لن يصل إلى الغلاف الجوي – فقد يتحلل في المياه الموجودة في الرواسب أو في العمود المائي، وقد يتفكك بشكل أكبر بسبب الأكسدة التي تحدثها الجراثيم في العمود المائي. ولكن هناك حاجة إلى مزيد من بيانات الرصد والنماذج الرقمية المعززة لتحديد خاصيات التفاعل بين الهيدرات والمناخ في المستقبل بشكل أفضل (Ruppel and Kessler, 2017).

ولذلك، فإن دور هيدرات الميثان في تغير المناخ في الوقت الحاضر والمستقبل غير واضح. فعوضا عن إحداث آثار كارثية مفاجئة، من الممكن أن يكون انبعاث الميثان قد حصل من الهيدرات البحرية نتيجة ارتفاع درجات حرارة المحيطات بطريقة تدريجية في الماضي وقد يحصل على مدى فترات زمنية تتكون من آلاف السنين أو أكثر (Archer, 2007؛ Archer and others, 2009).

ولكن المحيط المتجمد الشمالي يشهد احترارا بمعدل أسرع من بقية العالم (Larsen and others, 2014) وهناك أدلة على انبعاث غاز الميثان بشكل كبير فيه، والذي قد يأتي من مناطق مجاورة للشاطئ، والتربة الصقيعية المغمورة في الجرف السيبيري الشرقي من القطب الشمالي (Shakhova and others, 2014). ولكن يبدو أن التغيرات الموسمية التي تطرأ على المزيج الذي يتكون منه العمود المائي تمنع الميثان من الوصول إلى الغلاف الجوي خلال فصل الصيف (Yurganov and others, 2019).

وفي التقرير الخاص الأخير الذي أصدرته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بشأن المحيطات والغلاف الجليدي في مناخ متغير (IPCC, 2019) لم تذكر الهيئة الهيدرات البحرية إلا للإشارة (في الفصل 5 من التقرير)، من دون يقين قاطع، إلى أن ارتفاع درجات الحرارة في القاع أو تغير التيارات الدافئة في الحواف القارية قد يؤدي إلى تفكك هيدرات الغاز المدفون في الحواف، مما يمكن أن يؤدي إلى ازدياد الأكسدة اللاهوائية للميثان (الذي ينتج كبريتيد الهيدروجين) واتساع الغطاء المكون من مجموعات الميثان المتسرب.

3-2 – المخاطر المتعلقة باستقرار قاع البحر

عندما تكون هيدرات الغاز محصورة داخل الراوسب، وعندما يكون التشبع مرتفعا بما يكفي، يمكن أن تصبح هذه المركبات أشبه بالإسمنت فتؤدي إلى تراص قاع البحر واستقراره. ولكن إذا تشكلت هيدرات الغاز داخل الرواسب التي لم تتماسك بعد، فهي تحول دون الازدياد العادي في الرص الذي يحصل مع ارتفاع وزن الرواسب.

وإذا تزعزع استقرار هيدرات الغاز نتيجة انخفاض الضغط أو على وجه التحديد نتيجة ارتفاع درجة حرارة قاع البحر، فيمكن أن تتفكك. وفي حال حصول ذلك، قد تحصل انهيارات في المنحدرات البحرية (Maslin and others, 2010). ومن الحالات الجديرة بالذكر بشكل خاص والتي يُعتقد أن هيدرات الغاز كان لها دور فيها، الانهيار الذي حصل في ستوريغا قبالة وسط الساحل الغربي للنرويج منذ 8200 سنة تقريبا. وتشير الحسابات إلى أن حجم الانهيار بلغ 000 3 كيلومتر مكعب، وأسفر عن تسونامي ضرب النرويج وجزر فارو (الدانمرك) واسكتلندا وشمال إنكلترا (المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية)، حيث بلغ ارتفاع أمواج تسونامي 20 مترا. ورغم أن زلزالا ربما كان السبب المباشر لهذا الحدث، يبدو أن تفكك الهيدرات البحرية قد أسهم فيه بشكل كبير (Bondevik and others, 2005؛ و Bryn and others, 2005؛ و Micallef and others, 2009). وبصورة عامة، يبدو أن هناك توافقا في الآراء في الوقت الراهن مفاده أنه على الرغم من أن تفكك الهيدرات البحرية قد يساهم في حجم انهيارات المنحدرات الكبرى، ومن ثمَّ في أثرها، يوجد عادةً عامل محفّز منفصل قد يكون زلزالا أو ظاهرة جوية قصوى (Tappin, 2010).

4 - الهيدرات البحرية كمصدر للطاقة

الميثان، كغاز طبيعي، مصدر معروف للطاقة. وقد نفذت عدة بلدان برامج بحث كبيرة للنظر في إمكانيات استخدام الهيدرات البحرية كمصدر للغاز الطبيعي. ونظرا إلى افتقار الصين واليابان إلى الموارد الأرضية من الغاز الطبيعي، كانتا من الدول التي بذلت الحد الأقصى من الجهد في هذا الاستكشاف.

فقد أنشأت اليابان اتحادا للبحوث المتعلقة بموارد هيدرات الميثان(MH21)، في عام 2002 لاستكشاف وتطوير الطاقة من الهيدرات البحرية في بحارها. وضم الاتحاد المؤسسة الوطنية اليابانية للنفط والغاز والمعادن، والمعهد الوطني للعلوم والتكنولوجيا الصناعية المتقدمة، ورابطة التقدم الهندسي في اليابان. وتم التخطيط للعمل في ثلاث مراحل. فقد امتدت المرحلة الأولى من عام 2002 إلى عام 2008، وشملت التعاون مع عدد من الدول الأخرى، بما فيها ألمانيا وكندا والهند والولايات المتحدة الأمريكية. وكانت النتيجتان الرئيسيتان تحسين المعرفة بموارد الهيدرات البحرية في اليابان وإجراء اختبارين ناجحين لإنتاج هيدرات الميثان في البر أسفرا عن إنتاج حوالي 000 13 متر مكعب من الميثان. وفي المرحلة الثانية، من عام 2008 إلى عام 2015، أجرِي اختبار ناجح للإنتاج في البحر، وأعِدَّ تقييم للأثر البيئي، وأنجِز تقييم اقتصادي وتحقق ميداني. ولا تزال المرحلة الثالثة التي ينصب التركيز الرئيسي فيها على إنشاء منصة تقنية للاستغلال التجاري، قيد التنفيذ. وقد ازدادت أهمية هذا البرنامج منذ وقوع زلزال شرق اليابان العظيم في عام 2011، الذي أدى إلى وضع سياسة للحد من الاعتماد المقرر على الطاقة النووية (Oyama and Masutani, 2017). وفي إطار جهد تعاوني بين مختبر تكنولوجيا الطاقة الوطني التابع لوزارة الطاقة، وشركة النفط والغاز والمعادن الوطنية اليابانية، ودائرة المسح الجيولوجي في الولايات المتحدة، وشركة الموارد البتروتقنية في ألاسكا، بالتعاون مع أصحاب الحصص في صندوق عوائد خليج برودو (Prudhoe Bay)، جرت بنجاح عملية حفر بئر اختبارية لهيدرات الغاز الطبيعي بيّنت وجود خزانين من هيدرات الغاز المناسب للاختبار في المستقبل. وعُثِر على الخزانين في البئر في خلياج برودو على مستويي 300 2 قدم و 770 2 قدما تقريبا تحت السطح. ووفقا لدائرة المسح الجيولوجي في الولايات المتحدة، عُثِر على هيدرات الغاز التي تملأ ما بين 65 و 80 في المائة من المساحات، أو المسامية، بين حبات الرمل والطمي في الخزان العلوي الذي يتألف من تكوين صخري. وتتعاون اليابان أيضا مع الولايات المتحدة

لإجراء اختبارات إنتاج داخل وحدة خليج برودو في السنة المالية 2021–2022. وستساعد الخبرة المكتسبة في إطار هذا التعاون اليابان في سعيها نحو إجراء اختبارات تجريبية في السنة المالية 2027–2028.

وكان استكشاف الطاقة المتصل بهيدرات الميثان واسع النطاق في خليج المكسيك. ونُفِّذت المرحلة الأولى من المشروع المشترك لقطاع هيدرات الغاز في خليج المكسيك في 2005 لتطوير التكنولوجيا وجمع البيانات من أجل المساعدة في تحديد خصائص هيدرات الغاز الطبيعية المنشأ في المياه العميقة في خليج المكسيك. وكان الهدف الرئيسي للبرنامج فهم تأثير استغلال الهيدرات على استقرار قاع البحار وتغير المناخ إلى جانب تقييم إمكانيات هيدرات الميثان كمصدر محتمل للطاقة في المستقبل. وشارك في المشروع شركات شيفرون، وكونوكو فيليبس، وتوتال، وشلمبرجر، وهاليبرتون، وريلاينس إندستريز، وشركة اليابان الوطنية للنفط والغاز والمعادن، ودائرة إدارة المعادن في الولايات المتحدة، بالتعاون مع معهد جورجيا للتكنولوجيا وجامعة رايس وهيئة المسح الجيولوجي في الولايات المتحدة. وكشف التحقيق (Ruppel et al 2008) أن الحفر للعثور على هيدرات الغاز في الرواسب المؤلفة من الحبيبات الدقيقة يمكن تنفيذه بأمان من دون تصدع قاع البحر المتوقع جصوله بسبب تفكك الهيدرات. وأظهرت النتائج أيضا أهمية تدفق الغاز المركّز من خلال مناطق نفاذية محلية مثل كتلة الرمل أو الكسور في تكوين رواسب الهيدرات ذات نطاق جانبي محدود للغاية. وشددت النتائج أيضا على الأهمية الأقل نسبيا لسمات قاع البحر، مثل الأكوام والهيدرات، في تحديد مواقع أخذ العينات الجوفية في الخزانات الأكبر في الأعماق السحيقة. ونفذت عمليات أخذ العينات الجوفية والحفرومد الخطوط السلكية في أعماق مائية تفوق 500 متر وصولا إلى عمق يتراوح بين 200 و 459 مترا تحت قاع البحر. وفي إطار المرحلة الثانية من المشروع المشترك لقطاع هيدرات الغاز في خليج المكسيك التي جرت في عام 2009، كان الهدف الأساسي هو جمع بيانات الجس أثناء الحفر المستمدة من خزانات الرمال الحاملة لهيدرات الغاز المتوقع أن تكون موجودة في سبعة آبار في ثلاثة مواقع بخليج المكسيك. وتشير نتائج المرحلة الثانية إلى أن الرمال الحاملة لهيدرات الغاز العالية التشبع والخالية من الغازات الحرة المحبوسة مأمونة بالنسبة للاستغلال لأنها لا تثير مخاطر أثناء الحفر. ويُثبت اكتشاف رمال سميكة تحمل الهيدرات في وولكر ريدج (Walker Ridge) وغرين كانيون (Green Canyon) النهج الجيولوجي والجيوفيزيائي المتكامل المستخدم في عملية اختيار المواقع قبل الحفر، ويوفر مزيدا من الثقة في تقييم أحجام هيدرات الغاز في خليج المكسيك والأحواض الرسوبية البحرية الأخرى.

ونفذ البرنامج الوطني الهندي لهيدرات الغاز البعثة الثانية على متن سفينة الحفر تشيكيو (Chikyu) في الفترة بين آذار/مارس وتموز/يوليه 2015 في المياه العميقة لحوض كريشنا – غودافاري (Krishna–Godavari) بالتعاون مع الوكالة اليابانية لعلوم وتكنولوجيا البحار والأرض وهيئة المسح الجيولوجي في الولايات المتحدة. وهدفت البعثة إلى التأكد من وجود خزانات رملية حاملة للهيدرات تم تحديدها بواسطة البيانات السيزمية وحساب الاحتياطيات استنادا إلى النسبة المئوية لتشبع الهيدرات وأبعاد الكتل الرملية. وأجريت عمليات أخذ عينات جوفية اسطوانية بواسطة الضغط، والجس أثناء الحفر، والجس السلكي، واختبار التكوين كجزء من البرنامج. وأكدت البعثة (Collett and others, 2019) النموذج الذي كان متوقعا وهو النموذج الترسبي المترابط بين الأحواض والمنحدرات مع سحنات حواجز القنوات الغنية بالرمل المشبعة بهيدرات الميثان في حوض كريشنا – غودافاري. وقد وفرت المعلومات النفطية الفيزيائية المفصلة على نحو استثنائي التي تم الحصول عليها من خلال عمليات الجس أثناء الحفر والآبار الثقبية القريبة من بعضها البعض في المنطقة باء لتراكم هيدرات الغاز في مركز التنقيب L1، إحدى المعاينات البتروفيزيائية الثلاثية الأبعاد الأكثر اكتمالا لأي نظام معروف لخزانات هيدرات الغاز في العالم.

وقد حُدِّدَت هيدرات الميثان كمصدر جديد محتمل للغاز في الصين، ويُعتقَد أن بحر الصين الجنوبي يحتوي على بعض من أكثر الرواسب الواعدة في العالم.

وفي الصين، أجرى عدد كبير من المؤسسات تحقيقات في إمكانية استخدام الهيدرات البحرية كمصدر للطاقة، ولا سيما التكنولوجيا التي ستكون ضرورية لاستخراجها. وتشمل الطرق التي تم النظر فيها تقليل الضغط والتحفيز الحراري. وركزت البحوث أيضا على أمن الرواسب الحاملة لهيدرات الميثان أثناء إنتاج الغاز والأثر البيئي المتصل بذلك (Song and others, 2014). وأجرت مؤسسة المسوح الجيولوجية الصينية أول اختبار إنتاج واستخرجت 309 000 متر مكعب من الميثان من الهيدرات البحرية في منطقة شينهو في بحر الصين الجنوبي بين 10 أيار/مايو و 9 تموز/يوليه 2017 (Li and others, 2018). واستخرجت الصين 861 400 متر مكعب من الغاز الطبيعي من هيدرات الميثان، المعروفة باسم "الجليد القابل للاشتعال"، خلال عملية إنتاج تجريبية دامت شهرا في بحر الصين الجنوبي، أتت في أعقاب أول استخراج تجريبي للغاز في الصين من هيدرات الميثان في عام 2017، تم خلاله إنتاج ما مجموعه 309 000 متر مكعب من الغاز الطبيعي في فترة 60 يوما.

5 - الفجوات الرئيسية في مجالي المعارف وبناء القدرات

هناك فجوات واضحة في المعارف المتعلقة بالتوزيع العالمي لرواسب هيدرات الميثان وحجمها. وتبين الخريطة الواردة في الشكل الثاني أن تقييمات وجود هيدرات الغاز، في معظم أنحاء العالم، تستند إلى حد كبير إلى الاستقراء، عوضا عن المراقبة المباشرة. وفي السياق نفسه، تستند تقديرات الكميات الشاملة من الهيدرات الموجودة، إلى حد كبير، إلى التقديرات المتعلقة بحجم منطقة استقرار هيدرات الميثان، بغض النظر عن الأدلة على وجود الغاز الذي يتيح تكوين الهيدرات أو عدم وجوده. وكذلك، تم إلى حد كبير تجاهل تشكّل الميثان غير الحيوي المنشأ عن طريق تحول قشرة المحيط إلى سربنتين، وهي عملية رئيسية تحصل في المحيط. وقد نُشر أخيرا استعراض حديث لهيدرات الغاز في أوروبا (Minshull and others, 2020) ولكن لا يوجد حتى الآن استعراض محدث على المستوى العالمي.

وهناك أيضا فجوات كبيرة في فهمنا لكيفية تصرف هيدرات الميثان في ظروف متغيرة، وخاصة عند تغير درجة حرارة المحيطات، والطريقة التي قد تتفكك بها هيدرات الميثان وكيفية تصرف غاز الميثان المنبعث بعد ذلك، وآثاره على المناخ و استقرار المنحدرات. وبالإضافة إلى ذلك، يبقى تحديد ما إذا كانت أكسدة الميثان المنبعث من قاع البحر، الذي يفترض أن يكون مصدر جزء منها الهيدرات المتفككة، تسهم إسهاما كبيرا في تحمض المحيطات. وقد تكون هذه الفجوات المعرفية كبيرة جدا فيما يتعلق بانبعاث الميثان الموجود في المحيطات إلى الغلاف الجوي والأثر الناجم عن ذلك المتصل بكون الميثان غازا من غازات الدفيئة على الرغم من الرأي السائد الذي يفيد بأن هذه الإمكانية محدودة (انظر الفرع 4 أعلاه).

ومن الواضح أنه يجري في الصين واليابان وأماكن أخرى تطوير القدرات من أجل الوصول إلى الميثان المخزن كهيدرات بحرية. وفي الوقت الراهن، توجد هذه القدرات في مرحلة التجريب أو الاختبار ولكن يمكن أن تصبح مهمة بالنسبة إلى الدول التي لديها إمكانية وصول محدودة إلى الغاز الطبيعي.

6 - آفاق المستقبل

بناء على ما تقدّم، تعتمد التوقعات إلى حد كبير على الطلب على الغاز الطبيعي في سياق خفض استهلاك الفحم وغيره من أنواع الوقود الأحفوري، وعلى نجاح التجارب في الوصول إلى هيدرات الميثان، ومواصلة تحديد مواقع رواسب هيدرات الميثان الكبيرة التي قد تبرر استغلالها.

المراجع

Archer, D. (2007). Methane hydrate stability and anthropogenic climate change. *Biogeosciences*, vol. 4, No. 4, pp. 521–544. https://doi.org/10.5194/bg-4-521-2007.

Archer, D., and others (2009). Ocean methane hydrates as a slow tipping point in the global carbon cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 106, No. 49, pp. 20596–20601.

Bondevik, Stein, and others (2005). The Storegga slide tsunami: comparing field observations with numerical simulations. *Ormen Lange: an Integrated Study for the Safe Development of a Deep-Water Gas Field within the Storegga Slide Complex, NE Atlantic Continental Margin*, vol. 22, No. 1, pp. 195–208. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2004.10.003.

Boswell, Ray, and Timothy S. Collett (2011). Current perspectives on gas hydrate resources. *Energy and Environmental Science*, vol. 4, No. 4, pp. 1206–1215.

Bryn, Petter, and others (2005). Explaining the Storegga slide. *Marine and Petroleum Geology*, vol. 22, Nos. 1–2, pp. 11–19.

Chou, I-Ming, and others (2000). Transformations in methane hydrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 97, No. 25, pp. 13484–13487.

Collett, T.S., and others (2019). India National Gas Hydrate Program Expedition 02: Summary of Scientific Results: gas hydrate systems along the eastern continental margin of India, *Marine and Petroleum Geology*, vol. 108, pp. 39–142.

Day, S.J., and M. Maslin (2010). Gas hydrates: a hazard for the twenty-first century? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 368, No. 1919, pp. 2579–2583.

Dillon, William, and Michael Max, (2012). Oceanic gas hydrate. In *Natural Gas Hydrate: in oceanic and permafrost environments*, M. Max, ed. Berlin: Springer Science and Business Media.

Etminan, M., and others (2016). Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: a significant revision of the methane radiative forcing. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, No. 24, pp. 12614–12623. https://doi.org/10.1002/2016GL071930.

Haq, Bilal U. (1999). Methane in the deep blue sea. *Science*, vol. 285, No. 5427, pp. 543–544.

Henriet, J.-P., and J. Mienert (1998). Gas hydrates: the Gent debates. outlook on research horizons and strategies. *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 137, No. 1, pp. 1–8. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1998.137.01.01.

Hornbach, Matthew J., and others (2004). Critically pressured free-gas reservoirs below gas-hydrate provinces. *Nature*, vol. 427, No. 6970, pp. 142–144.

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 Change*. Thomas F. Stocker and others, eds. Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2019). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Geneva.

Kennett, James P., and others (2000). Carbon isotopic evidence for methane hydrate instability during Quaternary interstadials. *Science*, vol. 288, No. 5463, pp. 128–133.

Klauda, Jeffery B., and Stanley I. Sandler (2005). Global distribution of methane hydrate in ocean sediment. *Energy and Fuels*, vol. 19, No. 2, pp. 459–70. https://doi.org/10.1021/ef049798o.

Kvenvolden, Keith A. (1999). Potential effects of gas hydrate on human welfare. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 96, No .7, pp. 3420–3426.

_____(2012). Natural gas hydrate: background and history of discovery. In *Natural Gas Hydrate: in oceanic and pPermafrost environments*, Michael D. Max, ed. Berlin: Springer Science and Business Media. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4387-5_2.

Kvenvolden, Keith A., and Thomas D. Lorenson (2001). The global occurrence of natural gas hydrate. In *Natural Gas Hydrates: occurrence, distribution, and detection*, C. Paull and W. Dillon, eds., pp. 3–18. Washington, D.C.: American Geophysical Society. https://doi.org/10.1029/GM124p0003.

Larsen, J.N., and others (2014). Polar regions. 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*, V.R. Barros and others, eds., pp. 1567–1612. Cambridge: Cambridge University Press.

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.

MacDonald, Gordon J. (1990). Role of methane clathrates in past and future climates. *Climatic Change*, vol. 16, No. 3, pp. 247–281.

Maslin, Mark, and others (2004). Linking continental-slope failures and climate change: testing the clathrate gun hypothesis. *Geology*, vol. 32, No. 1, pp. 53–56.

Maslin, Mark, and others (2010). Gas hydrates: past and future geohazard? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 368, No. 1919, pp. 2369–2393.

Micallef, Aaron, and others (2009). Development and mass movement processes of the north-eastern Storegga slide. *Quaternary Science Reviews*, vol. 28, Nos. 5–6, pp. 433–448.

Milkov, Alexei V. (2004). Global estimates of hydrate-bound gas in marine sediments: how much is really out there? *Earth-Science Reviews*, vol. 66, Nos. 3–4, pp. 183–197.

Milkov, Alexei V., and Roger Sassen (2002). Economic geology of offshore gas hydrate accumulations and provinces. *Marine and Petroleum Geology*, vol. 19, No. 1, pp. 1–11.

Minshull, Timothy, and others (2020). Hydrate occurrence in Europe: a review of available evidence, *Marine and Petroleum Geology*, vol. 111, pp. 1–11.

O'Hara, Kieran D. (2008). A model for late Quaternary methane ice core signals: wetlands versus a shallow marine source. *Geophysical Research Letters*, vol. 35, No. 2.

Oyama, Ai, and Stephen Masutani (2017). Review of the Methane Hydrate Program in Japan, *Energies*, vol. 10, pp. 1447–1460.

Ruppel, Carolyn (2015). Permafrost-associated gas hydrate: is it really approximately 1% of the global system? *Journal of Chemical and Engineering Data*, vol. 60, No. 2, pp. 429–436.

_____(2018). The U.S. Geological Survey's Gas Hydrates Project. Report 2017–3079. Fact Sheet. Reston, Virginia. USGS Publications Warehouse. https://doi.org/10.3133/fs20173079.

Ruppel, Carolyn, and John D. Kessler (2017). The interaction of climate change and methane hydrates. *Reviews of Geophysics*, vol. 55, No. 1, pp. 126–168.

Ryu, Byong-Jae, and others (2013). Scientific results of the Second Gas Hydrate Drilling Expedition in the Ulleung Basin (UBGH2), *Marine and Petroleum Geology*, vol. 47, pp. 1–20.

Saunois, Marielle, and others (2019). The global methane budget 2000–2017. *Earth System Science Data*.

Shakhova, Natalia, and others (2014). Ebullition and storm-induced methane release from the East Siberian Arctic Shelf. *Nature Geoscience*, vol. 7, No. 1, pp. 64–70.

Sloan, E. Dendy, Jr., and Carolyn Koh (2007). *Clathrate Hydrates of Natural Gases* (3rd edition), CRC Press, Boca Raton, Florida, United States of America.

Song, Yongchen, and others (2014). The status of natural gas hydrate research in China: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 31, pp. 778–791.

Sowers, Todd (2006). Late quaternary atmospheric CH_4 isotope record suggests marine clathrates are stable. *Science*, vol. 311, No. 5762, pp. 838–840.

Tappin, D.R. (2010). Submarine mass failures as tsunami sources: their climate control. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 368, No. 1919, pp. 2417–2434.

United Nations (2017a). Chapter 21: Offshore hydrocarbon industries. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

_____(2017b). Chapter 35: Extent of assessment of marine biological diversity. 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.

United States Geological Survey (USGS) (2019). *Map of Gas Hydrates*. www.usgs.gov/media/images/map-gas-hydrates.

United States Geological Survey World Energy Assessment Team (2000). *US Geological Survey World Petroleum Assessment 2000: Description and Results*. USGS Digital Data Series DDS-60. US Geological Survey.

Vasiliev, V.G., and others (1970). The property of natural gases to occur in the earth crust in a solid state and to form gas hydrate deposits. *Otkrytiya v SSSR*, vol. 1969, pp. 15–17.

Villard, M.P. (1894). Sur l'hydrate carbonique et la composition des hydrates de gaz. *Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences*, vol. 119, pp. 368–371.

Wróblewski, Zygmunt Florenty (1882). Sur la combinaison de l'acide carbonique et de l'eau. *Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences*, vol. 94, pp. 212–213.

Yefremova, A.G., and B.P. Zhizhchenko (1974). Occurrence of crystal hydrates of gases in the sediments of modern marine basins. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, vol. 214, No. 5, pp. 1179–1181.

Yurganov, Leonid, and others (2019). Methane increase over the Barents and Kara seas after the autumn pycnocline breakdown: satellite observations. *Advances in Polar Science*, vol. 30, pp. 82–390.

الفصل 25
الآثار التراكمية

المساهمون: كارِن أفينز (منظمة الاجتماعات والعضو الرئيسي)؛ رولاند كورمير، وبيرس دونستان، وإليزابيث فولتون، ويورن شميدت (عضو رئيسي مشارك)، وفانيسا ستيلزنمولر، وكا ثان فو (عضو رئيسي مشارك)، وسكيبتون وولي.

النقاط الرئيسية

- تؤدي الضغوط المتزايدة على البيئات البحرية من مصادر متعددة إلى فقدان التنوع البيولوجي، وتلف الموائل وتجزؤها، وظهور الأمراض.
- ويتطلب التنفيذ الفعال للإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية تقديرا لكيفية تفاعل الأنشطة البشرية والأحداث الطبيعية وتأثيرها على مختلف مكونات النظام الإيكولوجي ووظائفها، ومدى هذا التفاعل والتأثير. ويتطلب أيضا تحديد الحلول لمنع وتخفيف الضغوط الناجمة عن هذه التفاعلات.
- وعلى مدى العقدين الماضيين، أُعِدَّت أطر عديدة لتقييم هذه التفاعلات، المعروفة بالآثار التراكمية. وقد استخدمت هذه الأطر نُهجا ومصطلحات مختلفة، وطبقت على مستويات مختلفة.
- ورغم أن النهج المتبعة تختلف، فإن تقييمات الآثار التراكمية التي أجريت حتى الآن، انطوت في معظمها على ثلاث خطوات رئيسية: (أ) جمع معلومات عن كثافة وبصمة الأنشطة التي قد تؤثر على النظم الإيكولوجية البحرية؛ (ب) تحديد الاستجابات المتعلقة بمكونات النظام الإيكولوجي؛ (ج) تحديد التدابير الإدارية التي يمكن تطبيقها استجابة لذلك.
- وعلى الرغم من زيادة استخدام التقييمات، فإن المناطق الواقعة خارج أوروبا وأمريكا الشمالية تفتقر إلى حد كبير إلى التقييمات التي تركز على مناطق أو مجالات أو قيم معينة والتي تتبع الخطوات العامة نفسها المبينة أعلاه.
- ويبين الانحياز الجغرافي في تنفيذ تقييمات الآثار التراكمية الفجوات الواضحة في المعارف والقدرات، والحاجة إلى وضع نُهج تتسم بما يلي: (أ) يمكن تنفيذها في المناطق التي تكون فيها البيانات قليلة؛ (ب) يسهل تنفيذها؛ (ج) تولّد نواتج يمكن فهمها بسهولة وترجمتها إلى عمليات صنع القرارات، ولا سيما في البلدان النامية.

1 - مقدمة

تتعرض البيئة البحرية حاليا لعدد من الضغوط كثيرة ينجم العديد منها عن الأنشطة البشرية. وتشمل هذه الضغوط تغير المناخ، واستخراج الموارد، والتلوث (من المصادر البرية والبحرية) والأنواع المُغيرة، مما يؤدي إلى فقدان التنوع البيولوجي، وتلف الموائل وتجزؤها، وظهور الأمراض (Evans and others, 2017، مثلا). وتهدف الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية إلى إرساء توازن بين الأنشطة البشرية والإشراف البيئي من أجل الحفاظ على خصائص النظام الإيكولوجي ووظائفه وخدماته[1]. ويتطلب ذلك تقييم كيفية تفاعل الأنشطة البشرية والأحداث الطبيعية وتأثيرها على مكونات النظام الإيكولوجي ووظائفها، ومدى هذا التفاعل والتأثير. ويتطلب أيضا تحديد الحلول لمنع و تخفيف الضغوط الناجمة عن هذه التفاعلات (Halpern and others, 2008؛ و Levin and others, 2009، و Ban and others, 2010؛ و Curtin and Prellezo, 2010). ويُطلَق على هذه التفاعلات مصطلح cumulative impacts أو cumulative effects.

ويُستخدم مصطلحا cumulative impacts (التأثيرات التراكمية) و cumulative effects (الآثار التراكمية) في أغلب الأحيان كمترادفين لوصف كيفية تأثير الضغوط على النظم الإيكولوجية. فاستخدام لغة موحدة أمر

[1] انظر أيضا الفصل 26 للاطلاع على لمحة عامة عن التقييمات المرتبطة بتخطيط الحيز البحري، والفصل 27 للاطلاع على لمحة عامة عن نُهج الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية.

أساسي لنقل المعارف ونُهج التقييم والخبرات فيما بين الإدارات والجهات صاحبة المصلحة والمنظمات. وقد حُدِّد تفضيل لاستخدام مصطلح "cumulative effects" (الآثار التراكمية)، مع ملاحظة أن impacts (التأثيرات) مفترضة، ولم تُلاحظ أو تُعزَ إلى أي سبب بصورة مباشرة (Murray and others, 2015). ولأغراض الاتساق، يستخدم مصطلح "cumulative effects" (الآثار التراكمية) في هذا الفصل. فلا يوجد حتى الآن تعريف مقبول عالميا لمصطلحي cumulative effects و cumulative impacts، حيث تختلف التعاريف الواردة في المؤلفات باختلاف الأمر الذي قد يكون قيد التقييم والسياق الذي يجري فيه التقييم (Anthony, 2016؛ و Spaling and Smit, 1993؛ و Hegmann and others, 1999؛ و Halpern and others, 2008؛ و Johnson, 2016؛ و Uthicke and others, 2016، مثلا). ويتبع هذا الفصل الفرضية القائلة بأن الآثار يمكن تعريفها بأنها تغير في البيئة، بما في ذلك مكوناتها البشرية، في حين تمثل impacts (التأثيرات) عواقب هذا التغير (Johnson, 2016).

وثمة أربعة أنواع عامة من الآثار التراكمية هي: الإضافية، والتآزرية، والمضادة (تعويضية)، والحُجُبية (Sonntag and others, 1987؛ و Hegmann and others, 1999؛ و Crain and others, 2008؛ و Halpern and others 2008؛ و). والآثار الإضافية هي إضافات تدرجية إلى الضغوط الناجمة عن الأنشطة، حيث تنضاف كل زيادة إلى سابقاتها مع مرور الوقت. أما الآثار التآزرية، التي يشار إليها أيضا بالآثار المتعاظمة أو الأسية، فهي تضخم العواقب الناجمة عن فرادى الضغوط لإحداث عواقب مشتركة تفوق الأثر الإضافي. وتحدث الآثار المضادة أو التعويضية عواقب مشتركة أقل من الأثر الإضافي. وينتج عن الآثار الحجبية أساسا العواقب نفسها فيما يتعلق بالنظام الإيكولوجي أو العنصر الاجتماعي كما هي الحال فيما يتعلق بالتعرض لضغط واحد فقط من الضغوط. وقد تنجم التأثيرات التي يمكن اعتبارها تراكمية عن نشاط واحد يحدث ضغطا واحدا بشكل متكرر، أو نشاط واحد يحدث ضغوطا متعددة، أو أنشطة متعددة تحدث ضغطا واحدا، أو أنشطة متعددة تحدث ضغوطا متعددة مع مرور الزمن (Foley and others, 2017).

ولم يدرج موضوع تقييمات الآثار التراكمية في التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017a)، رغم أنه جرى النظر في مجموعة العوامل التي تؤثر في خدمات النظم الإيكولوجية في كل فصل من فصوله الإقليمية، وقُدِّم موجز للضغوط التي تؤثر على البيئة البحرية في الفصل 54 (United Nations, 2017b). بيد أنه لم يتضمن الفصل 54 أي محاولة لإجراء تقييم للآثار التراكمية الناجمة عن هذه الضغوط، ولم يحدد الأطر التي يمكن أن تُجرى فيها هذه التقييمات. ولذلك، يقدم هذا الفصل لمحة عامة عن العناصر الرئيسية لتقييم الآثار التراكمية، ويقدم لمحة عامة عن النُهج ونتائجها، بما في ذلك عدة أمثلة إقليمية عن النهج المتبعة بالتفصيل. والهدف من هذه اللمحة العامة هو توفير خط أساس لتنوع النُهج واستخدامها يمكن الاستعانة به لإحداث تغييرات في النهج والتطبيقات في التقييمات العالمية مستقبلا.

2 - عمليات تقييم الآثار التراكمية

على مدى العقدين الماضيين، وُضِعَت أطر عديدة لتقييم الآثار التراكمية على البيئة باستخدام نهج ومصطلحات مختلفة (Stelzenmüller and others, 2018). كذلك، تباينت محاور تركيزها، فقد أخذ بعضها بنهج يشمل المنظومة بأكملها، حيث يتضمن التقييم جميع عوامل الإجهاد القائمة وآثارها على المكونات العامة للبيئة البحرية. وركز بعضها الآخر على عوامل الإجهاد الفريدة والأنواع أو الموائل الفريدة (Korpinen and

others, 2012؛ و Marcotte and others, 2015؛ و Coll and others, 2016). ومن بين 154 دراسة استعرضها شتيلزنمولر وآخرون (Stelzenmüller and others, 2018)، حُدِّدَت عدة استنتاجات رئيسية بشأن مختلف النهج المستخدمة، بما فيها: (أ) معارف الخبراء والبيانات النوعية تُستَخدَم بشكل متقطع أو معتدل في التقييمات؛ (ب) استخدام نظم المعلومات الجغرافية يكاد يكون شرطا مسبقا للتقييم؛ (ج) هناك ثغرات كبيرة في معالجة أوجه عدم اليقين في عناصر كل تقييم من التقييمات؛ (د) اللجوء المتزايد إلى وضع أساليب متكاملة جديدة، مثل الجمع بين البيانات النوعية والنمذجة النوعية لتقييم حالة النظام الإيكولوجي وضغوطه، بغية استخدامها في التقييمات.

ورغم أن النهُج قد تختلف، تم تحديد عدة عناصر مشتركة ينبغي إدراجها في تقييمات الآثار التراكمية الرامية إلى تقديم المشورة للإدارة والتخطيط (Halpern and others, 2008؛ و Kappel and others, 2012؛ و International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2019). ويمكن تصنيف هذه العناصر على نطاق واسع من حيث المعلومات المتعلقة بالأنشطة التي تؤدي إلى ضغوط قد تؤثر على النظم الإيكولوجية البحرية، والمعلومات المتعلقة بالتدابير التي يمكن تنفيذها لإدارة تلك الأنشطة، ومن ثمّ إدارة الضغوط، واستجابات مكونات النظام الإيكولوجي التي تعتمد بدورها على قدرتها على الصمود وقدرتها على التعافي من الضغوط التي تتعرض لها.

وتستند العملية المستخدمة حتى الآن لإجراء تقييم الآثار التراكمية أساسا إلى عملية مسح تشتمل على دراسة البصمة المكانية والزمانية لضغط واحد أو أكثر (بما في ذلك تواتر ذلك النشاط وما يرتبط به من ضغوط كمقياس للكثافة) فيما يتعلق بمكونات النظام الإيكولوجي البحري التي تتأثر أو قد تتأثر بالضغوط (Elliott and others, 2020). ويتمّ النظر كذلك، في إطار هذه العملية، في مدى هشاشة مكونات النظام الإيكولوجي أو المخاطر التي تتعرض لها (بما في ذلك حساسيتها)، مع مراعاة أي تدابير إدارية قد تكون قائمة. ويتيح ذلك تحديد الضغوط المتبقية بعد وضع الإدارة في الاعتبار، وحساب مقياس الأثر التراكمي المتوقع (Halpern and others, 2008؛ و Kappel and others, 2012؛ و ICES, 2019). وتُحَدَّد مختلف عناصر المعلومات هذه في الشكل الأول. ويحدد ترابط وعدم تجانس مكونات ووظائف وعمليات النظم الإيكولوجية وأوجه عدم اليقين في العمليات البيوفيزيائية، إلى جانب تباين مستويات كثافة الأنشطة التي تؤثر على البيئة، مدى تعقيد تقييم الآثار التراكمية.

وفيما يلي ترد الخطوات الوظيفية الرئيسية لتقييم الآثار التراكمية:

1 - تعريف قيم النظام البحري الذي يجري تقييمه

تتمثل الخطوة الأولى من التقييم في تحديد القيم الهامّة في موقع التقييم وتوزيعها على النطاق المكاني الزمني داخل منطقة التقييم. وقد تكون القيم ذات طبيعة إيكولوجية أو اجتماعية أو اقتصادية أو ثقافية.

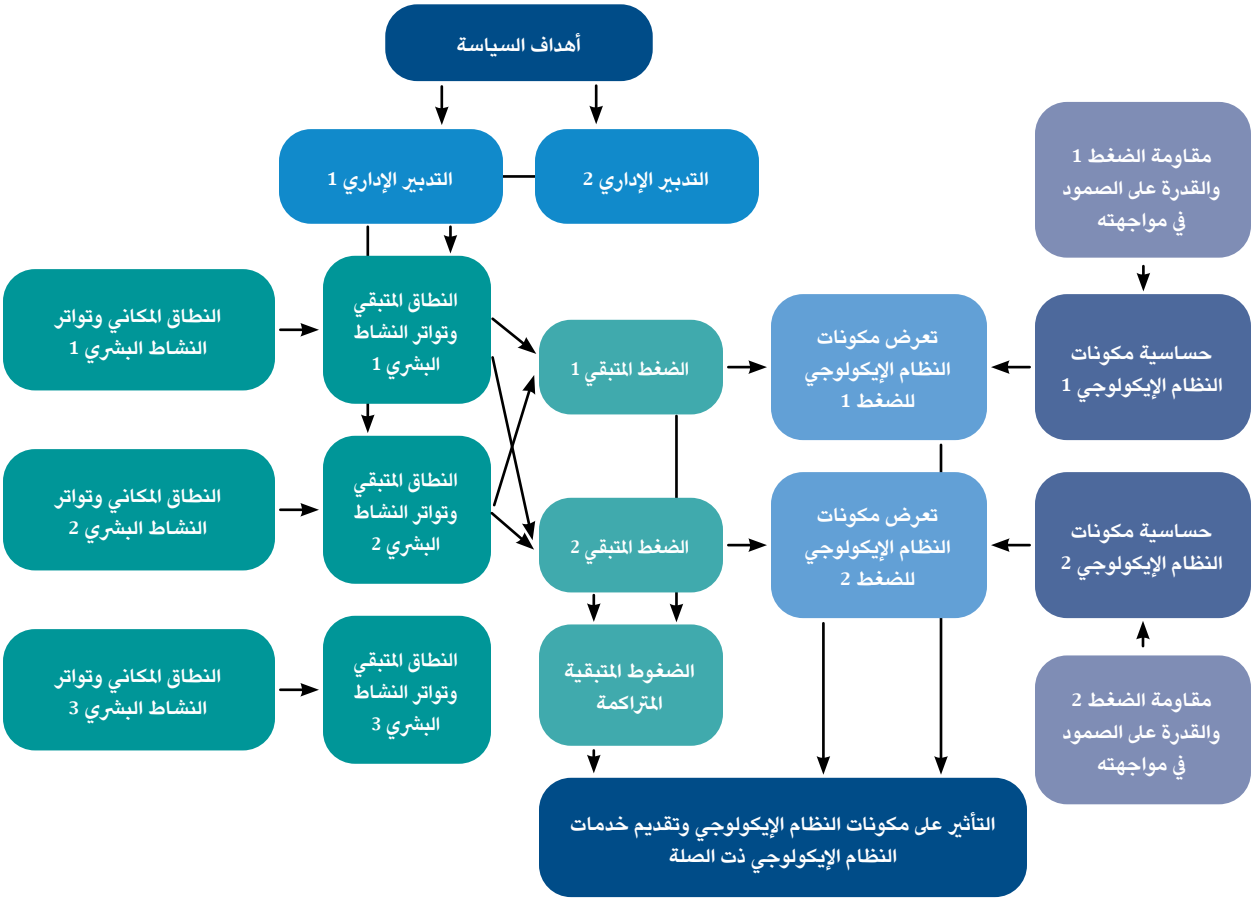
2 - تعريف الأنشطة التي تضع ضغوطا على النظام البحري (عوامل الإجهاد)

ينطوي تحديد تعبير ملموس عن الآثار التراكمية المحتملة على تأكيد أن قيمة النظام والضغط يتفاعلان بالفعل. فلا بد من تحديد الاضطرابات والأنشطة التي يحتمل أن تتسبب في ضغوط على النظام البحري في منطقة التقييم، وتحديد طبيعة الضغوط (على سبيل المثال، مباشر، وغير مباشر، ومستمر، ونبضي) وقياسها كمياعلى النطاق المكاني والزمني. ويشكل ذلك عاملا رئيسيا في تقييمات الآثار التراكمية. فالعديد من الأنشطة أو الاضطرابات التي تتركز في منطقة صغيرة على مدى فترة قصيرة يمكن أن تؤدي إلى ضغوط أو عوامل إجهاد تتراكم بسبب أثر المزاحمة. وقد تكون المنطقة قادرة على الصمود في مواجهة مستوى معين من الاضطراب، ولكن إذا تم تجاوز هذا المستوى بوتيرة أسرع من معدل التعافي الطبيعي، فقد يتجاوز الاضطراب عتبة إيكولوجية أو مجتمعية لمكون ذي قيمة (Johnson, 2016). وعلاوة على ذلك، يمكن أن

تتشتت آثار الضغوط من منطقة النشاط، مما يحدث أثرا متأخرا في المناطق الواقعة خارج البصمة المباشرة للنشاط. ونتيجة لذلك، يجب مراعاة نطاق وتشتت وتواتر واستمرار الضغوط المرتبطة بالنشاط عند تقييم التعرض للمخاطر (Borgwardt and others, 2019). وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي النظر في جميع عوامل الإجهاد المحتملة داخل منطقة التقييم والمناطق المجاورة لها من أجل تحديد المخاطر الناشئة المحتملة.

الشكل الأول

عناصر تقييم الآثار التراكمية مع التركيز على قياس الآثار المرتبطة بالأنشطة البشرية على النظم الإيكولوجية



المصدر: مقتبس من المجلس الدولي لاستكشاف البحار (2019).

وهناك نهج عديدة يمكن استخدامها لمسح وتحديد النطاق المكاني والزماني لكل من القيمتين وعوامل الإجهاد، مثل نظم المعلومات الجغرافية واستكمال البيانات المكانية والنماذج الديناميكية (Andersen and others, 2013؛ و Robinson and others, 2013؛ و Borgwardt and others, 2019؛ و Dunstan and others, 2019، مثلا). ونظرا إلى تنوع طبيعة القيم وعوامل الإجهاد وقياسها، والبيانات أو المعلومات التي قد تكون متاحة للمساهمة في عملية المسح، من غير المرجح أن يكون نهج واحد مناسبا في جميع الظروف. بل ينبغي أن يكون النهج المتبع مناسبا للبيانات المتاحة (بما في ذلك تعقيدها)، وأن يستقي المكونات المكانية والزمنية للبيانات على النحو المناسب، وأن يعالج أي أوجه عدم يقين أو تحيز أو افتراضات مرتبطة بتلك البيانات.

3 - ربط الضغوط والقيم من الناحية المفاهيمية

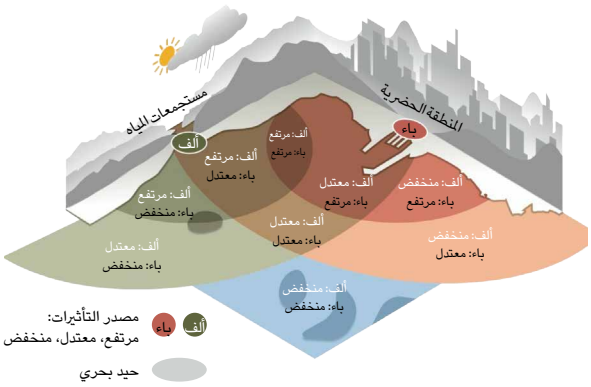
يمكن استخدام نهج مفاهيمية (مثل النماذج النوعية أو الكمية التي تحدد مسارات التأثير) للربط بين القيم المحددة ومختلف الأنشطة وعوامل الإجهاد المحتملة في مجال التقييم (Dambacher and others, 2009؛ و Anthony and others, 2013، مثلا، وذلك بتحديد كيفية ترابط المكونات والعمليات في البيئة البحرية، وكيف يمكن أن تؤثر الضغوط الطبيعية والبشرية المنشأ على النظام، والثغرات المعرفية وأوجه عدن اليقين الرئيسية في النظام. وبشكل مثالي، يتم النظر في طبيعة التفاعلات المحتملة بين الضغوط الناجمة عن عوامل إجهاد عديدة، مع الإدراك بأن التفاعلات قد تكون غير خطية وأنها قد تكون تآزرية أو مضادة أو حجبية (انظر الفرع 1 أعلاه). ويمكن أن تُفهَم كيفية تفاعل القيم والضغوط في البداية باستخدام نماذج نوعية تسمح بتحديد اتجاه التفاعلات وطبيعتها ومداها. ومن ثمّ يمكن تقدير التنبؤات بحصول تغيير من خلال النمذجة الاحتمالية (Anthony and others, 2013، مثلا). ويتيح اتباع هذا النهج تحديد درجة التأثير (أي شدته) على القيمة، ومن ثمَّ تحديد التفاعلات الأكثر أهمية لكي تركز الجهود على تحسين فهم الآثار ومسحها وقياسها كميا.

4 - تقييم المخاطر وأوجه عدم اليقين

عندما تُفهَم مسارات آثار الضغوط على القيم، يمكن قياس حجم الأثر على القيمة، فيُدمَج مستوى التعرض الناجم عن مختلف عوامل الإجهاد في نطاقاتها المكانية الفردية - "مناطق تأثيرها" (Anthony and others, 2013؛ وانظر أيضا الشكل الثاني). ويمكن عندئذ تقدير المخاطر التي تتعرض لها القيمة المرتبطة بالآثار الناجمة عن الضغط وعدم اليقين المرتبط به، مع الإشارة في الوقت نفسه إلى أن الفهم المحدود للقيمة والضغوط هو في حد ذاته أيضا مصدر لعدم اليقين. فعلى سبيل المثال، في كثير من الأحيان تكون الأنماط المكانية والزمانية للضغوط غير معروفة بصورة تامة شأنها شأن استجابات قيم معينة للضغوط التي قد تختلف باختلاف المكان والزمان (Stock and Micheli 2016). ويمكن أن يكون تحديد مصادر عدم اليقين وتأثيرها على نتائج التقييم أمرا صعبا في حد ذاته، لذلك ينبغي إجراء تحليلات مناسبة للحساسية تنظر في تأثير جميع عوامل الإجهاد وتفاعلاتها (Stock and Micheli 2016). ويجب أن يكون باستطاعة تقدير المخاطر مراعاة مدى تعقيد مكونات النظام، والتفاعلات مع الأنشطة، وما يرتبط بها من أوجه عدم اليقين، ثم إدماج التوزيع المكاني والزماني ذي الصلة لأي عواقب، سواء كانت إيجابية أو سلبية في طبيعتها (Gregory and others, 2012؛ و Stock and Micheli, 2016، مثلا).

الشكل الثاني

نموذج نظري يوضح مناطق التأثير لمثالين متعلقين بالمصادر الناشئة: (أ) جريان الأنهار من مستجمعات المياه و (ب) التنمية الحضرية أو تطوير الموانئ



ملاحظة: وتُحسب احتمالات التغيير لكل قيمة من قيم النظم الإيكولوجية ومقدار قيمة النظام الإيكولوجي التي من المحتمل أن تكون قد تأثرت (مع حساب الاحتمالات المتعلقة بأوجه عدم اليقين) داخل كل منطقة من مناطق التأثير المصدر: Anthony and others (2013).

5 - التحقق

أخيرا، ينبغي، حيثما أمكن، التحقق من شبكات التفاعلات وخرائط المخاطر والآثار التراكمية من خلال المراقبة (رغم أن ذلك يحصل بصورة نادرة نسبيا في الممارسة العملية؛ انظر Halpern and Fujita, 2013). ولتيسير هذا التحقق، ينبغي الإبلاغ عن تقييمات المخاطر بطريقة يمكن ملاحظتها؛ أي، قياسها وتحديدها في الميدان.

ومن الأطر المفيدة لوضع نماذج كمية لتقدير الآثار، والمفيدة أيضا لأغراض الاتصال مع واضعي السياسات وغيرهم من صناع القرار، إطار العوامل المحرِّكة – الضغوط – الحالة – الأثر – الاستجابة (Smeets and Weterings, 1999؛ و Elliott and others, 2017). ويستند هذا الإطار إلى مفهوم مفاده أن القوى المحركة (القوى الكامنة الطبيعية والقوى التي يسببها الإنسان) تمارس ضغوطا (العوامل المباشرة) على البيئة تؤدي إلى تغييرات في حالة البيئة. ولكي يكون تقييم الآثار التراكمي عمليا، ينبغي أن يتضمن أيضا تقييما لفعالية التدابير الإدارية (Cormier and others, 2018؛ و Stelzenmüller and others, 2018)، وخاصة للقيام، أولا، بقياس آثار أي تدابير إدارية على الضغوط والتأثيرات الناتجة عنها، وثانيا، تحديد كيفية تعديل التدابير الإدارية للحد من تلك الضغوط والتأثيرات الناتجة عنها بشكل أكبر. غير أن غالبية تقييمات الآثار التراكمية، المضطلع بها حتى الآن، تفتقر إلى إقامة الصلة بين تقييم الآثار التراكمية وبين التدابير الإدارية التي قد تنظم الأنشطة المسببة للضغوط المرتبطة بها (Hayes and others, 2015؛ و Cormier and others, 2017). ونتيجة لذلك، يوفر العديد من تقييمات الآثار التراكمية صلات محدودة بين عمليات التخطيط وبين الأطر التنظيمية التي يمكن أن تحدد الأماكن التي قد يلزم فيها تنفيذ نهج وقائي أو تحسين عملية الإدارة (ICES, 2019). وإضافة إلى ذلك، تعتبر أساليب تقييم الآثار التراكمية المقبولة على نطاق واسع أن توفير خدمات النظم الإيكولوجية وتقديرات الآثار الاجتماعية والثقافية تقع خارج نطاق اختصاص التقييم (ICES, 2019).

3 – التطبيقات الإقليمية لتقييمات الآثار التراكمية على البيئة البحرية: التوزيع والنُهج

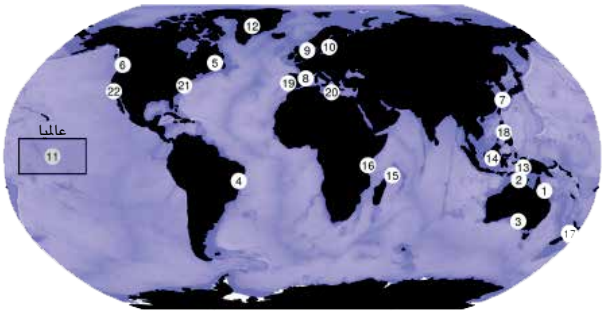
ازداد إجراء تقييمات الآثار التراكمية في إطار النظم البحرية بوتيرة سريعة على مدى العقدين الماضيين، حيث طُبقت في عمليات التقييم والتخطيط والتنظيم البحرية الإقليمية (Halpern and others, 2015؛ و ICES, 2019). ولكن على الرغم من زيادة استخدام التقييمات، فإن المناطق الواقعة خارج أوروبا وأمريكا الشمالية تفتقر إلى حد كبير إلى التقييمات التي تتبع الخطوات العامة نفسها المبينة في الفرع 2 (Korpinen and Andersen, 2016؛ انظر أيضا الشكل الثالث والجدول).

وقد أجرى كوربينن وأندرسن (Korpinen and Andersen, 2016) في الآونة الأخيرة استعراضا لتقييمات الآثار التراكمية، في محاولة لتقديم لمحة عامة عن الأساليب والممارسات المرتبطة بها في البيئة البحرية. وكان الهدف من الاستعراض، على وجه الخصوص، هو تحديد ما إذا كانت متغيرات التقدير المختلفة المستخدمة في التقييمات قابلة للمقارنة، وما إذا كان التحقق من هذه التقييمات موثوقا به. وحُدِّدَت أساليب منهجية مماثلة في نصف الدراسات التي استُعرِضَت، واستندت تلك الدراسات إلى طريقة هالبرن وآخرين (Halpern and others, 2008)، على الرغم من أن عددا قليلا نسبيا منها عالج أوجه عدم اليقين الرئيسية باستخدام هذه النُهج كما هو مبين في دراسة هالبرن وفوجيتا (Halpern and Fujita, 2013). وحدد الاستعراض عدة مجالات رئيسية يتعين فيها تطوير تقييمات الآثار التراكمية، بما في ذلك التحقق من الضغوط أو وضع معايير للمقارنة خاصة بها، وإدراج مقاييس دقيقة للمكونات الزمنية للأنشطة البشرية (افترض كثيرون أن الأنشطة طويلة الأمد ومتداخلة زمنيا)، ومراعاة الآثار التاريخية التي أدت بالفعل إلى تغيير البيئة البحرية.

وبناءً على هذه الدراسة، أُجري استعراض للمؤلفات الخاضعة لمراجعة النظراء منذ عام 2016 (من خلال البحث في قاعدة البيانات سكوبس (Scopus) عن الكلمتين الدالتين "cumulative effect" و "cumulative impact") لتقديم ملخّص مستكمل للتقييمات. ويتضمن الجدول لمحة عامة عن كل نهج من النهُج والنواتج المستمدة من كل تقييم.

الشكل الثالث

التوزيع العالمي لتقييمات الآثار التراكمية التي أجريت في النظم الإيكولوجية البحرية ونُشِرَت في الفترة ما بين 2016 و 2019



ملاحظة: يتضمن التوزيع العالمي معلومات مستكملة عن التقييمات المفصلة في دراسة كوربينين وأندرسن (Korpinen and Andersen, 2016). وتتوافق الأرقام مع الملخصات الواردة في الجدول.

وترد فيما يلي الأفكار الرئيسية المستمدة من الاستعراض المستكمل:

- يتعين أن تستند نُهج التقييم إلى السياق. وفي هذا الصدد، رغم أنه ينبغي أن تشمل النُهج الخطوات الوظيفية المبينة في هذا الفصل، فإن وضع نُهج لتقييم الآثار التراكمية يجب أن يراعي النطاق (والدقة) الذي يغطيه التقييم، والقيم التي يجري تقييمها، والبيانات المتاحة لإجراء ذلك التقييم، وأوجه عدم اليقين المرتبطة بتلك البيانات، والأهداف الإدارية المحددة قي إجراء التقييم وشكل النواتج، وتحديدا مدى ملاءمتها للإرشاد بها في التخطيط والإدارة.
- ينبغي أن تتضمن التقييمات المدى والتغيرات المكانية والزمانية في البيانات وأوجه عدم اليقين المرتبطة بها (بما يشمل ما يرتبط منها بنوعية البيانات)، لا لضمان نواتج جيدة من تقييمات الآثار التراكمية فحسب، بل أيضا للتركيز على المجالات التي قد توجد فيها ثغرات معرفية، والتي ينبغي فيها بذل جهود في المستقبل لتحسين التقييمات والحد من أوجه عدم اليقين.
- تفتقر غالبية تقييمات الآثار التراكمية إلى مقاييس قائمة على التجريب أو المعاينة لمعرفة حساسية مكونات النظام الإيكولوجي إزاء آثار عوامل الإجهاد، ولذلك ينبغي التحقق من نتائج التقييمات من خلال المراقبة.
- لا تزال تقييمات عديدة تقيم نقطة واحدة أو تقدم متوسطات زمنية للآثار التراكمية، عوضا عن الدراسات الزمنية المتكررة التي قد توفر معلومات عن التغيرات في الآثار التراكمية عبر الزمن (أي الاتجاهات).
- بغية ضمان الأخذ بتقييمات الآثار التراكمية في عمليات صنع القرار، ينبغي أن تتضمن التقييمات روابط بين تقييم الآثار التراكمية والتدابير الإدارية التي قد تنظم الأنشطة التي تتسبب بالضغوط المختلفة. ولا تزال تقييمات عديدة تفتقر إلى مثل هذه الروابط. كذلك، تنظر تقييمات قليلة في تقييم تنفيذ التدابير الإدارية المتعلقة بالأنشطة التي تتسبب في الضغوط والآثار التراكمية المختلفة التي تتعرض لها البيئة.
- في معظم الحالات، لا تنظر التقييمات المرتبطة بعمليات الإدارة والتنظيم سوى في آثار الأنشطة داخل المنطقة الخاضعة للتنظيم ولا تأخذ في الاعتبار انتشار الآثار خارج المنطقة التي يجري تقييمها (أي الآثار الإقليمية أو الآثار على نطاق النظام الإيكولوجي). ولذلك، من المهم النظر في الفصل المكاني لموقع النشاط وتأثير الضغط (Stephenson and others, 2019، مثلا).
- يلزم الإبلاغ بوضوح عن المخاطر وأوجه عدم اليقين المرتبطة بتقديرات المخاطر من أجل إدماج تقييم الآثار التراكمية إلى أقصى حد في عمليات صنع القرار. ويتعين أن تصف التقييمات صراحة أسباب وعواقب الآثار الضارة لمساعدة المديرين وأصحاب المصلحة والعلماء والمهندسين على فهم المسارات المسببة للمخاطر (Nicol and others, 2019، مثلا).
- إجراء تقييمات الآثار التراكمية منحاز جغرافيا لأوروبا وأمريكا الشمالية، رغم أنه من المشجع وجود منشورات لتقييمات من مناطق لم يتم تحديد تقييمات خاصة بها ضمن دراسة كوربينين وأندرسن (Korpinen and Andersen, 2016). ولم تشهد مناطق اختصاص العديد من الاقتصادات النامية بعدُ أي مستوى من التقييم الرسمي خارج نطاق

التغطية العامة للتحليلات العالمية مثل التحليلات التي أجراها هالبرن وآخرون (Halpern and others, 2015). ويبرز ذلك وجود فجوات واضحة في القدرات والحاجة إلى وضع نُهجٍ: (أ) يمكن أن تُنَفَّذ في المناطق التي تفتقر إلى البيانات؛ (ب) يمكن أن تتضمن مصادر بيانات غير تقليدية مثل الملاحظات المجتمعية (كالعلم التشاركي) والمعارف التقليدية؛ (ج) يمكن أن تُنَفَّذ بسهولة (من حيث المهارات والوقت على حد سواء)؛ (د) يمكن أن تُستَكمَل بسهولة عندما تُفهَم معلومات جديدة أو يتم إدراك وجود ضغوط جديدة؛ (ه) تولّد نواتج يمكن فهمها بسهولة وترجمتها إلى عمليات صنع القرار.

ولا يدخل ضمن نطاق هذا الفصل التطرق إلى تفاصيل النهج العديدة المتبعة فيما أجري من تقييمات للآثار التراكمية في البيئة البحرية على الصعيد العالمي. وتدر أدناه تفاصيل إضافية عن أمثلة على الأطر المختلفة المنفذة في تقييم الآثار التراكمية في نصفي الكرة الجنوبي والشمالي، وكذلك بعض الأفكار الإضافية عن التطورات الحاصلة في المناطق التي نفذت فيها التقييمات بدرجة أقل.

3-1 - الحيد المرجاني العظيم، أستراليا

تبيّن أن الحيد المرجاني العظيم يخضع لمجموعة من الضغوط على النطاقين المحلي والعالمي، بما في ذلك الضغوط المرتبطة بتغير المناخ، والعواصف (الإعصارية) والفيضانات، وانجراف المغذيات والرواسب الناجمة عن استخدام الأراضي، والملوثات (بما في ذلك المبيدات الحشرية، والحطام البحري، والمواد البلاستيكية، والجسيمات النانوية، والضوضاء، والضوء)، والاستخدامات البشرية للبيئة البحرية، والأمراض (Uthicke and others, 2016). وتبين أن صحة الحيد المرجاني بشكل عام آخذة في التدهور منذ بعض الوقت (De'ath and others, 2012) وأن حوادث الابيضاض الهائل التي تعرض لها في أعوام 2016 و 2017 و 2020 قد أدت إلى تراجع صحته بشكل أكبر (Smith and Spillman, 2020). وخلص بعض المصادر إلى أن الجزء الشمالي من الحيد قد تغير بصورة دائمة نتيجة لهذه الضغوط (Hughes and others, 2017).

و قد تكرر إعداد تقييمات الآثار التراكمية خاصة بالحيد المرجاني العظيم. فقد استند التقييم الرسمي الأول الذي أجري في عام 2012، إلى إطار جامع للتأثير التراكمي وعملية صنع القرار المنظمة استخدم النموذجين النوعي والاحتمالي لدراسة تأثير مجموعة جزئية من عوامل الإجهاد التراكمية (المغذيات، والتعكر والترسب، وتآكل الموائل، وتغير المناخ) في الشعاب المرجانية والنظم الإيكولوجية للأعشاب البحرية (Anthony and others, 2013). وتضمن الإطار عملية لصنع القرار تسمح باستكشاف التدخلات والنتائج والمفاضلات الافتراضية في مجال الإدارة.

وقد تم تطوير نهج إطار لتأثير التراكمي وصنع القرار المنظم ليتضمن نماذج آلية إحصائية ومفاهيمية وشبه كمية وكمية ومتعلقة بالسُّميات البيئية، وتحليلات للقرارات المنظمة من أجل تقييم الآثار التراكمية على بيئات الشعاب المرجانية (Uthicke and others, 2016). وتشمل النواتج المستمدة من الإطار خرائط المخاطر والتعرض، وتقييم عتبات الضغط والقيمة لمواقع محددة ومجموعات إيكولوجية ذات أهمية. وأدى تطبيق الإطار إلى الاعتراف بما يلي: (أ) التغيرات الخطية نادرة في النظم الإيكولوجية (أي أن التغيير ليس بالضرورة إضافيا)؛ (ب) من المرجح أن تتغير العتبات والاستجابات الإيكولوجية لضغوط متعددة في أطر زمنية مهمة من الناحية البيئية، من خلال التأقلم (الذي يمكن أن يخفف من الآثار) أو تفاقم الآثار بشكل دينامي (الأمر الذي يضخّم الاستجابات)؛ (ج) قد تؤدي التنبؤات التي تفتقر إلى تأكيد تجريبي أو ميداني للاستجابات إلى استنتاجات خاطئة وإلى استثمار دون المستوى الأمثل في عمليات الإدارة.

ويتجاوز نهج أوثيكي وآخرين (Uthicke and others, 2016) العملية البسيطة المتمثلة في تصفيف توزيع عوامل الإجهاد من الناحية المكانية، والافتراض أن الآثار التراكمية إضافية على نحو خطي من حيث طبيعتها،

فهو يسمح بالتوصل إلى فهم آلي للتفاعلات غير الخطية (من خلال وضع منحنيات الاستجابة الكاملة التي تأخذ التفاعلات المضادة والتآزرية في الاعتبار) إلى جانب التبعات الإدارية. فتطبيق إطار تقييم الآثار التراكمية هذا (المعروف باسم سياسة إدارة الأثر التراكمي على الشعاب المرجانية لعام 2050[2])، إلى جانب مجموعة مقترحة من المبادئ التوجيهية لتنفيذه (Dunstan and others, 2019)، لم يحدث إلا في الآونة الأخيرة[3]. وقد أدى إشراك هيئة منتزه البحري للحيد المرجاني العظيم (وهي الوكالة الإدارية المسؤولة عن الحيد) في وضع الإطار إلى ضمان مشاركتها في جميع عمليات التخطيط والموافقة في المستقبل على المستوى الإقليمي، وكذلك على مستوى التطبيقات الإنمائية المحددة. وربط هذا التطبيق (التوضيحي) الأول للمبادئ التوجيهية البيانات التي تم جمعها عن نظم الشعاب المرجانية الضحلة بالبيانات المكانية المرتبطة بتوزيع الضغوط من خلال نماذج معادلة هيكلية، مما يشير إلى اعتماد كبير على السياق فيما يتعلق بالآثار التراكمية (Dunstan and others, 2019). وقد أبرز ذلك دور الرصد الطويل الأجل في إرشاد التقييمات عند تقييم الآثار التراكمية.

3-2 - بحر الشمال

بحر الشمال هو أحد أكثر النظم الإيكولوجية البحرية تضررا في محيطات العالم (Halpern and others, 2008)، فهو يتضرر بفعل العديد من عوامل الإجهاد البشرية المنشأ المرتبطة بالتطورات العالمية والإقليمية، بما في ذلك تنمية السواحل وفقدان الموائل، وفرط المغذيات، والتلوث، وصيد الأسماك (Emeis and others, 2015). وبالإضافة إلى ذلك، بحر الشمال هو نقطة ساخنة لتغير المناخ (Burrows and others, 2011؛ و Holt and others, 2012) مع حصول تغييرات جذرية في هيكل الشبكة الغذائية والوظائف المبلغ عنها بالاقتران مع اتجاهات في مستوى سطح البحر، ودرجات حرارة المحيط وتحمضه (Reid and others, 2001؛ و Beaugrand, 2003؛ و Weijerman and others, 2005؛ و McQuatters-Gollop and others, 2007؛ و Kemp and others, 2009؛ و Abraham and others, 2017). وعلى وجه الخصوص، لحق ضرر كبير بمجموعة الأسماك في بحر الشمال بسبب صيد الأسماك وتغير المناخ، حيث أُبلغ عن حدوث تغيرات سريعة وكبيرة منذ عام 2000 (Engelhard and others, 2014؛ و Fock and others, 2014؛ و Sguotti and others, 2016؛ و Frelat and others, 2017).

وشملت التقييمات التي تدرس آثار الأنشطة البشرية على مكونات النظام الإيكولوجي في بحر الشمال، إلى حد كبير، دراسات النمذجة التي تركز على تأثير مختلف ممارسات صيد الأسماك القاعية، وقياسات مجمعة مشتقة تتعلق بما تسببه تلك الممارسات من اضطرابات لدى الكائنات القاعية (Stelzenmüller and others, 2015؛ و Rijnsdorp and others, 2016؛ و Hiddink and others, 2019). ولم يشهد التركيز على تقييم الأثر المشترك للأنشطة البشرية، باستثناء صيد الأسماك، على البيئة البحرية ازديادا إلا خلال العقد الماضي. (Fock, 2011؛ Stelzenmüller and others, 2010؛ Foden and others, 2011). ولا يعزى ذلك إلى القيود المرتبطة بالبيانات التي قد تكون متاحة لتقييم الآثار التراكمية فحسب، بل أيضا إلى الروابط الاجتماعية الإيكولوجية المعقدة في منطقة بحر الشمال، ويعزى ذلك بدرجة كبيرة إلى الولايات المتعددة الجنسيات.

وفي الآونة الأخيرة، ازداد التركيز على وضع نُهج تسمح ليس وحسب بتقييم الآثار التراكمية للأنشطة البشرية، بل أيضا بتقييم تلك الآثار على نطاقات مكانية أكبر بكثير مما كان يُنظر فيه سابقا (Knights and others, 2015؛ Piet and others, 2019) من أجل تقديم مزيد من النصائح المحددة الأهداف للإدارة (Piet and

[2] انظر www.gbrmpa.gov.au/our-work/reef-strategies/Reef-2050-policies#.
[3] انظر http://hdl.handle.net/11017/3389.

others, 2017؛ و Gardner and others, 2018). وشملت النُهج تقييمات مخاطر العلاقة بين التعرض والأثر استنادا إلى مصفوفات الروابط بين المكونات المتعلقة بالقطاع والضغط والنظام الإيكولوجي (Knights and others, 2015؛ و Piet and others, 2019) وإجراء مسح مكاني للأنشطة أو عوامل الإجهاد ومكونات النظام الإيكولوجي، بالاقتران مع مسارات الربط التي تُحَدَّد باستنباط آراء الخبراء (Andersen and others, 2013)، على غرار تلك التي وصفها هالبرن وآخرون (Halpern and others, 2008). وقد حددت نتائج هذا التقييم المجالات الرئيسية التي تكون فيها الآثار التراكمية في حدها الأكبر، وما يرتبط بها من عوامل إجهاد. غير أنه لم يجر حتى الآن تقييم على نطاق بحر الشمال.

ويتألف نهج ناشئ لتقييم الآثار التراكمية داخل هذه المنطقة، ولا سيما في سياق الإدارة أو التنظيم، من إطار يجمع الهيكلة المفاهيمية لمسارات العلاقة السببية والتقييم الكمي للآثار (Cormier and others, 2018). ويبرز هذا النهج الحاجة إلى تقييم فعالية تدابير الإدارة في الحد من الضغوط البشرية من أجل فهم عبء الضغط التراكمي السائد على مكونات النظام الإيكولوجي المختلفة.

3-3 - المناطق الأخرى

على نحو ما هو مبيّن في الاستعراض المقدم في هذا الفصل، لم يجر سوى عدد قليل من تقييمات الآثار التراكمية خارج نطاق أمريكا الشمالية وأوروبا (انظر الجدول). وتشمل الأمثلة على تقييمات الآثار التراكمية المنفذة في مناطق أخرى، التقييمات التي أجريت في منطقة آسيا حيث استخدمت عملية منطق القرار التدريجية القائمة على آراء الخبراء لتسجيل حدة 10 ضغوط (بما في ذلك التحضر؛ والبنية التحتية في السواحل والمراسي والموانئ؛ وتصريف مياه الصرف الصحي؛ وتربية الأحياء المائية؛ ومنصة الغاز؛ ومعمل الملح؛ والسياحة) في خليج جياوتشو في الصين (Wu and others, 2016). ثم تم الجمع بين النواتج المرجحة ومقاييس المسافة المحسوبة باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لوضع خرائط تبيّن مجموع الآثار التراكمية. وفي هونغ كونغ، بالصين، اتُّبِع نهج مماثل للنظر في الآثار المحتملة المتعلقة ببقاء المجموعة المحلية من الدلافين الحدباء في منطقة المحيط الهندي والمحيط الهادئ (Sousa chinensis) (Marcotte and others, 2015). ولكن في هذه الحالة، طُبِّقَ الترجيح من حيث شدة كل أثر من الآثار على بقاء الدلافين.

وإلى جانب هذه الأمثلة المحددة على تقييمات الآثار التراكمية المذكورة أعلاه، توجد تقييمات أخرى ذات صلة أو سابقة لمواقع في آسيا وأمريكا اللاتينية، الأمر الذي يبيّن أنه يمكن القيام بعدد أكبر من التقييمات في هذه المناطق. وعلى سبيل المثال، فإن النهج المتعلق بالطريقة المتكاملة لتحليل مخاطر مصائد الأسماك فيما يتعلق بالنظم الإيكولوجية الذي وضعه تشانغ وآخرون (Zhang and others, 2011)، والمستخدم للنظر في أداء استراتيجيات إدارة مصائد الأسماك من حيث أهداف نهج النظام الإيكولوجي المتّبع في الإدارة، يمكن بسهولة توسيع نطاقه ليتجاوز مصائد الأسماك ويشمل أنشطة بشرية أخرى. وينظر هذا النهج صراحة في الجوانب المتعلقة بالأرصدة السمكية المحلية والموائل وقياسات التنوع البيولوجي والمؤشرات الاقتصادية لمصائد الأسماك. والأهم من ذلك، ينظر في أنواع الضغوط التي تتعرض لها مصائد الأسماك بسبب النظم الإيكولوجية. وفي هذه المرحلة، يمكن توسيع نطاق النهج ليشمل أنشطة أخرى كوسيلة لإعداد تقييم للآثار التراكمية. والنماذج الدينامية القائمة على العمليات التي تجمع بوضوح بين أنشطة بشرية متعددة، بما في ذلك مصائد الأسماك، وتربية الأحياء المائية، والتنمية الحضرية، والنقل البحري، والتعدين، والغابات، والزراعة، والسياحة، لدراسة التبعات المترتبة على إدارة وتنمية أو توسيع تربية الأحياء المائية المستدامة في الجزء الشيلي باتاغونيا يمكن استخدامها أيضا كأساس لتقييم الآثار التراكمية (Steven and others, 2019).

4 - آفاق المستقبل

ركزت غالبية تقييمات الآثار التراكمية التي تم تنفيذها حتى الآن على تقييم الأنشطة والآثار التي حصلت بالفعل في البيئة البحرية. وهناك حماس متزايد للانتقال إلى التقييمات التي تسمح بالاستشراف أو التنبؤ والتوقع، من أجل إرشاد التخطيط المستقبلي للأنشطة أو نُهج الإدارة التكيفية والاستباقية (Lukic and others, 2018؛ انظر أيضا الفصل 29 من هذا التقييم بشأن تخطيط الحيز البحري، مثلا). ومن المتوقع أن تتضاعف المساهمة الاقتصادية العالمية للصناعات البحرية بحلول عام 2030 (Organization for Economic Cooperation and Development, 2016)، لتصل إلى 3 تريليونات، مع ازدياد بصمتها وتفاعلاتها بشكل هائل (أو مماثل) (McCauley and others, 2015؛ Plagányi and Fulton, 2017). وبغية تجنب حصول نتائج غير مرغوب فيها وتدهور قيم النظم البحرية، يلزم إجراء تقييمات إعلامية للآثار التراكمية تساهم في الإدارة التكيفية وعملية اتخاذ القرارات القائمة على الأدلة. وسيتطلب تحقيق ذلك لغات وأساليب ونماذج بحثية دينامية تشمل تخصصات مختلفة؛ وتطويرها ليس بسيطا وسيستلزم بذل جهد كبير، ولا سيما فيما يتعلق بتوقع كل عامل من عوامل الإجهاد التي ستنشأ في المستقبل بطريقة واضحة مكانيا وزمنيا، ومراعاة الطبيعة المتغيرة للتفاعلات بين عوامل الإجهاد. وعلى الرغم من أن نهجا موحدا وتطلعيا قابلا للتطبيق على نطاق واسع لتقييم المخاطر قد يكون غير مجدٍ على الأقل في المستقبل القريب، نظرا للصعوبات المتأصلة في معالجة أوجه عدم اليقين الرئيسية في التوقعات المستقبلية، سيشكل تحسين المبادئ التوجيهية وأفضل الممارسات، من أجل تيسير اتباع نُهج من هذا القبيل متعلقة بتقييم الآثار التراكمية، خطوة مفيدة للمضي قدما في هذا الصدد.

وسواء بالتطلع إلى الأمام أو بالنظر إلى الخلف، هناك اتفاق متزايد على أن الأساليب المرتبطة بتقييمات الآثار التراكمية يجب أن يتّسع نطاقها من دراسة الآثار المتعددة الناجمة عن أنشطة التنمية الفردية أو الآثار المتراكمة الناجمة عن أنشطة مماثلة متعددة داخل قطاع صناعي واحد، إلى دراسة الآثار المجمعة المتأتية عن جميع الضغوط التي تتعرض لها النظم الإيكولوجية البحرية. وقد حددت أطر النمذجة، مثل الأطر المفصلة أعلاه، أن استجابات النظم البحرية غالبا ما تكون غير خطية وأن الآثار التآزرية والمضادة تؤدي أدوارا هامة في تشكيل البيئة (Crain and others, 2008؛ و Hunsicker and others, 2016؛ و Uthicke and others, 2016). ويتعين تحسين القدرة على استخدام نُهج النمذجة المفاهيمية والإحصائية التي تتيح الفهم الآلي للتفاعلات غير الخطية بين عوامل الإجهاد، والآثار غير الإضافية على البيئة البحرية، واستجابات البيئة البحرية نتيجة لذلك. ويتم الاعتراف مجددا بأن وضع هذه النهج ليس أمرا بسيطا وسيتسلزم بذل جهد كبير. وسيشكل تحسين المبادئ التوجيهية وأفضل الممارسات لتيسير النهج المتعلقة بتقييم الآثار التراكمية والالتزام ببناء القدرات في تطبيقها واستخدامها خطوة مفيدة إلى الأمام في هذا الصدد.

وتساعد التحليلات التجميعية (Crain and others, 2008، مثلا) الباحثين على فهم مدى انتشار التفاعلات الإضافية والتآزرية والمضادة، في حين أن النهج الإحصائية تساعد على تحديد وجود وطبيعة التفاعلات غير الإضافية (Teichert and others, 2016، مثلا). وبالإضافة إلى ذلك، أُحرز تقدم كبير في معالجة عدم اليقين في التقييمات (Rochet and others, 2010؛ و Foster and others, 2014؛ و Gissi and others, 2017، مثلا) وأحرز بعض التقدم في تحديد العتبات والنقاط المرجعية لاستخدامها في التقييمات، على الرغم من أنها يمكن أن تكون غير موضوعية إلى حد ما لأنها تُحَدَّد من خلال الأهداف المجتمعية (Samhouri and Levin, 2012; Large and others, 2015; Samhouri and others, 2012; 2017، مثلا).

ولا تقتصر الفائدة من إدماج عدم اليقين على تفسير نواتج التقييمات على نحو أفضل فحسب، بل إنه ييسر أيضا عملية الإدارة التكيفية ويحدد أولويات البحوث لسد الفجوات المعرفية من أجل مواصلة تحسين الإدارة.

ففي نهاية المطاف، من أجل توسيع النطاق الجغرافي لتقييمات الآثار التراكمية، يجب أن تعالج الجهود المستقبلية مسألة وضع نُهج يمكن تطبيقها، ولا سيما في حالات الافتقار إلى البيانات، وأن تؤدي إلى نواتج يمكن فهمها بسهولة وترجمتها إلى عمليات صنع قرار (Stelzenmüller and others, 2020). ومن شأن ذلك أن يحسّن استعداد صناع القرارات للتعامل مع الطبيعة الدينامية للنظم الإيكولوجية البحرية السريعة التغير، حيث يتغير مزيج الضغوط المختلفة وهيمنتها النسبية مع تغير الزمان والمكان.

موجز تقييمات الآثار التراكمية المنشورة في المؤلفات خلال الفترة 2016–2019 حسب البلد والمنطقة

الأرقام الموضحة على الخريطة[أ]	المنطقة الجغرافية	المنطقة المحيطية	نُهج التقييم	أهداف التقييم	نتائج التقييم	المراجع
1	أستراليا	جنوب المحيط الهادئ	نماذج نظرية نوعية؛ شبكات بايز؛ نماذج إحصائية؛ نماذج آلية؛ حساب المؤشرات؛ استعراض المؤلفات	تحديد الفهم العلمي للموائل المرجانية وتحديد الثغرات؛ تحديد القيود المتعلقة بأساليب التقييم القائمة؛ تقييم أثر صيد الربيان بشباك الجر؛ تحديد الآثار التي تضر بموائل ومجموعات الشعاب المرجانية؛ تقييم استجابة المرجان لاحترار المحيطات والترسب؛ تحديد الآثار التراكمية للأنواع المتعددة التي تغير نطاقها الجغرافي وتقييم استجابات الإدارة، في إطار سيناريوهات متعلقة بتغير المناخ وتقييم الاستجابات الإدارية	استمرار تدهور الحاجز المرجاني العظيم بصورة عامة؛ الاعتبارات المتعلقة بتقييمات الآثار التراكمية (بما في ذلك أوجه عدم اليقين والتحيز) والتوصيات المتعلقة بتحفيز التقييمات، بما في ذلك وضع أطر تقييم لتطبيقها في مجموعة من الأنشطة والمناطق؛ تحديد الفجوات المعرفية؛ إمكانية وقوع شلال غذائي وأثر سلبي على ديناميات النظام الإيكولوجي وإنتاجيته بسبب إعادة توزيع أنواع متعددة	Grech and others (2011)؛ و Marzloff and others (2016)؛ و Marzloff and others (2016)؛ و Bessell-Browne and others (2017)؛ و Richards and Day (2018)؛ و Dunstan and others (2019)
2	أستراليا	جنوب المحيط الهادئ والمحيط الهندي	المسح المكاني	تقييم الأنماط التراكمية للصيد العرضي للسلاحف البحرية	تحديد "نقطة ساخنة" للصيد العرضي في خليج كاربنتاريا حيث تأثرت أنواع متعددة بمصائد الأسماك التجارية	Riskas and others (2016)
3	أستراليا	المحيط الهندي	المسح المكاني	تقييم الآثار التراكمية على البيئة البحرية وفي الوقت نفسه تسجيل أوجه عدم اليقين في استنباط آراء الخبراء	زيادة الشفافية والجودة فيما يتعلق بعملية التنفيذ الإداري من خلال تقييم عدم يقين الخبراء	Jones and others (2018)
4	البرازيل	جنوب المحيط الأطلسي	المسح المكاني؛ حسابات المؤشرات	تقييم تعرض الشعاب المرجانية لآثار تراكمية ناجمة عن الأنشطة البشرية	تباين التعرض للآثار التراكمية من الناحية المكانية ومن حيث أنواع عوامل الإجهاد التي تتعرض لها الشعاب المرجانية. والمناطق الأكثر تعرضا هي الأقرب إلى مراكز السكان	Magris and others (2018)
5	كندا	شمال المحيط الأطلسي	نماذج توزيع الأنواع	تقييم أثر احترار المحيطات وانخفاض الأكسجين على ثلاثة أنواع بحرية	توقع حصول تغيير كبير في توزيع الأنواع على مدى 20–30 سنة بطرق مختلفة	Stortini and others (2017)
6	كندا/الولايات المتحدة الأمريكية	شمال المحيط الهادئ	المسح المكاني؛ النماذج الإحصائية	تقييم آثار تركيزات الأكسجين المذاب وشبكات الصيد التي تجر على قاع البحار على طول منحدر عميق؛ تقييم آثار تحصين الشواطئ؛ تقييم آثار الضوضاء البحرية	تأثر القاعيات في المياه العميقة بشبكات الصيد التي تجر على قاع البحار حتى في الحالات التي يتأثر فيها تشكيل المجموعات بالمنحدرات البيئية الشديدة؛ احتمال مساهمة عملية تحصين الشواطئ في الآثار التراكمية؛ توقع تجنب الحيوانات البحرية للضوضاء البحرية أو تضرر بها	De Leo and others (2017)؛ و Dethier and others (2016)؛ و Ellison and others (2016)

الأرقام الموضحة على الخريطة[أ]	المنطقة الجغرافية	المنطقة المحيطية	نُهج التقييم	أهداف التقييم	نتائج التقييم	المراجع
7	الصين	شمال المحيط الهادئ	استعراض المؤلفات؛ النماذج الإحصائية النماذج الرقمية	الاستعراض النوعي لعوامل الإجهاد المحتملة التي تسهم في تدهور مصائد الأسماك؛ تقييم الآثار التراكمية للمعادن والهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات على مجموعات العوالق الجرثومية؛ تقييم الآثار التراكمية لمشاريع الاستعادة على جودة المياه	ضرورة وجود إدارة قائمة على النظم الإيكولوجية من أجل التنمية المستدامة لمصائد الأسماك؛ كانت الآثار الفردية والتراكمية للكادميوم والفينانثرين على التجمعات الجرثومية متغيرة زمنيا ومضادة في المراحل المبكرة من التعرض؛ تحسن نوعية المياه بفضل مشاريع الاستعادة ، ولكن تنفيذها في الكثير من الأحيان جرى ضمن أطر ذات هدف واحد ولم تضع في الحسبان أنشطة أخرى تؤدي إلى تراجع نوعية المياه	Qian and others (2017)؛ و Zhao and others (2016)؛ و Ma and others (2017)
8	أوروبا وأفريقيا	البحر الأبيض المتوسط والبحر الأسود	التحليل التجميعي؛ استنباط آراء الخبراء؛ تقدير عدم اليقين؛ نماذج الانحدار؛ حساب المؤشرات؛ المسح المكاني؛ النماذج الآلية؛ النماذج الإحصائية	تحديد وحساب الآثار التراكمية المرتبطة بمجموعة من الأنشطة البشرية؛ حصر الأنواع المغيرة والتأثيرات على قيم التنوع البيولوجي	عدم كفاية مبادرات الحفظ الحالية للتصدي للتهديدات التراكمية في المنطقة الاقتصادية الخالصة في تونس؛ شدة تباين تقديرات عدم اليقين المتصل بالآثار، حيث لم تُحدَّد الآثار بدقة إلا في مناطق قليلة من البحر الأدرياتي والبحر الأيوني؛ إغفال الآثار التراكمية الناجمة عن استخراج الرمال البحرية وإغراقها عدم التوافق في الأهمية النموذجية للعوامل المحركة للتدهور الملاحظ في النتوءات المرجانية مع النواتج المستخلصة من استنباط آراء الخبراء	Coll and others (2016)؛ و Katsanevakis and others (2016)؛ و Ben Rais Lasram and others (2016)؛ و Corrales and others (2017)؛ و Depellegrin and others (2017)؛ و Gerakaris and others (2017)؛ و Gissi and others (2017)؛ و Trop and others (2017)؛ و Bevilacqua and others (2018)؛ و Brodersen and others (2018)؛ و Corrales and others (2018)
9	أوروبا	شمال المحيط الأطلسي	تحليلات الصفات البيولوجية؛ المسح المكاني؛ استنباط آراء الخبراء؛ التحليلات التجميعية؛ التحليلات المكانية؛ حسابات المؤشرات	تقييم الأثر التراكمي لخمسة قطاعات بحرية على المجموعات القاعية؛ تقييم تأثير تغير المناخ على أدوات الإدارة القائمة على المناطق في مناطق تقع في أعالي البحار؛ تقييم الآثار التراكمية للضوضاء على نوعين	اختلاف حساسية الموائل إزاء الأنشطة باختلاف مكان الهياكل الصلبة في الموائل القاعية، الأمر الذي يتسبب بتغيرات كبيرة في السمات البيولوجية والوظيفية؛ توقع تراجع في فائدة أدوات الإدارة القائمة في مناطق أعالي البحار من جراء تغير المناخ؛ تحديد مناطق عالية التعرض للمخاطر بالنسبة إلى نوعين	Merchant and others (2017)؛ و Johnson and others (2018)؛ و Kenny and others (2018)
10	أوروبا	بحر البلطيق	نماذج معاينة المناطق القائمة على نظام المعلومات الجغرافية	إجراء تقييم بصري للآثار المترتبة على الضغوط التراكمية الناجمة عن الأنشطة البشرية القائمة والمقررة	ارتفاع الآثار البصرية المحتملة في المناطق الساحلية المحمية ذات السمات الجيومورفولوجية المعقدة	Depellegrin (2016)

الأرقام الموضحة على الخريطة[أ]	المنطقة الجغرافية	المنطقة المحيطية	نُهج التقييم	أهداف التقييم	نتائج التقييم	المراجع
11	على الصعيد العالمي	على الصعيد العالمي	استعراضات المؤلفات؛ التحليلات التجميعية؛ التحليلات المكانية؛ النماذج الإحصائية	استعراض تقييمات الآثار التراكمية في مجموعة من الأنشطة البشرية، بما في ذلك الأهداف الاجتماعية والإدارية؛ تقييم قدرة المناطق البحرية المحمية الكبيرة على حماية النظم الإيكولوجية من الآثار التراكمية؛ تقييم مدى تعرض خدمات النظم الإيكولوجية في أعماق البحار لآثار التعدين في أعماق البحار؛ تقييم الآثار التراكمية على البيئة البحرية الناجمة عن إنتاج الرمال النفطية ونقلها	الاعتبارات المتعلقة بتقييمات الآثار التراكمية (بما في ذلك أوجه عدم اليقين والتحيز) والتوصيات المتعلقة بزيادة التقييمات، بما في ذلك وضع أطر تقييم لتطبيقها في مجموعة من الأنشطة والمناطق؛ تحديد الفجوات المعرفية	Borja and others (2016)؛ و Briscoe and others (2016)؛ و Hazeem and others (2016)؛ و Lucke and others (2016)؛ و Lundquist and others (2016)؛ و Davies and others (2017)؛ و Foley and others (2017)؛ و Green and others (2017)؛ و Le and others (2017)؛ و Willsteed and others (2017)؛ و Faulkner and others (2018)؛ و Stelzenmüller and others (2018)
12	غرينلند	المحيط المتجمد الشمالي	المسح المكاني	تقييم الآثار التراكمية لعوامل الإجهاد المتعددة على قيم التنوع البيولوجي	ارتفاع مستوى التداخل بين عوامل الإجهاد والأنواع الرئيسية على طول الساحل الغربي لغرينلند، مما يسلط الضوء على حاجة هذه المنطقة إلى إدارة وحماية في المستقبل	Andersen and others (2017)
13	إندونيسيا	جنوب المحيط الهادئ	استنباط آراء الخبراء؛ شبكات الاعتقاد البايزي بايز	تقييم التفاعلات بين العوامل الاجتماعية والاقتصادية والبيئية التي تؤثر على أنشطة الصيد وفعالية الحيازة البحرية العرفية	تأثر النتائج الاجتماعية والاقتصادية والبيئية للحيازة البحرية العرفية بأوجه الترابط المعقدة بين تصورات المجتمعات المحلية لصيد الأسماك والسياحة والنزاعات المرتبطة بها	Hoshino and others (2016)
14	إندونيسيا	المحيط الهندي	تحديد درجات المخاطر شبه الكمية	تقييم المخاطر التراكمية الناجمة عن مجموعة من الأنشطة البشرية والتي تتعرض لها النظم الإيكولوجية البحرية	ارتباط الخطر الأكبر على النظم الإيكولوجية البحرية بالصيد وتغير المناخ وتنمية السواحل	Battista and others (2017)
15	أيرلندا	شمال المحيط الأطلسي	النماذج الإحصائية	تقييم أثر الأنشطة المتصلة بالسفن وأعمال التشييد على الثدييات البحرية	تراجع وجود ثلاثة أنواع بالاقتران مع الأنشطة المتصلة بالسفن وأعمال التشييد	Culloch and others (2016)
16	كينيا	المحيط الهندي	النماذج الإحصائية	تقييم الآثار التراكمية الناجمة عن وجود القوارب السياحية على مجموعة من الدلافين في منطقة المحيط الهندي والمحيط الهادئ	تأثر التوازنات السلوكية للدلافين بوجود القوارب السياحية على الرغم من أن الآثار التراكمية ليست كبيرة بمستوياتها الحالية	Pérez-Jorge and others (2017)

الأرقام الموضحة على الخريطة[أ]	المنطقة الجغرافية	المنطقة المحيطية	نُهج التقييم	أهداف التقييم	نتائج التقييم	المراجع
17	نيوزيلندا	جنوب المحيط الهادئ	استعراضات المؤلفات؛ التحليلات التجميعية؛ استنباطات آراء الخبراء	تقييم أوجه الترابط بين العلوم والحوكمة والمجتمع لتحديد المخاطر في النظم الإيكولوجية البحرية؛ تقييم أهمية وحجم الآثار الناجمة عن مختلف الأنشطة وعوامل الإجهاد على خدمات النظم الإيكولوجية	اعتبارات تحديد المخاطر والتوصيات المتعلقة بتقييمات المخاطر؛ شدة الآثار التراكمية الإجمالية فيما يتعلق بجميع خدمات النظم الإيكولوجية التي ينظر فيها، ويشكل تغير المناخ، والصيد التجاري، والترسب والتلوث العوامل الأكثر مساهمة فيها	Thrush and others (2016)، و Singh and others (2017)
18	الفلبين	شمال المحيط الهادئ	تحديد درجات المخاطر شبه الكمية	تقييم المخاطر التراكمية الناجمة عن مجموعة من الأنشطة البشرية والتي تتعرض لها النظم الإيكولوجية البحرية	كون الصيد وتغير المناخ الخطرين الأكبرين على النظم الإيكولوجية البحرية	Battista and others (2017)
19	البرتغال	شمال المحيط الأطلسي	المسح المكاني	تقييم التفاعلات بين مجموعة من الأنشطة البشرية والبيئة البحرية	ارتفاع مستوى الآثار التراكمية الناجمة عن الأنشطة البشرية في الحيز البحري البرتغالي، ولا سيما بالقرب من الساحل	Fernandes and others (2017)
20	جنوب أفريقيا	المحيط الأطلسي والمحيط الهندي	النماذج الإحصائية	وصف المناطق البيولوجية البحرية لتحديد مناطق تخطيط الحيز البحري	إسهام التحليل البيولوجي الإقليمي في تحديد ثلاثة مناطق بيولوجية رئيسية وعدد من المناطق دون الإقليمية كإطار للإبلاغ عن النظم الإيكولوجية والتخطيط المنتظم للحفظ	Roberson and others (2017)
21	الولايات المتحدة الأمريكية	شمال المحيط الأطلسي	النماذج الآلية	محاكاة الآثار الناجمة عن عوامل إجهاد متعددة تتعرض لها الموارد البحرية الحية	وقوع تأثيرات كبرى على إنتاجية النظام من جراء ارتفاع درجات الحرارة	Ihde and Townsend (2017)
22	الولايات المتحدة الأمريكية	شمال المحيط الهادئ	المسح المكاني؛ النماذج الإحصائية	تحديد الآثار المحتملة لعوامل الإجهاد الفردية والمتعددة في شبكة المناطق البحرية المحمية؛ تقييم مدى ملاءمة الأنشطة العلمية المتعلقة بالموائل والمجموعات في المناطق البحرية المحمية؛ تقييم الآثار التراكمية الناجمة عن العواصف والسحق على النظم الإيكولوجية في منطقة المد والجزر	تضرر غالبية المناطق البحرية المحمية من الآثار البرية والبحرية الشديدة، وحصول التأثير الأشد بسبب عوامل الإجهاد المناخية؛ توصيات بشأن إطار لاتخاذ القرارات لتقييم الأنشطة العلمية؛ تعرض أنواع مشابهة للآثار المرتبطة بالعواصف وبالسحق، مما يؤدي إلى تحديد الأنواع المعرضة للخطر، إلى جانب الاضطرابات التي تحدث آثارا إضافية	Micheli and others (2016)؛ و Mach and others (2017)؛ و Saarman and others (2018)

[أ] انظر الشكل الثالث فيما يتعلق بأرقام الخريطة

شكر وتقدير: يود فريق الصياغة أن يتوجه بالشكر إلى نيكول شتولبرغ، من معهد ثونين لمصائد الأسماك البحرية، في بريمرهافن، ألمانيا، على إعداد الشكل الأول، وكذلك إلى المستعرضين الأقران الثلاثة والدول الأعضاء على تقديم تعليقات ساعدت على تحسين هذا الفصل.

المراجع

Andersen, Jesper H., and others (2013). Human uses, pressures and impacts in the eastern North Sea. Technical report, Danish Centre for Environment and Energy, No. 18.

Andersen, Jesper H., and others (2017). Potential for cumulative effects of human stressors on fish, sea birds and marine mammals in Arctic waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 184, pp. 202–206.

Anthony, Kenneth R.N. (2016). Coral reefs under climate change and ocean acidification: challenges and opportunities for management and policy. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 41, pp. 59–81.

Anthony, Kenneth R.N., and others (2013). *A Framework for Understanding Cumulative Impacts, Supporting Environmental Decisions and Informing Resilience Based Management of the Great Barrier Reef World Heritage Area*. Final Report to the Great Barrier Reef Marine Park Authority and Department of the Environment.

Ban, Natalie C., and others (2010). Cumulative impact mapping: advances, relevance and limitations to marine management and conservation, using Canada's Pacific waters as a case study. *Marine Policy*, vol. 34, No. 5, pp. 876–886.

Battista, Willow, and others (2017). Comprehensive Assessment of Risk to Ecosystems (CARE): a cumulative ecosystem risk assessment tool. *Fisheries Research*, vol. 185, pp. 115–129.

Beaugrand, Gregory (2003). Long-term changes in copepod abundance and diversity in the north-east Atlantic in relation to fluctuations in the hydroclimatic environment. *Fisheries Oceanography*, vol. 12, Nos. 4–5, pp. 270–283.

Ben Rais Lasram, F., and others (2016). Cumulative human threats on fish biodiversity components in Tunisian waters. *Mediterranean Marine Science*, vol. 17, No. 1, pp. 190–201.

Bessell-Browne, Pia, and others (2017). Cumulative impacts: thermally bleached corals have reduced capacity to clear deposited sediment. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, pp. 2716.

Bevilacqua, S., and others (2018). A regional assessment of cumulative impact mapping on Mediterranean coralligenous outcrops. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, pp. 1–11.

Borgwardt, Florian, and others (2019). Exploring variability in environmental impact risk from human activities across aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, vol. 652, pp. 1396–1408.

Borja, Angel, and others (2016). Bridging the gap between policy and science in assessing the health status of marine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 175.

Briscoe, Dana K., and others (2016). Are we missing important areas in pelagic marine conservation? Redefining conservation hotspots in the ocean. *Endangered Species Research*, vol. 29, No. 3, pp. 229–237.

Brodersen, Maren Myrto, and others (2018). Cumulative impacts from multiple human activities on seagrass meadows in eastern Mediterranean waters: the case of Saronikos Gulf (Aegean Sea, Greece). *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, No. 27, pp. 26809–26822.

Burrows, Michael T., and others (2011). The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems. *Science*, vol. 334, No. 6056, pp. 652–655.

Coll, Marta, and others (2016). Modelling the cumulative spatial–temporal effects of environmental drivers and fishing in a NW Mediterranean marine ecosystem. *Ecological Modelling*, vol. 331, pp. 100–114.

Cormier, Roland, and others (2017). Moving from ecosystem-based policy objectives to operational implementation of ecosystem-based management measures. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1, pp. 406–413.

Cormier, Roland, and others (2018). The science-policy interface of risk-based freshwater and marine management systems: from concepts to practical tools. *Journal of Environmental Management*, vol. 226, pp. 340–346.

Corrales, X., and others (2017). Hindcasting the dynamics of an Eastern Mediterranean marine ecosystem under the impacts of multiple stressors. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 580, pp. 17–36.

Corrales, X., and others (2018). Future scenarios of marine resources and ecosystem conditions in the Eastern Mediterranean under the impacts of fishing, alien species and sea warming. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, pp. 14284.

Crain, Caitlin Mullan, and others (2008). Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. *Ecology Letters*, vol. 11, No. 12, pp. 1304–1315.

Culloch, Ross M., and others (2016). Effect of construction-related activities and vessel traffic on marine mammals. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 549, pp. 231–242.

Curtin, Richard, and Raúl Prellezo (2010). Understanding marine ecosystem-based management: a literature review. *Marine Policy*, vol. 34, No. 5, pp. 821–830.

Dambacher, Jeffrey M., and others (2009). Qualitative modelling and indicators of exploited ecosystems. *Fish and Fisheries*, vol. 10, pp. 305–322.

Davies, T.E., and others (2017). Large marine protected areas represent biodiversity now and under climate change. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, p. 9569.

De'ath, Glenn, and others (2012). The 27-year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 109, No. 44, pp. 17995–17999.

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.

Depellegrin, Daniel (2016). Assessing cumulative visual impacts in coastal areas of the Baltic Sea. *Ocean and Coastal Management*, vol. 119, pp. 184–198.

Depellegrin, Daniel, and others (2017). Multi-objective spatial tools to inform maritime spatial planning in the Adriatic Sea. *Science of the Total Environment*, vol. 609, pp. 1627–1639.

Dethier, Megan N., and others (2016). Multiscale impacts of armoring on Salish Sea shorelines: evidence for cumulative and threshold effects. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 175, pp. 106–117.

Dunstan, P.K., and others (2019). Draft guidelines for analysis of cumulative impacts and risks to the Great Barrier Reef. Report to the National Environmental Science Programme. Marine Biodiversity Hub. CSIRO.

Elliott, M., and others (2017). "And DPSIR begat DAPSI (W) R (M)!": a unifying framework for marine environmental management. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 118, Nos. 1–2, pp. 27–40.

Elliott, Michael, and others (2020). Activity-footprints, pressures-footprints and effects-footprints: walking the pathway to determining and managing human impacts in the sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 155, p. 111201.

Ellison, William T., and others (2016). Modeling the aggregated exposure and responses of bowhead whales Balaena mysticetus to multiple sources of anthropogenic underwater sound. *Endangered Species Research*, vol. 30, pp. 95–108.

Emeis, Kay-Christian, and others (2015). The North Sea: a shelf sea in the Anthropocene. *Journal of Marine Systems*, vol. 141, pp. 18–33.

Engelhard, Georg H., and others (2014). Climate change and fishing: a century of shifting distribution in North Sea cod. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 8, pp. 2473–2483.

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. *Australian Government Department of the Environment and Energy, Canberra*.

Faulkner, Rebecca C., and others (2018). Guiding principles for assessing the impact of underwater noise. *Journal of Applied Ecology*.

Fernandes, Maria da Luz, and others (2017). How does the cumulative impacts approach support Maritime Spatial Planning? *Ecological Indicators*, vol. 73, pp. 189–202. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.014.

Fock, Heino (2011). Integrating multiple pressures at different spatial and temporal scales: a concept for relative ecological risk assessment in the European marine environment. *Human and Ecological Risk Assessment*, vol. 17, No. 1, pp. 187–211.

Fock, Heino, and others (2014). An early footprint of fisheries: changes for a demersal fish assemblage in the German Bight from 1902–1932 to 1991–2009. *Journal of Sea Research*, vol. 85, pp. 325–335.

Foden, Jo, and others (2011). Human pressures on UK seabed habitats: a cumulative impact assessment. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 428, pp. 33–47.

Foley, Melissa M., and others (2017). The challenges and opportunities in cumulative effects assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 62, pp. 122–134.

Foster, Scott D., and others (2014). The cumulative effect of trawl fishing on a multispecies fish assemblage in south-eastern Australia. *Journal of Applied Ecology*, vol. 52, No. 1, pp. 129–139.

Frelat, Romain, and others (2017). Community ecology in 3D: tensor decomposition reveals spatio-temporal dynamics of large ecological communities. *PLOS One*, vol. 12, No. 11. p. e0188205.

Gerakaris, V., and others (2017). Effectiveness of Posidonia oceanica biotic indices for assessing the ecological status of coastal waters in Saronikos Gulf (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). *Mediterranean Marine Science*, vol. 18, No. 1, pp. 161–178.

Gissi, Elena, and others (2017). Addressing uncertainty in modelling cumulative impacts within maritime spatial planning in the Adriatic and Ionian region. *PLOS One*, vol. 12, No. 7, p. e0180501.

Grech, A., and others (2011). A broad-scale assessment of the risk to coastal seagrasses from cumulative threats. *Marine Policy*, vol. 35, No. 5, pp. 560–567.

Green, Stephanie J., and others (2017). Oil sands and the marine environment: current knowledge and future challenges. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 15, No. 2, pp. 74–83.

Gregory, Robin, and others (2012). *Structured Decision Making: A Practical Guide to Environmental Management Choices*. John Wiley and Sons.

Halpern, Benjamin S., and others (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, vol. 319, No. 5865, pp. 948–952.

Halpern, Benjamin S., and others (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications*, vol. 6, p. 7615.

Halpern, Benjamin S., and Rod Fujita (2013). Assumptions, challenges, and future directions in cumulative impact analysis. *Ecosphere*, vol. 4, No. 10, pp. 1–11.

Hayes, K.R., and others (2015). Identifying indicators and essential variables for marine ecosystems. *Ecological Indicators*, vol. 57, pp. 409–419.

Hazeem, Layla J., and others (2016). Cumulative effect of zinc oxide and titanium oxide nanoparticles on growth and chlorophyll a content of Picochlorum sp. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, No. 3, pp. 2821–2830.

Hegmann, George, and others (1999). *Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide*. Citeseer.

Hiddink, Jan Geert, 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.

Holt, J.T., and others (2012). Oceanic controls on the primary production of the northwest European continental shelf: model experiments under recent past conditions and a potential future scenario. *Biogeosciences*, vol. 9, pp. 97–117.

Hoshino, Eriko, and others (2016). A Bayesian belief network model for community-based coastal resource management in the Kei Islands, Indonesia. *Ecology and Society*, vol. 21, No. 2.

Hughes, Terry P., and others (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, vol. 543, No. 7645, p. 373.

Hunsicker, Mary E., and others (2016). Characterizing driver–response relationships in marine pelagic ecosystems for improved ocean management. *Ecological Applications*, vol. 26, No. 3, pp. 651–663.

International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2019). *Workshop on Cumulative Effects Assessment Approaches in Management (WKCEAM)*, vol. 1, No. 17. ICES Scientific Reports. https://doi.org/10.17895/ices.pub.5226.

Ihde, Thomas F., and Howard M. Townsend (2017). Accounting for multiple stressors influencing living marine resources in a complex estuarine ecosystem using an Atlantis model. *Ecological Modelling*, vol. 365, pp. 1–9.

Johnson, Chris J. (2016). Defining and Identifying Cumulative Environmental, Health, and Community Impacts. In *The Integration Imperative*, pp. 21–45. Springer.

Johnson, David, and others (2018). Climate change is likely to severely limit the effectiveness of deep-sea ABMTs in the North Atlantic. *Marine Policy*, vol. 87, pp. 111–122.

Jones, Alice R., and others (2018). Capturing expert uncertainty in spatial cumulative impact assessments. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, p. 1469.

Kappel, Carrie V., and others (2012). Mapping cumulative impacts of human activities on marine ecosystems. Boston, Massachusetts: SeaPlan.

Katsanevakis, Stelios, and others (2016). Mapping the impact of alien species on marine ecosystems: the Mediterranean Sea case study. *Diversity and Distributions*, vol. 22, No. 6, pp. 694–707. https://doi.org/10.1111/ddi.12429.

Kenny, Andrew J., and others (2009). An integrated approach for assessing the relative significance of human pressures and environmental forcing on the status of large marine ecosystems. *Progress in Oceanography*, vol. 81, Nos. 1–4, pp. 132–148.

Kenny, Andrew J., and others (2018). Assessing cumulative human activities, pressures, and impacts on North Sea benthic habitats using a biological traits approach. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 3, pp. 1080–1092.

Knights, Antony M., and others (2015). An exposure-effect approach for evaluating ecosystem-wide risks from human activities. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 72, No. 3, pp. 1105–1115.

Korpinen, Samuli, and others (2012). Human pressures and their potential impact on the Baltic Sea ecosystem. *Ecological Indicators*, vol. 15, No. 1, pp. 105–114.

Korpinen, Samuli, and Jesper H. Andersen (2016). A global review of cumulative pressure and impact assessments in marine environments. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 153.

Large, Scott I., and others (2015). Quantifying patterns of change in marine ecosystem response to multiple pressures. *PLOS One*, vol. 10, No. 3, p. e0119922.

Le, Jennifer T., and others (2017). Incorporating ecosystem services into environmental management of deep-seabed mining. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 137, pp. 486–503.

Levin, Phillip S., and others (2009). Integrated ecosystem assessments: developing the scientific basis for ecosystem–based management of the ocean. *PLOS Biology*, vol. 7, No. 1, p. e1000014.

Lucke, Klaus, and others (2016). Auditory sensitivity in aquatic animals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 139, No. 6, pp. 3097–3101.

Lukic, I., and others (2018). *Handbook for Developing Visions in MSP. Technical Study under the Assistance Mechanism for the Implementation of Maritime Spatial Planning.* www.msp–platform.eu/sites/default/files/vision_handbook.pdf.

Lundquist, Carolyn J., and others (2016). Science and societal partnerships to address cumulative impacts. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 2.

Lynam, Christopher Philip, and others (2017). Interaction between top–down and bottom–up control in marine food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 114, No. 8, pp. 1952–1957.

Ma, Deqiang, and others (2017). The cumulative effects assessment of a coastal ecological restoration project in China: an integrated perspective. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 118, Nos. 1–2, pp. 254–260.

Mach, Megan E., and others (2017). Assessment and management of cumulative impacts in California's network of marine protected areas. *Ocean and Coastal Management*, vol. 137, pp. 1–11.

Magris, Rafael, and others (2018). Cumulative Human Impacts on Coral Reefs: Assessing Risk and Management Implications for Brazilian Coral Reefs. *Diversity*, vol. 10, No. 2, pp. 26.

Marcotte, Danielle, and others (2015). Mapping cumulative impacts on Hong Kong's pink dolphin population. *Ocean and Coastal Management*, vol. 109, pp. 51–63.

Marzloff, Martin Pierre, and others (2016). Modelling marine community responses to climate–driven species redistribution to guide monitoring and adaptive ecosystem–based management. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 7, pp. 2462–2474.

McCauley, Douglas J., and others (2015). Marine defaunation: animal loss in the global ocean. *Science*, vol. 347, No. 6219, p. 1255641.

McQuatters–Gollop, Abigail, and others (2007). A long–term chlorophyll dataset reveals regime shift in North Sea phytoplankton biomass unconnected to nutrient levels. *Limnology and Oceanography*, vol. 52, No. 2, pp. 635–648.

Merchant, Nathan D., and others (2017). Marine noise budgets in practice. *Conservation Letters*, vol. 11, No. 3, p. e12420.

Micheli, Fiorenza, and others (2016). Combined impacts of natural and human disturbances on rocky shore communities. *Ocean and Coastal Management*, vol. 126, pp. 42–50.

Murray, Cathryn Clarke, and others (2015). Advancing marine cumulative effects mapping: an update in Canada's Pacific waters. *Marine Policy*, vol. 58, pp. 71–77.

Nicol, Sam, and others (2019). Quantifying the impact of uncertainty on threat management for biodiversity. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, pp. 1–14.

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

Pérez–Jorge, Sergi, and others (2017). Estimating the cumulative effects of the nature–based tourism in a coastal dolphin population from southern Kenya. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 140, pp. 278–289.

Piet, Gerjan, and others (2017). Ecological risk assessments to guide decision–making: methodology matters. *Environmental Science and Policy*, vol. 68, pp. 1–9.

Piet, Gerjan, and others (2019). An integrated risk–based assessment of the North Sea to guide ecosystem–based management. *Science of the Total Environment*, vol. 654, pp. 694–704.

Plagányi, Éva E., and Elizabeth A. Fulton (2017). The Future of Modeling to Support Conservation Decisions in the Anthropocene Ocean. In *Conservation for the Anthropocene Ocean*, pp. 423–445. Elsevier.

Qian, Jie, and others (2017). Alteration in successional trajectories of bacterioplankton communities in response to co-exposure of cadmium and phenanthrene in coastal water microcosms. *Environmental Pollution*, vol. 221, pp. 480–490.

Reid, Philip C., and others (2001). Pulses in the eastern margin current and warmer water off the north west European shelf linked to North Sea ecosystem changes. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 215, pp. 283–287.

Richards, Zoe T., and Jon C. Day (2018). Biodiversity of the Great Barrier Reef: how adequately is it protected? *PeerJ*, vol. 6, p. e4747.

Rijnsdorp, A.D., and others (2016). Towards a framework for the quantitative assessment of trawling impact on the seabed and benthic ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 73, supplement No. 1, pp. i127–i138.

Riskas, Kimberly A., and others (2016). Justifying the need for collaborative management of fisheries bycatch: a lesson from marine turtles in Australia. *Biological Conservation*, vol. 196, pp. 40–47.

Roberson, Leslie A., and others (2017). Pelagic bioregionalisation using open-access data for better planning of marine protected area networks. *Ocean and Coastal Management*, vol. 148, pp. 214–230.

Robinson, Leonie A., and others (2013). *ODEMM Pressure Assessment Userguide V.2. ODEMM Guidance Document Series No. 4.* Liverpool: University of Liverpool.

Rochet, Marie-Joëlle, and others (2010). Do changes in environmental and fishing pressures impact marine communities? An empirical assessment. *Journal of Applied Ecology*, vol. 47, No. 4, pp. 741–750.

Saarman, Emily T., and others (2018). An ecological framework for informing permitting decisions on scientific activities in protected areas. *PLOS One*, vol. 13, No. 6, p. e0199126.

Samhouri, Jameal F., and Phillip S. Levin (2012). Linking land- and sea-based activities to risk in coastal ecosystems. *Biological Conservation*, vol. 145, No. 1, pp. 118–129.

Samhouri, Jameal F., and others (2012). Sea sick? Setting targets to assess ocean health and ecosystem services. *Ecosphere*, vol. 3, No. 5, pp. 1–18.

Samhouri, Jameal F., and others (2017). Defining ecosystem thresholds for human activities and environmental pressures in the California Current. *Ecosphere*, vol. 8, No. 6, p. e01860.

Sguotti, Camilla, and others (2016). Distribution of skates and sharks in the North Sea: 112 years of change. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 8, pp. 2729–2743.

Singh, Gerald G., and others (2017). Mechanisms and risk of cumulative impacts to coastal ecosystem services: an expert elicitation approach. *Journal of Environmental Management*, vol. 199, pp. 229–241.

Smeets, Edith, and Rob Weterings (1999). *Environmental Indicators: Typology and Overview*. Technical report No. 25. European Environment Agency.

Smith G., and C. Spillman (2020). Ocean Temperature Outlooks: Coral Bleaching Risk – Great Barrier Reef and Australian waters. Bureau Research Report No. 43, Bureau of Meteorology.

Sonntag, Nicholas C., and others (1987). *Cumulative Effects Assessment: A Context for Further Research and Development*. (No. 333.70971 C971). Canadian Environmental Assessment Research Council.

Spaling, Harry, and Barry Smit (1993). Cumulative environmental change: conceptual frameworks, evaluation approaches, and institutional perspectives. *Environmental Management*, vol. 17, No. 5, pp. 587–600.

Stelzenmüller, Vanessa, and others (2010). Quantifying cumulative impacts of human pressures on the marine environment: a geospatial modelling framework. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 398, pp. 19–32.

Stelzenmüller, Vanessa, and others (2015). Quantitative environmental risk assessments in the context of marine spatial management: current approaches and some perspectives. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 72, No. 3, pp. 1022–1042.

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.

Stelzenmüller, Vanessa, and others (2020). Operationalizing risk-based cumulative effect assessments in the marine environment. *Science of the Total Environment*, vol. 724, p. 138118.

Stephenson, Robert L., and others (2019). A practical framework for implementing and evaluating integrated management of marine activities. *Ocean and Coastal Management*, vol. 177, pp. 127–138.

Steven, Andrew D.L., and others (2019). SIMA Austral: an operational information system for managing the Chilean aquaculture industry with international application. *Journal of Operational Oceanography*, vol. 12, supplement No. 2, pp. S29–S46.

Stock, Andy, and Fiorenza Micheli (2016). Effects of model assumptions and data quality on spatial cumulative human impact assessments. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 25, No. 11, pp. 1321–1332.

Stortini, Christine H., and others (2017). Marine species in ambient low-oxygen regions subject to double jeopardy impacts of climate change. *Global Change Biology*, vol. 23, No. 6, pp. 2284–2296.

Teichert, Nils, and others (2016). Restoring fish ecological quality in estuaries: implication of interactive and cumulative effects among anthropogenic stressors. *Science of the Total Environment*, vol. 542, pp. 383–393.

Thrush, Simon, and others (2016). Addressing surprise and uncertain futures in marine science, marine governance, and society. *Ecology and Society*, vol. 21, p. 22.

Trop, Tamar (2017). An overview of the management policy for marine sand mining in Israeli Mediterranean shallow waters. *Ocean and Coastal Management*, vol. 146, pp. 77–88.

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

_____ (2017b).Chapter 54: Overall assessment of human impact on the oceans. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Cambridge: Cambridge University Press.

Uthicke, Sven, and others (2016). Multiple and cumulative impacts on the GBR: assessment of current status and development of improved approaches for management. *Final Report Project*, vol. 1.

Weijerman, Mariska, and others (2005). Regime shifts in marine ecosystems of the North Sea and Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 298, pp. 21–39.

Willsteed, Edward, and others (2017). Assessing the cumulative environmental effects of marine renewable energy developments: establishing common ground. *Science of the Total Environment*, vol. 577, pp. 19–32.

Wu, Zaixing, and others (2016). A methodology for assessing and mapping pressure of human activities on coastal region based on stepwise logic decision process and GIS technology. *Ocean and Coastal Management*, vol. 120, pp. 80–87.

Zhang, Chang Ik, and others (2011). An IFRAME approach for assessing impacts of climate change on fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, No. 6, pp. 1318–1328.

Zhao, ShuJiang, and others (2016). A preliminary analysis of fishery resource exhaustion in the context of biodiversity decline. *Science China Earth Sciences*, vol. 59, No. 2, pp. 223–235.

الجزء السادس
الاتجاهات المتعلقة بالنهج الإدارية المتبعة حيال البيئة البحرية

الفصل 26
التطورات في تخطيط الحيز البحري

المساهمون: ألان سيمكوك (منظم الاجتماعات والعضو الرئيسي)؛ يارباس بونيتي، ولويس سيليرز، وكارِن أفينز (عضو رئيسي مشارك)، وليا ندرا غونسالفيس، وماركوس بوليت، وجوليان رينا، وكا ثان فو (عضو رئيسي مشارك).

النقاط الرئيسية

- اتساع نطاق الأنشطة البشرية وما يرتبط بها من آثار على البيئة البحرية يعني ازدياد التضارب بين الاستخدامات المختلفة للمحيطات. ويشكل تخطيط الحيز البحري وسيلة فعالة لحل ذلك التضارب.
- وعلى مدى العقدين الماضيين، ازداد إدراج تخطيط الحيز البحري في العديد من مناطق الاختصاص، بأشكال متنوعة: بعضها هو عبارة عن مجرد خطط لتقسيم المناطق؛ وبعضها الآخر يشمل نظم إدارة أكثر تعقيدا.
- ويتفاوت الوضع القانوني لتخطيط الحيز البحري بين مناطق الاختصاصة: ففي بعض منها يكون عبارة عن إرشادات تؤخذ في الاعتبار؛ وفي مناطق أخرى يكون لديه أثر قانوني يقيد قرارات إدارية محددة.
- وبصورة عامة، يكون تخطيط الحيز البحري أكثر فعالية حيثما تم تطويره بمشاركة جميع السلطات والجهات المعنية صاحبة المصلحة.

1 - مقدمة

كما لوحظ في موجز التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017)، "الأنشطة البشرية صارت لها اليوم آثار على المحيطات هي من الكثرة والقوة بحيث إن المحيطات ماضية نحو فقدان قدرتها الاستيعابية (أو تكون قد فقدتها بالفعل في بعض الحالات)". وتشمل أسباب هذه الآثار تكثيف وتوسيع نطاق مجالات جديدة للاستخدامات التقليدية للبحار، وتطوير استخدامات جديدة أيضا. ولا يمكن اعتبار استخدام الحيز المحيطي، بصورة متزايدة، أمرا مسلما به، وسوف تتضارب الاستخدامات فيما بينها، ولا سيما في المناطق الساحلية. ويُناقَش في هذا الفصل دور تخطيط الحيز البحري بوصفه نهجا يهدف إلى تخطيط وإدارة هذا التضارب المحتمل.

ففي أغلب الأحيان، تتجاوز الطلبات على السلع والخدمات من مناطق بحرية تقع داخل إحدى الولايات الوطنية قدرة تلك المناطق على تلبية جميع الطلبات. وفي غياب أطر تنظيمية خاصة، يمكن أن تتعرض الموارد البحرية للاستغلال المفرط، وقد تؤدي الاستخدامات الأخرى للبحار (مثل رمي النفايات) إلى تدهور البيئة البحرية. ولا تراعى، في أغلب الأحيان، العوامل الخارجية لهذا الاستغلال والاستخدام في نظم الأسواق المعنية، وقد تدعو الحاجة إلى تحديد المفضالات الفعالة في تخصيص الاستخدامات البحرية (Tuda, 2014). ولذلك، قد يكون من المستصوب إجراء عملية عامة للتوفيق بين جميع هذه العوامل.

وفي الوقت نفسه، يزداد إدراك أهمية المحيطات في تحقيق التنمية المستدامة. فقد وضعت بلدان كثيرة برامج لضمان التوسع المستدام في استخدام مواردها البحرية ("الاقتصاد الأزرق") من أجل تحقيق التنمية الاقتصادية في سياق أهداف التنمية المستدامة[1] (International Organization of Supreme Audit Institutions, 2019).

1-1 - تخطيط الحيز البحري في التقييم العالمي الأول للمحيطات

لم يُعامل تخطيط الحيز البحري كموضوع مستقل في التقييم العالمي الأول، رغم أن أهميته قد لوحظت في الفصول المتعلقة بخدمات النظم الإيكولوجية، والتفاعلات الفيزيائية بين البر والبحر، والطاقة البحرية المتجددة،

[1] انظر قرار الجمعية العامة للأمم المتحدة 70/1.

والتنمية الهيدروكربونية البحرية، ومصائد الأسماك (United Nations, 2017). وعُرِّفَ تخطيط الحيز البحري بأنه "العملية العامة لتحليل التوزّع المكاني والزمني للأنشطة البشرية في المناطق البحرية وتوزيعها من أجل تحقيق الأهداف الإيكولوجية والاقتصادية والاجتماعية التي يجري عادة تحديدها من خلال عمليات سياسية" (United Nations, 2017, chap. 15).

2 - أنواع تخطيط الحيز البحري

لا يوجد حتى الآن اتفاق واسع النطاق بشأن طبيعة تخطيط الحيز البحري أو كيفية تقييمه (Plasman, 2008). ولكن تم توضيح العلاقة بين تخطيط الحيز البحري والمصطلحات مثل الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية، وإدارة استخدامات البحار، وتقسيم المحيطات إلى مناطق (Ehler and Douvere، 2009).

ويشمل مفهوم تخطيط الحيز البحري طائفة من العمليات. ففي أبسط الحالات، قد ينطوي على إنتاج خطة تخصص المناطق لأنشطة مختلفة. وفي الطرف الآخر من الطيف، قد يوفر نظاما معقدا لتخطيط الأنشطة في المحيطات، بما في ذلك عناصر التخطيط والإدارة والترخيص والإنفاذ (انظر استعراضات Collie and others) 2013؛ و Jones and others, 2016). والقرارات المتعلقة بتحديد نوع تخطيط الحيز البحري المناسب حسب كل منطقة من المناطق تأخذ في الاعتبار مدى الضغوط التي تتعرض لها المحيطات وحدتها، والأطر الإدارية الوطنية والمحلية ومستوى التنمية الاقتصادية (Douvere and Ehler, 2009).

وقد نفذت بلدان عديدة بالفعل بعض أشكال الضوابط على أعمال التطوير في الأراضي، الأمر الذي يقيد قدرات مالكي الأراضي على تطوير وممتلكاتهم تغيير استخدامهم لها. ويختلف النطاق الدقيق لهذه الضوابط (منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، 2017). وقد وضع غالبية البلدان أيضا نظما لتنظيم الأنشطة الساحلية والبحرية. وحدد استعراض قامت به لجنة أوسبار لحماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي الجوانب التالية بوصفها الجوانب التي يمكن أن يغطيها تخطيط الحيز البحري: الدفاعات الساحلية واستصلاح الأراضي البحرية؛ وإلقاء النفايات في البحر؛ ومصائد الأسماك؛ والمنشآت المرفئية والجَرف الملاحي؛ وتربية الأحياء البحرية؛ والمعادن في قاع البحار غير النفط والغاز؛ وحماية الطبيعة؛ والملاحة؛ والنفط والغاز في البحر؛ وخطوط الأنابيب والكابلات؛ والاستجمام (بما في ذلك مراكب السباحة والترفيه)؛ والتراث الثقافي المغمور بالمياه؛ وطاقة الرياح والأمواج؛ والحطام وغيره من المعالم التاريخية (Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 2009).

وبالإضافة إلى ذلك، أنشأت بلدان كثيرة نظما لتعزيز استخدام البحار والموارد البحرية لأغراض التنمية الاقتصادية. وينطبق ذلك بصفة خاصة على استكشاف واستغلال الهيدروكربونات البحرية (انظر الفصل 19) ومنشآت الطاقة البحرية المتجددة (انظر الفصل 21). ولكن، يمكن أن تمتد الجوانب الاجتماعية والاقتصادية لتخطيط الحيز البحري إلى ما هو أبعد بكثير من التخطيط البسيط لموقع المنشآت البحرية ويمكن أن تغطي أيضا النظر في الطريقة التي تُعَزَّز من خلالها القطاعات البحرية للاقتصاد الساحلي والدخل الإجمالي للأسر المعيشية في المجتمعات الساحلية (Jay, 2017).

ولوحظ أن تخطيط الحيز البحري مرتبط بعدد من الأدوات والنهج الأخرى التي يمكن أن تساعد في إدارة أوجه التضارب بين مختلف أصحاب المصلحة من خلال المشاركة، مثل الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية، والمناطق البحرية المحمية، ونهج النظام الإيكولوجي في مصائد الأسماك (United Nations, 2017).

ويتضح من المجموعة الواسعة من الأطر التنظيمية ونظم التنمية الاقتصادية أن هناك حاجة إلى إدماج هذه الضوابط، كيلا تكون متضاربة ولكي تسمح باتباع نهج متسق. ففي هذا السياق يكون تخطيط الحيز البحري مفيدا (Ehler and Douvere, 2009).

وبالنظر إلى المجموعة الواسعة من العناصر المحتملة التي يتعين تغطيتها في إطار تخطيط الحيز البحري، ونطاق أنواع التخطيط، تختلف نظم التخطيط اختلافا كبيرا، ولكن جرت محاولات لوضع ممارسات جيدة (مثل Foley and others, 2010). ومن هذه المحاولات دليل تخطيط الحيز البحري: نهج تدريجي نحو الإدارة القائمة على النظام الإيكولوجي الذي وضعته منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو) (Ehler and Douvere, 2009).

3 - تخطيط الحيز البحري: نهج تدريجي نحو إدارة النظم الإيكولوجية

على الرغم من أن التفكير الأولي بشأن تخطيط الاستخدامات المتعددة في المناطق الساحلية والمحيطية قد حصل خلال الثمانينيات (انظر الفرع 5-4، الصين) بدأ يزداد الاهتمام بتخطيط الحيز البحري بسرعة في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. وأدركت منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة أن تخطيط الحيز البحري يمكن أن يسهم إسهاما مفيدا في كل من برنامج الإنسان والمحيط الحيوي وعمل اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات (Ehler, 2007). وفي عام 2006، نُظمت حلقة عمل أدت إلى وضع دليل لتخطيط الحيز البحري (Ehler and Douvere, 2009).

وأوصي في الدليل باتباع عشر خطوات في عملية تخطيط الحيز البحري. وهذه الخطوات ليست عملية خطية، حيث ينبغي أن تكون حلقات استجابة، وفرص إجراء الاستعراض والتنقيح أثناء تنفيذ العملية موجودة منذ البداية (Ehler and Douvere, 2009):

الخطوة 1: تحديد الحاجة وإنشاء السلطة - يشمل ذلك صياغة واضحة للأسباب التي تدعو إلى تخطيط الحيز البحري، وإنشاء السلطة المختصة بتخطيط وتنفيذ هذه العملية. ففي معظم مبادرات تخطيط الحيز البحري في العالم، تنشأ في الكثير من الأحيان سلطة جديدة لتخطيط الحيز البحري، في حين تقوم سلطات ومؤسسات قائمة بعملية التنفيذ؛

الخطوة 2: الحصول على الدعم المالي - يشمل ذلك إعداد خطة مالية تقدّر التكاليف التي ينطوي عليها وضع وتنفيذ تخطيط الحيز البحري، وتحديد المصادر التي يمكن من خلالها تسديد تلك التكاليف. وغالبا ما يكون تحديد مصادر بديلة ضروريا لأن الوكالات تُسنَد إليها مسؤوليات في كثير من الأحيان للاضطلاع بأنشطة في مجال تخطيط الحيّز البحري من دون الحصول على مبالغ مالية إضافية. وفي حالات كثيرة، سيكون من المناسب فرض ضريبة أو رسم على الأنشطة المأذون بها بموجب الخطة؛

الخطوة 3: تنظيم العملية من خلال التخطيط المسبق - يتطلب تخطيط الحيز البحري تحضيرا كبيرا، بسبل منها تشكيل فريق متعدد التخصصات لوضع خطة عمل، وتحديد الحدود والإطار الزمني والمبادئ والغايات والأهداف، وتحديد المخاطر ووضع خطط الطوارئ؛

الخطوة 4: تنظيم مشاركة أصحاب المصلحة - من الضروري إشراك أصحاب المصلحة الرئيسيين في القيام بتخطيط الحيز البحري، وخاصة لأن عملية التخطيط تهدف إلى تحقيق عدد من الأهداف الاجتماعية والاقتصادية والإيكولوجية، ولذلك ينبغي أن تعكس أكبر قدر من التوقعات أو الفرص أو النزاعات في المنطقة قيد النظر. وتشمل هذه الخطوة تحديد الجهات التي ينبغي أن تشارك، وتوقيت وطريقة مشاركتها في عملية التخطيط؛

الخطوة 5: تحديد وتحليل الظروف القائمة – من الضروري معرفة المناطق البحرية لوضع خطة حيز بحري مفيدة لها. ولذلك من المهم إعداد قوائم جرد للمعلومات ذات الصلة من أجل إنشاء عملية التخطيط. وينبغي أن تتضمن قوائم الجرد معلومات عن الظروف الإيكولوجية والبيئية والأوقيانوغرافية، وعن الأنشطة البشرية في المنطقة، التي يتم تحديدها حسب المنطقة المشمولة بالتخطيط. ثمّ ينبغي تحديد أوجه التعارض والتوافق فيما بين الاستخدامات البشرية القائمة وبين تلك الاستخدامات وحماية البيئة البحرية وحفظها؛

الخطوة 6: تحديد وتحليل الظروف المستقبلية – يشمل ذلك تقييم التنمية المحتملة مستقبلا في المنطقة البحرية إذا لم تحدث أي تغييرات ("سير العمل كالمعتاد")، وتقدير أثر الطلبات الجديدة على الحيز البحري، وتحديد سيناريوهات بديلة لمستقبل المنطقة. والنتيجة التي ستسفر عنها هذه الخطوة هي اختيار سيناريو مفضل ستعمل على تحقيقه عملية تخطيط الحيز البحري؛

الخطوة 7: إعداد خطة إدارة الحيز البحري والموافقة عليها – في إطار هذه الخطوة، ينبغي وضع خطة لإدارة الحيز البحري لتحديد تدابير إدارية معينة يمكن أن تحقق السيناريو المفضل، ورسم معايير اختيار التدابير، ووضع خطة لتقسيم المناطق، ثم تقييم خطة إدارة الحيز والموافقة عليها من خلال عملية رسمية؛

الخطوة 8: تنفيذ خطة إدارة الحيز وإنفاذها – في هذه المرحلة، تنتهي مرحلة التخطيط وتبدأ مرحلة التنفيذ. وستضطلع المؤسسات ذات الصلة بإجراءات ترمي إلى التنفيذ، وتكفل الامتثال لخطة الإدارة المكانية البحرية، بسبل منها إجراءات الإنفاذ. وتتطلب هذه الأنشطة استمرار ورود معلومات جديدة بشأن ما يجري التخطيط له بالفعل في المنطقة البحرية، واتخاذ مجموعة كبيرة من المؤسسات إجراءات لجمع تلك المعلومات وتقييمها والاستجابة لها؛

الخطوة 9: رصد الأداء وتقييمه – كما هي الحال في جميع أنشطة السياسات، هناك حاجة إلى إعادة النظر في الخلاصات المعتمدة ورصد التقدم المحرز. وفيما يتعلق بتخطيط الحيز البحري، يكتسي تقييم حالة النظام البيئي أهمية بالإضافة إلى قياس أداء تدابير الإدارة؛

الخطوة 10: تكييف عملية إدارة الحيز البحري – ستستخدم النتائج المستخلصة من الرصد والتقييم لتكييف تخطيط الحيز البحري والإدارة بحيث تكون للإجراءات التي تمليها الخطة آثارها المتوخاة.

وقد يتعين أن يشمل تخطيط الحيز البحري خطة استثمار وتنمية لتوفير البنية التحتية والمعدات و،قبل كل شيء، الأشخاص المهرة اللازمين لضمان التنمية المنشودة "للاقتصاد الأزرق"، أو أن يكون مصحوبا بهذه العناصر (Schultz-Zehden and others, 2019). ويمكن أن يكون استعراض العلوم والتكنولوجيا ذو الصلة مفيدا أيضا (Pinarbası and others, 2017). وإشراك أصحاب المصلحة مهم أيضا. وقد بدأت تظهر دراسات بشأن الجوانب العملية لإشراك أصحاب المصلحة (Twoomey and O'Mahony, 2019، مثلا).

4 – أدوات تخطيط الحيز البحري

يغطي تخطيط الحيز البحري نطاقا من العمليات يتراوح بين عملية وضع خطة لمنطقة بحرية معينة وبين مجموعة من نظم إدارة الآثار البشرية على المحيطات من خلال تخطيط الأنشطة البشرية وإدارتها والترخيص لها وتنظيمها ومراقبتها وإنفاذها. ويجري تناول نُهج الإدارة في الفصل 27.

وكما ذكر أعلاه، تشكل المعلومات المتعلقة بالظروف الإيكولوجية والبيئية والأوقيانوغرافية في المنطقة البحرية التي يُعَدّ تخطيط الحيز البحري من أجلها أساسا

جوهريا لهذا العمل. ولذلك يشكل مسح الموائل أداة ضرورية: فإذا لم تكن الحالة الراهنة للبيئة البحرية الطبيعية معروفة على نحو مفصل إلى حد ما، فإن معرفة الآثار المحتملة لكل من السياسات وفرادى المشاريع لن تتعدى عتبة التخمين. وفيما يتعلق بالطبقة القاعية، سمحت التحسينات في تقنيات المسبار الصوتي – وخاصة فيما يتعلق بالسماح باستكشاف مناطق كاملة من قاع البحر في عملية مسح واحدة – باستكشاف قاع البحر بدقة أفضل بكثير منذ أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. وقد تسمح التقنيات الجيوفيزيائية (تقنيات الحزم الضوئية المتعددة، والمسح الجانبي، والتقنيات السيزمية) بالتأكد على نحو شامل من طبيعة قاع البحر (طين أو رمل أو حصى أو صخور)، وطبيعة الصخور وسمك الترسب. ثم يكون جمع المعلومات عن النباتات والكائنات الحية التي تدعمها مستوى ثانيا، الأمر الذي سيعطي صورة عامة عن المنطقة المعنية، إلى جانب المعلومات المتعلقة بقاع البحار. وتوفر هذه التقنيات مجموعة من المعلومات الجديدة لدعم تخطيط الحيز البحري وغيرها من عمليات وضع السياسات البحرية (Colenutt and others، 2013). وتيسّر أدوات المسح الجغرافي المكاني المتاحة على شبكة الإنترنت الوصول إلى المعلومات المفتوحة المصدر ذات الصلة بنُهُج تخطيط الحيز البحري (Menegon and others 2018، مثلا).

ولا يعطي مسح الموائل نظرة شاملة عن مكونات النظام الإيكولوجي التي تشمل مختلف الموائل، بما في ذلك أدوار مكوّنات النظام الإيكولوجي وترابطها. ولذلك، فإن لمحة عامة عن النظام الإيكولوجي في نظم تخطيط الحيز البحري الأكثر تطورا هي عادة إحدى قواعد نظام التخطيط. ومن الأمثلة على ذلك اللمحة العامة عن النظام الإيكولوجي لمنطقة الإدارة المتكاملة للساحل الشمالي للمحيط الهادئ (Lucas and others, 2007). وشمل هذا التقرير الجيولوجيا، والأرصاد الجوية والمناخ، وعلم البحار والمحيطات الفيزيائي والكيميائي، والعوالق، والنباتات البحرية، واللافقاريات، والأسماك، والثدييات البحرية، والسلاحف البحرية، والطيور البحرية.

وفي السياق نفسه، قد يكون من المستصوب، حيثما تكون مصائد الأسماك جزءا من عملية تخطيط الحيز البحري، إدراج المعارف الزمانية والمكانية المتعلقة بالأرصدة السمكية واستغلالها. وفي فرنسا، تم تطوير طريقة لدمج معارف الصيادين من أجل ضمان إمكانية إدراج هذه الجوانب في عملية تخطيط الحيز البحري (Trouillet and others, 2019).

وتهدف التقييمات البيئية الاستراتيجية إلى ضمان النظر في الجوانب ذات الصلة على نحو فعال عند وضع السياسات والخطط والبرامج، لأن القرارات التي تقيد مشاريع محددة غالبا ما تُتَّخذ على هذا المستوى الأعم. وقد اتسع نطاق تلك التقييمات، بعد أن كان مركزا في الأصل على الجوانب البيئية، ليشمل أيضا القضايا الاجتماعية والمتعلقة بالاستدامة (Fundingsland Tetlow and Hanusch 2012).

وفي الصين، نشأت هذه التقنية من العملية الإدارية الراسخة لتقييم الأثر البيئي لمشاريع محددة، ثم تجسدت في تنقيح عام 2002 لقانون تقييم الأثر البيئي، الذي نص على تقييم الخطط المتكاملة لاستخدام الأراضي والتنمية الإقليمية، وتنمية أحواض الصرف والمناطق البحرية (Zhu and others, 2005).

وفي أوروبا، نشأت هذه التقنية من اتفاقية تقييم الأثر البيئي في الإطار عبر الحدودي (اتفاقية إسبو)[2]، وهي مبينة في بروتوكول عام 2003 المتعلق بالتقييم الاستراتيجي البيئي[3]. وينص البروتوكول على ست مراحل: الفحص، لتحديد ما إذا كانت هناك حاجة إلى التقييم البيئي الاستراتيجي لتنفيذ خطة أو برنامج؛ وتحديد النطاق لمعرفة المعلومات ذات الصلة بالتقرير البيئي؛ وإعداد تقرير بيئي لتحديد ووصف وتقييم

[2] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1989, No. 34028.
[3] المرجع نفسه، المجلد 2685، الرقم 34028.

الآثار المحتملة لنشاط مقرر؛ وإبلاغ الجمهور والسلطات المعنية والدول التي قد تتأثر والتشاور معها؛ ودمج التقييم الاستراتيجي البيئي في عملية صنع القرار؛ ورصد آثار الخطط والبرامج بعد تنفيذها. ويعترف البنك الدولي بأن التقييم الاستراتيجي البيئي هو وسيلة رئيسية لإدماج الاعتبارات البيئية والاجتماعية في السياسات والخطط والبرامج (World Bank, 2013)، وقد أدمج في إدارة دعم التنمية في عدد من الدول تماشيا مع إعلان باريس بشأن فعالية المعونات لعام 2005 (OECD, 2006).

وعلى مستوى فرادى المشاريع، يهدف تقييم الأثر البيئي إلى ضمان مراعاة التبعات البيئية قبل اتخاذ قرار ببدء إجراء تغييرات مادية في البيئة (Morgan, 2012، مثلا). ويمكن أيضا العثور ضمن اتفاقية إسبو على وصف مفصل لشكل هذا التقييم المعتمد في الدول في جميع أنحاء أوروبا.

وإذا أُدرجت الجوانب الاجتماعية والاقتصادية، ستدعو الحاجة إلى إجراء دراسات استقصائية للقطاعات الصناعية البحرية التي تُعَدّ قطاعات محلية في الخطة. ولكن قد تكون هناك مشاكل في ربط القطاعات ذات الصلة بالمنطقة التي تُعَدّ الخطة من أجلها، لأن سفن الصيد قد يكون راسية في موانئ بعيدة، وقد تؤثر قطاعات أخرى خارج المنطقة على منطقة الخطة. ومن أجل إدماج جوانب اجتماعية واقتصادية أوسع نطاقا، قد يكون من المناسب إدراج دراسة استقصائية اجتماعية للمجتمعات المحلية التي تستخدم المنطقة البحرية المشمولة بعملية تخطيط الحيز البحري. وبالإضافة إلى العمالة، قد يتعين أن تشمل هذه الدراسة الاستقصائية أيضا (حسب المنطقة) الجوانب الثقافية، وحقوق الشعوب الأصلية وتقاليدها، وغير ذلك من الأشكال التقليدية لاستخدام البحار من قبل المجتمعات المحلية (Sullivan and others, 2015).

5 - التقدم المحرز في تنفيذ تخطيط الحيز البحري

5-1 - لمحة عامة

في جميع أنحاء العالم، وضعت الحكومات خططا للحيز البحري، أو، بشكل أعمّ، تقوم بوضعها. واعتُمِدَت "خارطة طريق مشتركة لتسريع عمليات تخطيط الحيز البحري على نطاق العالم" خلال المؤتمر الدولي الثاني لتخطيط الحيز البحري الذي نظمته اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات والمفوضية الأوروبية في آذار/مارس 2017 في باريس. وتتوخى خارطة الطريق إنشاء منتدى دولي للمناقشة وتبادل الآراء بشأن مسألة تخطيط الحيز البحري عبر الحدود على الصعيد الدولي. وقد عُقدت بالفعل أربع حلقات عمل للمنتدى الدولي المعني بتخطيط الحيز البحري: في بروكسل، في أيار/مايو 2018؛ وفي ريونيون، في آذار/مارس 2019؛ وفي فيغو، بإسبانيا، في أيار/مايو 2019؛ وفي ريغا، في تشرين الثاني/نوفمبر 2019. وتستند هذه الاجتماعات إلى تبادل واسع النطاق للممارسات الجيدة والمناقشات التحاورية من أجل العمل على وضع مبادئ توجيهية دولية بشأن تخطيط الحيز البحري عبر الحدود (International Oceanographic Commission (UNESCO-IOC), 2019).

ويرد في الجدول أدناه موجز للجرد العالمي لتخطيط الحيز البحري قدمته اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات (UNESCO-IOC, 2020).

وفي بحر البلطيق، تبذل جهود لوضع عملية تخطيط الحيز البحري عبر الحدود. وتحدد خارطة الطريق الإقليمية لتخطيط الحيز البحري في منطقة بحر البلطيق للفترة 2013-2020 الخطوات المقررة لتطوير وتنفيذ خطط الحيز البحري في جميع أنحاء المنطقة بحلول عام 2020. وبغية تيسير اتساق عملية تخطيط الحيز البحري، وضعت لجنة هلسنكي مبادئ توجيهية لتنفيذ نهج قائم

على النظام الإيكولوجي في منطقة بحر البلطيق بشأن المشاورات عبر الحدود، ومشاركة الجمهور وتعاونه، وهيكل البيانات الناتجة عن تخطيط الحيز البحري عبر الحدود (Helsinki Commission, 2016).

ويجري أيضا إعداد خطط الحيز البحري في جمهورية كوريا[4] وبيرو وإكوادور[5].

ونظرا لتباين النهُج التي نفذت في تخطيط الحيز البحري في مختلف المناطق، يرد أدناه مزيد من التفاصيل عن بعضها من خلال مجموعة من الدراسات الإفرادية التي اختيرت لإعطاء نظرة عن مختلف القارات ومختلف القضايا.

البلدان التي اعتمدت عملية تخطيط الحيز البحري بشكل كلّي أو جزئي، والتي خططت لهذه العملية أو بدأت تنفيذها أو هي في صدد تنفيذها، حسب المنطقة

المنطقة	البلدان التي تمت وافقت على تخطيط الحيز البحري بصورة كلية أو جزئية (لبعض الجوانب أو بعض المناطق)	البلدان التي خططت لعملية تخطيط الحيز البحري أو بدأت تنفيذها أو هي في صدد تنفيذها
أفريقيا		أنغولا، وجنوب أفريقيا، وسيشيل، وغانا، وكينيا، ومدغشقر، والمغرب، وموريتانيا، وموريشيوس، وناميبيا
آسيا	الصين، والفلبين، وفييت نام	إندونيسيا، وتايلند، وميانمار
أستراليا/أوقيانوسيا	أستراليا، وبالاو، وكيريباس، ونيوزيلندا	تونغا، وجزر سليمان، وفانواتو، وفيجي
أوروبا	ألمانيا*، وبلجيكا*، ولاتفيا*، والمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية، والنرويج، وهولندا*	الاتحاد الروسي، وإسبانيا*، وإستونيا*، وأيرلندا*، وآيسلندا، وإيطاليا*، والبرتغال*، وبلغاريا*، وبولندا*، والدانمرك*، ورومانيا*، وسلوفينيا*، والسويد*، وفرنسا*، وفنلندا*، وقبرص*، وكرواتيا*، وليتوانيا*، ومالطة*، واليونان*
الشرق الأوسط		إسرائيل والإمارات العربية المتحدة
الأمريكتان	أنتيغوا وبربودا، وبليز، وكندا، والمكسيك، والولايات المتحدة الأمريكية	ترينيداد وتوباغو، وجامايكا، ودومينيكا، وسانت فنسنت وجزر غرينادين، وسانت كيتس، وسانت لوسيا، وغرينادا، وكولومبيا

المصدر: اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات، 2019.
ملاحظة: تلتزم الدول الساحلية الاثنتان والعشرون في الاتحاد الأوروبي (التي تحمل علامة *) بالتغطية الكاملة لتخطيط الحيز البحري في مياهها بحلول عام 2021.

5-2 - دراسة حالة إفرادية: أستراليا

حققت أستراليا بداية مذهلة في مجال تخطيط الحيز البحري مع إنشاء المتنزه البحري للحيد المرجاني العظيم في عام 1975. وقد اعتمد قانون يعرّف منطقة الحيد المرجاني العظيم وينشئ هيئة المنتزه البحري للحيد المرجاني العظيم التي تتولى إدارة المنتزه وحمايته. ولدى المنتزه ترتيبات إدارية تقوم بموجبها الهيئة بالتواصل وتنسيق السياسات مع إدارات أخرى في كمنولث أستراليا وحكومة كوينزلاند. ويُدار المنتزه على أساس مبادئ مستدامة من الناحية الإيكولوجية، وخطة تقسيم إلى مناطق تشمل مناطق متعددة الاستخدامات وتوفر حماية لقيم التنوع البيولوجي من خلال شبكة من مناطق حظر الصيد والجمع في نسبة 33 في المائة من مساحتها و 20 في المائة على الأقل من كل منطقة بيولوجية (Vince, 2014). وتشكل خطة تقسيم الحيد المرجاني العظيم إلى مناطق أساس الإدارة ضمن المتنزه (Kenchington and Day, 2011؛ و Great Barrier

[4] اعتمدت جمهورية كوريا قانون تخطيط وإدارة الحيز البحري، مقترنا بخطة وطنية لإطار الحيز البحري في عام 2019.
[5] انظر http://www.fao.org/in-action/coastal-fisheries-initiative/activities/latin-america/en/https://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/projects/iniciativa-de-pesquerias-costeras---america-latina.html.

Reef Marine Park Authority, 2019)، ولكن هناك العديد من أدوات واستراتيجيات الإدارة المكانية والزمنية المتكاملة الأخرى أيضا ((Day and others, 2019؛ انظر أيضا الفصل 25). فالتحديات الرئيسية التي تواجه إدارة المتنزه مرتبطة بالضغوط العالمية، مثل احترار المحيطات نتيجة لتغير المناخ وما ينجم عن ذلك من آثار على النظم الإيكولوجية للشعاب المرجانية (انظر الفصل 7 دال ودراسة الحالة الإفرادية في الفصل 25).

وفي أماكن أخرى في أستراليا، كان التقدم أقل وضوحا. فقد بدأت تُبذَل الجهود في عام 1998 لوضع استراتيجية متكاملة للمحيطات أعيدت تسميتها فيما بعد بالسياسة الوطنية للمحيطات. وكان الهدف، بدايةً، هو تحقيق التكامل التام بين مختلف مستويات الحكومة (على مستوى الولايات والمستوى الوطني بخاصة) وفي القطاعات ذات الصلة. غير أن ذلك كان يتطلب إجراء تغييرات في الترتيبات التشريعية التي تمت تسويتها في عام 1979 (Office of the Attorney-General of Australia, 1980)، وبذلك لم يُتّبع هذا النموذج. وقدمت السياسة الوطنية للمحيطات استعراضا شاملا لكل قطاع بحري ولحالة المياه. وفي عام 2004، أُصدرت خطة بحرية للإقليم الجنوبي الشرقي، تغطي المياه من جنوب نيو ساوث ويلز إلى شرق جنوب أستراليا، بما في ذلك فيكتوريا وتسمانيا. وتوخت هذه الخطة اتخاذ إجراءات تعاونية على مدى العقد المقبل، أفضت إلى إجراء استعراض في عام 2014 (National Oceans Office, 2004). بيد أنه لم يتخذ سوى القليل من الإجراءات المحددة التي توختها الخطة، ولم يُجْر الاستعراض. وفي عام 2005، بدأت مرحلة جديدة على مستوى الوطني، مع التركيز على خطط المناطق البحرية البيولوجية للمياه الوطنية. وقد استندت هذه الخطط إلى قيم الحفظ التالية: السمات الإيكولوجية الرئيسية، والأنواع المحمية (وموائل هذه الأنواع)، والأماكن المحمية. وتصف الخطط البيئة البحرية وقيم الحفظ في كل منطقة بحرية، وتحدد أهدافا واسعة النطاق للتنوع البيولوجي، وتحدد الأولويات الإقليمية والاستراتيجيات والإجراءات الرامية إلى معالجة هذه الأولويات عن طريق الجمع بين المعارف والمعلومات العلمية، وتهدف إلى تقديم التوجيهات بشأن القرارات القطاعية ذات الصلة (Vince and others, 2015). وللمضي قدما بهذه الالتزامات، ركز الجهد الرئيسي على إنشاء نظام تمثيلي وطني للمناطق البحرية المحمية. وقد أُنجز في عام 2015 استعراض لخطط الإدارة لمعظم المناطق البحرية المحمية المعينة (التي تغطي 3,2 ملايين كيلومتر مربع، أي حوالي 36 في المائة من المياه الواقعة ضمن مناطق الولاية البحرية للحكومة الوطنية) (Beeton and others, 2015). ولكن نتائج الاستعراض أثارت انتقادات من مصادر أكاديمية (Ocean Science Council of Australia, 2017).

5-3 - دراسة حالة إفرادية - كندا (ساحل المحيط الهادئ)

وضعت كندا لأول مرة نهجا شاملا لإدارة المحيطات في قانون المحيطات (Statutes of Canada, 1996, chap. 31). وقد وفرت استراتيجية كندا للمحيطات (2002) توجيها سياساتيا لتنفيذ قانون المحيطات استنادا إلى مبادئ التنمية المستدامة والإدارة المتكاملة والنهج الوقائي. وقد حددت خطة عمل المحيطات الموضوعة في عام 2005 خمسة مجالات ذات أولوية للتخطيط البحري، بما في ذلك منطقة عرفت فيما بعد باسم منطقة الإدارة المتكاملة للساحل الشمالي للمحيط الهادئ. وفي عام 2005، بدأ بعض الأمم الأولى على ساحل المحيط الهادئ اعتبار تخطيط الحيز البحري إحدى المسائل ذات الاهتمام المشترك. وأدى ذلك في نهاية المطاف إلى إنشاء شراكة التخطيط البحري لساحل المحيط الهادئ التي جمعت حكومة الإقليم (في نهاية المطاف) و 16 من الأمم الأولى. ولا تعتبر خطط شراكة التخطيط البحري أن لها وظيفة قانونية، ولكنها تضع مبادئ توجيهية في الشراكة التي تجمع 16 من الأمم الأولى ومقاطعة كولومبيا البريطانية. وتتضمن الخطط نظام تقسيم إلى المناطق يحدد المجالات الهامة للتنوع البيولوجي والاستخدام العام والصناعة البحرية. وتم تجميع أربع خطط دون إقليمية في إطار عمل إقليمي لمنطقة التخطيط بكاملها (Rodriguez, 2017).

ونظمت الإدارة الكندية لمصائد الأسماك والمحيطات استعراضا إيكولوجيا شاملا للمنطقة، حيث وفرت الكثير من المواد الأساسية لدعم تطوير تخطيط منطقة الإدارة المتكاملة للساحل الشمالي للمحيط الهادئ (Lucas and others, 2007). وبحلول عام 2010، أبرم اتفاق ثلاثي غير ملزم بين حكومة كندا والأمم الأولى ومقاطعة كولومبيا البريطانية. وقد أقرت الحكومة الكندية والأمم الأولى ومقاطعة كولومبيا البريطانية خطة منطقة الإدارة المتكاملة للساحل الشمالي للمحيط الهادئ في أوائل عام 2017. وتوفر الخطة إطارا للإدارة التعاونية التكيفية والقائمة على النظم الإيكولوجية للأنشطة والموارد البحرية. ومن الأولويات الرئيسية في إطار الخطة التي يجري وضعها حاليا، تصميم شبكة للمناطق البحرية المحمية التي ستوجه عملية إنشاء تلك المناطق في المستقبل وغيرها من تدابير الحفظ القائمة على المناطق.

5-4 - دراسة حالة إفرادية – الصين

في الصين، يُعتبر التقسيم الوظيفي للمناطق البحرية شكلا من أشكال تخطيط الحيز البحري واعتمدته الحكومة الصينية في عام 1988 (Feng and others, 2016؛ و Zhang and others, 2017). ويمكن اعتبار تطوير التقسيم الوظيفي للمناطق البحرية أنه يمر في ثلاث مراحل وقد تم إضفاء الطابع المؤسسي عليه بموجب قانون إدارة استخدام المناطق البحرية الذي صدر في عام 2001. وقد أرسى هذا القانون مبادئ للترخيص باستخدام البحر، ورسوم الاستعمال، ونظم التقسيم الوظيفي للمناطق البحرية. وينص القانون على أن يستند التقسيم الوظيفي إلى تفريع المناطق البحرية (بما في ذلك الجزر) إلى مناطق مكانية مختلفة للأنشطة البشرية، في ضوء سماتها الجغرافية والإيكولوجية، ومواردها الطبيعية، واستخدامها الحالي، واحتياجات التنمية الاجتماعية والاقتصادية (Fang and others, 2018).

وامتدت المرحلة الأولى من التقسيم الوظيفي للمناطق البحرية من عام 1989 إلى عام 1993، وشملت مشروعا تجريبيا لهذا التقسيم في بحر بوهاي في عام 1990. ثم قامت المقاطعات الساحلية بتطوير وتنفيذ التقسيم الوظيفي للمناطق البحرية في المقاطعات بين عامي 1991 و 1997. ووضعت الإدارة الحكومية لشؤون المحيطات أول خرائط وطنية للتقسيم الوظيفي في المناطق القريبة من ساحل البحر الإقليمي في عام 1993.

أما المرحلة الثانية من التقسيم الوظيفي فقد امتدت من عام 1997 إلى عام 2002 وبدأت بإصدار توجيه تقني يحدد توجهها. وقد اعتمدت الحكومة المحلية لمدينة شيامن الخطة الأولى للتقسيم في عام 1997. واستنادا إلى تجربة المرحلة الأولى، نظمت الإدارة الحكومية لشؤون المحيطات المرحلة الثانية من التقسيم في عام 1998. واستمرت هذه المرحلة حتى عام 2010. وخلال هذه المرحلة، في عام 1998، أصدرت الإدارة الحكومية لشؤون المحيطات تعليمات للمقاطعات الإحدى عشرة الساحلية في الصين لكي تضع خطة تقسيم وظيفي للمناطق البحرية على نطاق المقاطعات. وأنجزت هذه الخطط في عام 2001، وأُقِرَّت خطط التقسيم في سبع مقاطعات ساحلية في عام 2020. وأُقِرَّت الخطط للمقاطعات الساحلية الإحدى عشرة الصينية جميعها بحلول عام 2008 (Fang and others, 2018).

وقد بدأت المرحلة الثالثة من التقسيم في عام 2011 وستستمر حتى عام 2020. وهي مقسمة إلى ثلاثة مستويات: الإقليمي والجهوي والمحلي (Huang and others, 2019; UNESCO-IOC, 2020).

وقد ساعد التقسيم الوظيفي للمناطق البحرية الصين على تحسين خططها المتعلقة بالبحار والشواطئ الصينية (Fang and others, 2018؛ و Huang and others, 2019). ولكن هناك عددا من التحديات المتعلقة بتنفيذ عملية التقسيم. وحُدّد منها تحسين التنسيق بين التخطيط البحري والبري، وتحسين تسوية المنازعات بين أصحاب المصلحة، وتعزيز الرصد والتقييم، وزيادة فعالية مشاركة أصحاب المصلحة (Feng and others, 2016؛ و Liu and Xing, 2019). وفي الممارسة العملية، يُعتبر التقسيم الوظيفي

أداة لتقسيم المناطق لمصلحة العديد من مستخدمي المناطق البحرية (Feng and others, 2016؛ و Kang and others, 2017). ووجد هوانغ وآخرون (Huang and others, 2019)، في تقييم التقسيم الوظيفي للمناطق البحرية، أن عملية صياغة وتنفيذ التقسيم هي أساسا عملية إدارية تنازلية، مما أدى إلى مسألتين، هما: ضعف قابلية التطبيق بسبب أوجه القصور في تصنيف المناطق البحرية؛ وعدم الاتساق بسبب الحاجة، في المستويات الدنيا (البلديات)، إلى العمل في مناطق بحرية مستخدمة مختلفة محددة على خرائط أصغر نطاقا وضعتها سلطات المقاطعات. ويفتقر التقسيم الوظيفي في الوقت الراهن إلى خطط التنفيذ ولا يكفل إدارة التأثيرات التراكمية لمختلف القطاعات. ولا يبدو أن تنفيذها قد أوقف تدهور الموارد الطبيعية والنظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية، مما يؤدي إلى استمرار تلوث البيئة (Kang and others, 2017).

5-5 - دراسة حالة إفرادية - الاتحاد الأوروبي

بناء على التوجيه المتعلق بإطار الاستراتيجية البحرية لعام 2008، قرر الاتحاد الأوروبي في عام 2014 اعتماد توجيه يلزم الدول الأعضاء في المناطق الساحلية بوضع وتنفيذ خطط حيز بحري لمياهها (European Union, 2014). وكان من المقرر اعتماد التشريع الوطني المتعلق بها بحلول عام 2016، ثم اعتماد خطط الحيز البحري للمياه المشمولة بالتوجيه بحلول عام 2021. ولا تشمل الخطط المياه الساحلية المشمولة بنظم التخطيط الحضري والريفي، ولا تتناول أوجه التفاعل بين البر والبحر، بالرغم من تعيُّن إبراز نتائج القرارات الوطنية المتعلقة بها في الخطط. وينبغي أن يراعي التخطيط جميع الأنشطة والاستخدامات البشرية ذات الصلة، بما في ذلك مناطق تربية الأحياء المائية؛ ومناطق الصيد؛ والمنشآت والبنى التحتية لاستكشاف واستغلال واستخراج النفط والغاز وغيرهما من موارد الطاقة، والمعادن والمجاميع، وإنتاج الطاقة من مصادر متجددة؛ وطرق النقل البحري وتدفقات المرور؛ ومناطق التدريب العسكري؛ ومواقع حفظ الطبيعة والأنواع والمناطق المحمية؛ ومناطق استخراج المواد الخام؛ ومناطق البحث العلمي؛ ومسالك الكابلات والأنابيب البحرية، ومناطق السياحة والتراث الثقافي المغمور بالمياه. ويتعين على الدول الأعضاء الترتيب لمشاركة الجمهور في عملية التخطيط، وتبادل المعلومات، والتعاون عموما فيما بينها ومع بلدان ثالثة ذات صلة - لا سيما من خلال منظمات البحار الإقليمية القائمة (European Union, 2014).

أما المناطق التي يتعين أن تشملها الخطط الفردية فهي متروكة لتقدير الدول الأعضاء. فعلى سبيل المثال، في فرنسا، أُقِرَّت استراتيجية وطنية رفيعة المستوى للبحار والسواحل، بموجب مرسوم صدر عن رئيس الوزراء في شباط/فبراير 2017. ويتعين تنفيذ تلك السياسة العامة في مستوى الأحواض البحرية، مع إعداد وثيقة استراتيجية للجزء الشرقي من قناة المانش - بحر الشمال؛ وشمال المحيط الأطلسيوجنوب المحيط الأطلسي (جنوب)؛ والبحر الأبيض المتوسط. وستتضمن كل وثيقة من وثائق الاستراتيجيات أربعة أجزاء: استعراض الحالة، والتحديات، والرؤية المتعلقة بحوض البحر في عام 2030؛ والأهداف الاستراتيجية المحددة من منظور اقتصادي واجتماعي وبيئي، إلى جانب مؤشرات الأداء ذات الصلة؛ وإجراء تقييمي لتقييم تنفيذ وثيقة الاستراتيجية؛ وخطة عمل. وقد صدر أول جزأين لكل حوض، ومن المقرر أن تصدر الأجزاء المتبقية خلال السنوات القليلة القادمة. وتحدد هذه الوثائق مجتمعةً إطار جميع القرارات ذات الصلة التي تتخذها السلطات الوطنية والإقليمية والمحلية (France, Ministry for the Ecological Transition, 2017).

6-5 - دراسة حالة إفرادية - جنوب أفريقيا

أُعدّ إطار تخطيط الحيز البحري في جنوب أفريقيا من خلال مبادرة وضعتها حكومةُ جنوب أفريقيا - تُعرف باسم عملية فاكيسا ("فاكيسا" تعني "التعجيل" باللغة السيسوتية)- تهدف إلى إطلاق العنان لاقتصاد المحيطات

في البلد بوصفه آلية لتحقيق الخطة الإنمائية الوطنية لعام 2030. وفي إطار عملية "فاكيسا"، تم تحديد تخطيط الحيز البحري بكونه أحد مجالات التركيز، الأمر الذي أدى بدوره إلى التعجيل بوضع قانون تخطيط الحيز البحري لعام (Republic of South Africa (RSA), 2019). وينص هذا القانون على وضع خطط للحيز البحري وإقامة ترتيبات مؤسسية لتنفيذها وإدارة استخدام المحيطات من جانب قطاعات متعددة. وقد جاءت الوتيرة المتسارعة لوضع وسن تشريع تخطيط الحيز البحري في جنوب أفريقيا (أقل من ثلاث سنوات من وقت إعداد المشروع الأول للتشريع حتى إصداره) نتيجة للاهتمام بتحقيق تخطيط الحيز البحري بشكل سريع على نطاق أوسع يشمل المنطقة الاقتصادية الخالصة.

وأثناء التخطيط التفصيلي لعملية فاكيسا وتنفيذها، وبينما كان قانون تخطيط الحيز البحري قيد الصياغة، نشرت الحكومة الوطنية أيضا الإطار الوطني لتخطيط الحيز البحري (RSA, 2017). ووفرت هذه السياسة توجيها رفيع المستوى لتنفيذ التخطيط في سياق الإطار القانوني للبلد – بما يشمل نظم التخطيط القائمة – من أجل ضمان الاتساق في تخطيط حيز المحيطات. وأبرز الإطارُ أيضا ضرورةَ التنسيق مع عمليات التخطيط الأرضي والساحلي. ولتبسيط عملية تخطيط الحيز، قُسمت المنطقة الاقتصادية الخالصة لجنوب أفريقيا إلى مناطق بحرية غربية وشرقية وجنوبية، وجزر الأمير إدوارد، ومن المقرر أن توضع بشأن تلك المناطق خطط بحرية قانونية. وتهدف الحكومة إلى نشر أولى الخطط بحلول عام 2021. وقد أدركت الحكومة الوطنية أهمية البيانات والمعلومات في تخطيط الحيز، وبدأت في تنفيذ مشاريع متزامنة لسد الثغرات في البيانات وتوفير البنية التحتية للبيانات المكانية لدعم تخطيط الحيز البحري وتخطيط اقتصاد المحيطات (RSA, 2017).

ويستند استحداث تخطيط الحيز البحري في جنوب أفريقيا إلى إرث من السياسات البيئية التي كانت تدعم بطبيعتها الإدارة القائمة على أساس المناطق، وعلى وجه التحديد تخطيط حيز الموارد البيئية. واختارت جنوب أفريقيا الديمقراطية التشاركية كأساس لنظامها السياسي بعد الفصل العنصري (أي بعد عام 1994) (Karume, 2003). ونتيجة لذلك، فإن معظم التشريعات البيئية التي وضعت بعد عام 1994 تتضمن نُهجا تعاونية وتشاركية، بما يشمل ضرورة التفاوض في تخطيط الحيز أو تقسيم المناطق. ويتجلى ذلك في التشريعات المتعلقة بالمناطق المحمية الأرضية، وتخطيط حيز المناطق الأرضية (RSA, 2004; RSA, 2013b). وفي عام 2008، أنشأ قانون الإدارة البيئية الوطنية: الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية (RSA, 2009) آليات مشتركة بين القطاعات لإدارة الحيز الساحلي، مما أدى إلى استحداث حدود إدارية (ومكانية بشكل واضح) من قبيل الممتلكات العامة الساحلية والمناطق التي تمنع فيها أنشطة التطوير. وبهذه الطريقة، أصبح تخطيط الحيز (أو تقسيم المناطق) عنصراً رئيسياً ضمن الإطار الوطني للإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية الممتدة إلى الحدود الخارجية للمنطقة الاقتصادية الخالصة (South Africa, 2014, 2013a، مثلا). وعلى الرغم من أن هذا المفهوم من المفاهيم ذات الطابع التقدمي والجريء (Taljaard and others, 2019; Colenbrander and Sowman, 2015)، فلا تزال هناك العديد من الحواجز التي تحول دون تنفيذه، منها الافتقار إلى الدعم السياسي، ونقص الموارد، وغياب الوضوح بشأن الولاية على الأراضي الخاصة والمجتمعية، ومحدودية مشاركة المجتمع المدني في اتخاذ القرار (Sowman and Malan, 2018).

والتشريع الخاص بتخطيط الحيز البحري في جنوب أفريقيا جديد ولم يُجرب تنفيذه، وحتى الآن لم يُعترض عليه في السوابق القضائية. وتجريب هذا التشريع في المحاكم أمر مؤكد لأن الهدف المقصود منه هو تخصيص استخدام الحيز من حيث صلته بالموارد البحرية ذات القيمة العالية التي كثيرا ما يتنازع عليها مستخدمون متعددون لأغراض تتعلق باستخدامات متعددة، بل ومتعارضة في كثير من الأحيان. وعملية فاكيسا، بتركيزها على تخطيط الحيز البحري، تشجع أيضا

المبادرات المجتمعية المنطلقة من القاعدة إلى القمة مثل مشروع خليج ألوجا (Dorrington and others, 2018). ولم يتضح بعد دور هذه المبادرات ضمن الإطار الوطني لتخطيط الحيز البحري.

5-7 - دراسة حالة إفرادية - فييت نام

بدأت البحوث المتعلقة بالإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية وتخطيط الحيز البحري في فييت نام في عام 1996. وفي الفترة من عام 2010 إلى عام 2013، قامت فييت نام، من خلال تنفيذ مشروع إقليمي بشأن التخطيط المكاني الساحلي، بتحسين القدرة على تخطيط الحيز البحري، وتنفيذه في المناطق الساحلية في مقاطعتي كوانغ نينه وهاي فونغ. وبفضل المساعدة المقدمة من جهات مانحة مختلفة، بما في ذلك الشراكات في الإدارة البيئية لبحار شرق آسيا، والإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي، طبقت فييت نام نهج تخطيط الحيز البحري على التقسيم الوظيفي للمناطق في هون مون، وباي تو لونغ باي، وكو لاو تشام، وتقسيم المناطق لأغراض الاستخدام الساحلي في إطار الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية على ساحل دا نانغ (Nguyen and Hien, 2014). وفي الوقت نفسه، ومن خلال مشروع موله صندوق البيئة العالمي ونفذته وزارة الزراعة والتنمية الريفية في فييت نام، بدأت سبع مقاطعات ساحلية (نغي آن، وتان هوا، وبِنه دِنه، وفو يِن، وخانه هوا، وسوك ترانج، وكا ماو) تنفيذ تخطيط الحيز البحري خلال الفترة من عام 2012 إلى عام 2018. وبدأ إنشاء مؤسسات رسمية مكرسة خصيصا لتخطيط الحيز البحري في عام 2012 مع العمل بقانون البحار في فييت نام. وفي عام 2015، نص قانون البحار والموارد الطبيعية البحرية والجزرية والبيئة في فييت نام على مراعاة التخطيط المتكامل لاستخدام الموارد الساحلية واستغلالها على نحو مستدام. وأعقب ذلك قانون التخطيط في فييت نام، الذي سُن في كانون الثاني/يناير 2017، وينص على أن يكون تخطيط الحيز البحري هو الأساس لجميع عمليات التخطيط ذات الصلة، وعلى أن تتقيد به جميعُ عمليات التخطيط الأخرى في السواحل والبحار. ويجري حالياً تطوير عملية تخطيط مكاني بحري تشمل جميع السواحل والبحار في فييت نام.

المراجع

Beeton, R.J.S., and others (2015). *Commonwealth Marine Reserves Review: Report of the Expert Scientific Panel*. Canberra: Department of the Environment.

Colenbrander, Darryl R., and Merle R. Sowman (2015). Merging socioeconomic imperatives with geospatial data: a non-negotiable for coastal risk management in South Africa. *Coastal Management*, vol. 43, No. 3, pp. 270–300.

Colenutt, Andrew, and others (2013). Nearshore substrate and marine habitat mapping to inform marine policy and coastal management. *Journal of Coastal Research*, pp. 1509–1514.

Collie, Jeremy, and others (2013). Marine spatial planning in practice. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 117, pp. 1–11. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.11.010.

Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (2009). Overview of national spatial planning and control systems relevant to the OSPAR Maritime Area.

Day, Jon C., and others (2019). Marine zoning revisited: how decades of zoning the great barrier reef has evolved as an effective spatial planning approach for marine ecosystem-based management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 29, pp. 9–32.

Dorrington, Rosemary A., and others (2018). Working together for our oceans: a marine spatial plan for Algoa Bay, South Africa. *South African Journal of Science*, vol. 114, Nos. 3–4, pp. 1–6.

Douvere, Fanny, and Charles N. Ehler (2009). New perspectives on sea use management: initial findings from European experience with marine spatial planning. *Journal of Environmental Management*, vol. 90, No. 1, pp. 77–88.

Ehler, Charles, and Fanny Douvere (2007). *Visions for a Sea Change. Report of the First International Workshop on Marine Spatial Planning*. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides, No. 46: ICAM Dossier, No. 3. Paris: UNESCO.

_____ (2009). *Marine Spatial Planning: A Step-by-Step Approach toward Ecosystem-Based Management*. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides, No. 53, ICAM Dossier, No. 6. Paris: UNESCO.

European Union (2014). Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 establishing a framework for maritime spatial planning, Official Journal L 257, 28 August 2014, pp. 135–145.

Fang, Qinhua, and others (2018). Marine functional zoning: A practical approach for integrated coastal management (ICM) in Xiamen. *Ocean and Coastal Management*, p. 104433.

Feng, Ruoyan, and others (2016). Development of China's marine functional zoning: a preliminary analysis. *Ocean and Coastal Management*, vol. 131, pp. 39–44.

Foley, Melissa, and others (2010). Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Marine Policy*, vol. 34, pp. 955–966. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.02.001.

France, Ministry for the Ecological Transition (2017). *National Strategy for the Sea and Coast*. Paris.

Fundingsland Tetlow, Monica, and Marie Hanusch (2012). Strategic environmental assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, vol. 30, pp. 15–24. http://doi.org/10.1080/14615517.2012.666400.

Great Barrier Reef Marine Park Authority (2019). *Great Barrier Reef Outlook Report 2019*. http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/3474/10/Outlook-Report-2019-FINAL.pdf.

Helsinki Commission (2016). *MSP Guidelines*. https://helcom.fi/action-areas/maritime-spatial-planning/msp-guidelines.

Huang, Faming, and others (2019). Coordination of marine functional zoning revision at the provincial and municipal levels: a case study of Putian, China. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 7, No. 12, p. 442.

Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO-IOC) (2019). *MSP Around the Globe*. http://msp.ioc-unesco.org/world-applications/overview.

_____ (2020). *Marine Spatial Planning Programme – China.* http://msp.ioc-unesco.org/world-applica tions/asia/china.

International Organization of Supreme Audit Institutions (2019). *Are Nations Prepared for Implementation of the 2030 Agenda?* www.idi.no/en/idi-library/global-public-goods/auditing-sustainable-devel opment-goals.

Jay, S. (2017). *Marine Spatial Planning, Assessing net benefits and improving effectiveness*, Issue Paper. OECD 2017 Green Growth and Sustainable Development Forum "Greening the Ocean Economy". www.oecd.org/greengrowth/ggsd2017.

Jones, Peter, and others (2016). Marine spatial planning in reality: introduction to case studies and discussion of findings. *Marine Policy*, vol. 71, pp. 256–264. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.026.

Kang, Min-jie, and others (2017). Discussion on marine spatial planning in China: role and prospect. *DEStech Transactions on Environment, Energy and Earth Sciences*. https://doi.org/10.12783/dteees/ese2017/14323.

Karume, Shumbana (2003). Conceptual understanding of political coalitions in South Africa: an integration of concepts and practices. Paper presented at an Electoral Institute of Southern Africa round table on Strengthening Democracy through Party Coalition Building. Cape Town. 19 June 2003.

Kenchington, R.A., and J.C. Day (2011). Zoning, a fundamental cornerstone of effective marine spatial planning: lessons learnt from the Great Barrier Reef, Australia. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 15, No. 2, pp. 271–278.

Liu, D.H., and X. Xing (2019). Analysis of China's coastal zone management reform based on land–sea integration. *Marine Economics and Management*, vol. 2, No. 1, pp. 39–49.

Lucas, B.G., and others (2007). *Ecosystem Overview: Pacific North Coast Integrated Management Area (PNCIMA)*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, No. 2667. Ottawa: Fisheries and Oceans Canada.

Menegon S., and others (2018). Tools4MSP: an open source software package to support Maritime Spatial Planning. PeerJ Computer Science, vol. 4, p. e165. https://doi.org/10.7717/peerj-cs.165.

Morgan, Richard (2012). Environmental impact assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, vol. 30, pp. 5–14. http://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557.

National Oceans Office (2004). *South-East Regional Marine Plan, Implementing Australia's Oceans Policy in the South-East Marine Region*. Hobart, Australia.

Nguyen, Chu Hoi, and Bui Thi Thu Hien (2014). Integrated Spatial Planning and Management for Marine and Coastal Sustainability in Viet Nam. Gland, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature.

Ocean Science Council of Australia (2017). Submission to the Director of National Parks on Australian Marine Networks draft management plans. http://oceansciencecouncil.org/wp-content/uploads/2017/07/OSCA-submission-draft-management-plans-2017_09_20-1.pdf.

Office of the Attorney-General of Australia (1980). Offshore constitutional settlement: a milestone in co-operative federalism. Canberra: Australian Government Publishing Service. www.ag.gov.au/Internationalrelations/InternationalLaw/Documents/offshore-constitutional-settlement-a-milestone-in-cooperative-federalism-pages-1-10%20ocr.pdf.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2006). *Applying Strategic Environmental Assessment: Good Practice Guidance for Development Co-Operation*. Paris.

_____(2017). *The Governance of Land Use: Policy Highlights*. Paris.

Pacific North Coast Integrated Management Area Initiative (2017). *Pacific North Coast integrated management area plan*. Canada. https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/40743032.pdf.

Plasman, Cathy (2008). Implementing marine spatial planning: a policy perspective, *Marine Policy*, vol. 32, pp. 811–815. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.016.

Pinarbaşi, Kemal, and others (2017). Decision support tools in marine spatial planning: present applications, gaps and future perspectives, *Marine Policy*, vol. 83, pp. 83–91. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.031.

Rodriguez, Nicolas J.I. (2017). A comparative analysis of holistic marine management regimes and ecosystem approach in marine spatial planning in developed countries. *Ocean and Coastal Management*, vol. 137, pp. 185–197.

Schultz-Zehden, Angela, and others (2019). Maritime Spatial Planning and the EU's Blue Growth Policy: past, present and future perspectives. In *Maritime Spatial Planning: Past, Present, Future*, Jacek Zaucha and Kira Gee, eds., pp. 121–149. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_6.

South Africa (2004). *National Environmental Management: Protected Areas Act 57 of 2003*. Pretoria.

_____(2009). *National Environmental Management: Integrated Coastal Management Act 24 of 2008*. Pretoria.

_____(2013a). *National Estuarine Management Protocol (10 May 2013)*. Pretoria.

_____(2013b). *Spatial Planning and Land Use Management Act 16 of 2013*. Pretoria.

_____(2014). *The National Coastal Management Programme of South Africa.* Cape Town.

_____(2017). *Marine Spatial Planning Framework (26 May 2017)*. Pretoria.

_____(2019). *Marine Spatial Planning Act 16 of 2018*. Pretoria.

Sowman, M., and N. Malan (2018). Review of progress with integrated coastal management in South Africa since the advent of democracy. *African Journal of Marine Science*, vol. 40, No. 2, pp. 121–136.

Sullivan, Colleen, and others (2015). Combining geographic information systems and ethnography to better understand and plan ocean space use. *Applied Geography*, vol. 59, pp. 70–77. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.027.

Taljaard, S., and others (2019). The legal landscape governing South Africa's coastal marine environment: helping with the 'horrendogram'. *Ocean and Coastal Management*, vol. 178, p. 104801.

Trouillet, Brice, and others (2019). More than maps: providing an alternative for fisheries and fishers in marine spatial planning. *Ocean and Coastal Management*, vol. 173, pp. 90–103.

Tuda, Arthur, and others (2014). Resolving coastal conflicts using marine spatial planning, *Journal of Environmental Management*, vol. 133, pp. 59–68.

Twomey, S., and C. O'Mahony (2019). Stakeholder processes in Marine Spatial Planning: ambitions and realities from the European Atlantic experience. In *Maritime Spatial Planning*, Zaucha J. and Gee K., eds. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_13.

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

Vince, Joanna (2014). Oceans governance and marine spatial planning in Australia. *Australian Journal of Maritime and Ocean Affairs*, vol. 6, No. 1, pp. 5–17.

Vince, Joanna, and others (2015). Australia's oceans policy: past, present and future. *Marine Policy*, vol. 57, pp. 1–8.

World Bank (2013). *Brief: Strategic Environmental Assessment*. www.worldbank.org/en/topic/environment/brief/strategic-environmental-assessment.

Zhu, Tan, and others (2005). Requirements for strategic environmental assessment in China. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, vol. 7, No. 1, pp. 81–97.

الفصل 27
التطورات في نُهُج الإدارة

المساهمون: بيرس دونستان (منظم الاجتماعات)؛ ولويس سيليرز، وفاليري كومينز، ومايكل إليوت، وكارِن أفينز (عضو رئيسي مشارك)، وأنطوني فيرث، وفريديريك غيشار، وكوينتين هانيش، وآنا كريستينا دي جيسوس، ومانويل هيلداغو، وهيكتور مانويل لوزانو مونتيس، وتشاندا ل. ميك، وماركوس بوليت، وجيما بوراندار، وأنيتا سميث، وأناستازيا ستراتي (عضو رئيسي)، وكا ثان فو (عضو رئيسي مشارك).

النقاط الرئيسية

- نهج النظام الإيكولوجي هو أحد أهم النهج المستخدمة لإدارة المحيطات، وهو يتألف من الإدارة البيئية والاجتماعية والاقتصادية للتفاعلات البشرية مع المحيطات والسواحل على مستويات متعددة (العابر للحدود، والإقليمي، والوطني، والمحلي).
- في حين أن هناك اتفاقا عاما على أن نهج النظام الإيكولوجي يوفر إطارا فعالا لإدارة المحيطات، فإن ثمة حاجة إلى إجراء مزيد من البحوث وبناء القدرات لتحقيق فوائده المحتملة بالكامل في جميع المحيطات.
- تتضمن الإدارة مستويين مختلفين من الحوكمة، هما عمليات اتخاذ القرار التي توفر إطارا لاتخاذ القرارات وتنفيذ السياسات التي تركز على حفظ الموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام؛ والأدوات الإدارية (القائمة على أساس المناطق وغير القائمة على أساس المناطق) التي يمكن استخدامها لتنظيم وتعديل النشاط البشري في نظام معين.
- يتطلب تنفيذ خطة التنمية المستدامة لعام 2030[1] إدارة قائمة على أساس نهج النظام الإيكولوجي من أجل تحقيق المجموعة المتكاملة من الأولويات والأهداف العالمية المحددة في أهداف التنمية المستدامة. وسيتيح ذلك تحقيق التكامل بين التفاعلات والفوائد والمفاضلات بين الأهداف ودعم تحقيق كل غاية من الغايات المتعلقة بالمحيطات.
- هناك اتجاه متزايد نحو إدماج القيم الثقافية للمحيطات في الإدارة.

1 - مقدمة

1-1 - الحاجة إلى إدارة البيئة البحرية

شهد العقد الماضي تغيراً تدريجيا في تطوير نُهج الإدارة المتبعة في إدارة موارد المحيطات وتحقيق استدامتها. ويهدف هذا الفصل إلى تقديم لمحة عامة عن طبيعة هذا التغير، فضلا عن أمثلة على ممارسات جيدة مختارة من جميع أنحاء العالم، بما يشمل عمليات اتخاذ القرارات وأدواتها. ولفهم هذه التغيرات، من المهم الاعتراف بأن النُهُج المتبعة في إدارة المحيطات لها جذور عميقة تمتد في المجتمعات المحلية ومجتمعات الشعوب الأصلية، وكذلك في العلوم، بعد أن تطورت تدريجيا من محاولات أولية لمعالجة مسائل بيئية محددة، مثل التلوث الناجم عن مصادر برية في حقبة الستينيات، لتصبح نُهجا أكثر تكاملا، مثل الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية بدءا من حقبة السبعينيات. وتشمل النُهُج الحديثة المتبعة في إدارة المحيطات الآن العديد من الأدوات المختلفة، المصممة خصيصاً لتناسب مسائل محددة إقليمياً على مستويات مختلفة. وتتأثر الاحتياجات المتعلقة بإدارة المحيطات وطبيعة هذه الإدارة بالسياقات الاجتماعية والثقافية والاقتصادية وسياقات الحوكمة، بما في ذلك منظومات المعايير والقيم التي تؤثر على نُهج اتخاذ القرار بين الحكومة و القطاع البحري والمجتمع المدني على مستويات مختلفة. وبصفة عامة، يتسع نطاق إدارة المحيطات من السواحل والبحار الإقليمية ليشمل تنظيم الأنشطة البشرية الآخذة في الزيادة في المياه العميقة للمنطقة الاقتصادية الخالصة والأجراف القارية، عن طريق تخطيط الحيز البحري على سبيل المثال (انظر الفصل 26). والمناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية هي حاليا محور تركيز المفاوضات في الأمم المتحدة التي تعقد في سياق المؤتمر الحكومي الدولي لوضع صك دولي ملزم قانوناً في إطار اتفاقية الأمم

[1] انظر قرار الجمعية العامة 70/1.

المتحدة لقانون البحار[2] بشأن حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام (انظر: الفصل 28). ولذلك، فمن الضروري فهم النهج وما حققته من نجاح حتى الآن عند تطبيق الأشكال الإدارية العديدة والمختلفة.

ويبدأ هذا الفصل بمدخل إلى واحد من أهم النماذج الناشئة في مجال إدارة المحيطات، وهو نهج النظام الإيكولوجي، الذي أصبح الآن مقبولاً عموما على المستويات العالمي والإقليمي والوطني (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2004) بوصفه استراتيجية للإدارة المتكاملة. ويقوم نهج النظام الإيكولوجي على الحاجة إلى إشراك جميع قطاعات المجتمع ذات الصلة، وقد حفز على زيادة مستويات الدعم المقدمة للنهج المتبعة في إدارة المحيطات والتي تنطلق من القاعدة إلى القمة وتقودها المجتمعات المحلية وتراعي الحقوق التقليدية والعدالة الاجتماعية وتطبق عمليات تشاركية. وتوضع هذه الاتجاهات جنبا إلى جنب في تقييم للنهج العالمية المتبعة في الإدارة، يُنظم وفق أمثلة للإدارة القائمة على أساس المناطق والإدارة غير القائمة على أساس المناطق. وتُستكمل النُهج التي تنطلق من القاعدة إلى القمة بنهج تنطلق من القمة إلى القاعدة، وتُطور من خلال مبادرات دولية وإقليمية ووطنية في مجال الحوكمة. وهذا يبين تنوع التدخلات في مجال إدارة المحيطات التي تهدف إلى معالجة طائفة واسعة من المسائل، من حفظ الأراضي الرطبة على الصعيد العالمي إلى شبكات المناطق البحرية المحمية.

ويجري أيضا تحليل الإدارة التكيفية التي تدمج استراتيجيات مرنة تخفف من التحولات في النظم الإيكولوجية البحرية المرتبطة بتغير المناخ وتتكيف معها في سياق المسائل الخاصة بمناطق معينة، وبناء القدرات، والثغرات، والبحوث المستقبلية.

1-2 - موجز التقييم العالمي الأول للمحيطات

لم يشمل التقييم العالمي الأول للمحيطات (United Nations, 2017) صراحة نُهج الإدارة بوصفها فصلا قائما بذاته، بل أدرجت التعليقات الرفيعة المستوى على نهج الإدارة في كل فصل على حدة. واعترافا بأهمية تقديم نظرة عامة موحدة عن النُهُج العديدة المتبعة في الإدارة البحرية وتطبيقها، أدرج في هذا التقييم فصلٌ يركز تحديدا على إدارة المحيطات.

1-3 - أوجه التداخل والتفاعل مع الفصول الأخرى

تنطبق الأدوات الإدارية عموما على جميع الاستخدامات البحرية والمستخدمين البحريين، وهكذا فإن هذا الفصل له صلة بجميع الفصول الأخرى في هذا التقييم، ولا سيما الفصل 15 بشأن مصائد الأسماك، والفصل 16 بشأن تربية الأحياء المائية، والفصل 21 بشأن الطاقة المتجددة، والفصل 25 بشأن بالآثار التراكمية، والفصل 26 بشأن تخطيط الحيز البحري.

2 - نُهج الإدارة

1-2 - مقدمة لنهج النظام الإيكولوجي

يتألف نهج النظام الإيكولوجي من نهج متكامل له ثلاث ركائز رئيسية، وهي الإدارة البيئية والاجتماعية والاقتصادية للتفاعلات البشرية مع المحيطات والسواحل على مستويات متعددة (أي العابر للحدود والإقليمي والوطني والمحلي)، والتي تتضمن منظورات منطلقة من القمة إلى القاعدة وأخرى منطلقة من القاعدة إلى القمة. ووصف مؤتمر الأطراف في اتفاقية التنوع البيولوجي (United Nations Environment Programme,

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

2000)، في مقرره V/6، نهج النظام الإيكولوجي بأنه "استراتيجية للإدارة المتكاملة للأراضي والمياه والموارد الحية تشجع على حفظ التنوع البيولوجي واستخدامه المستدام بطريقة منصفة". وعلى هذا النحو، حظي هذا النهج بقبول واسع النطاق ونُفذ بوصفه آلية إدارية فعالة (انظر، على سبيل المثال، التوجيه الإطاري للاستراتيجيات البحرية للاتحاد الأوروبي[3] والتقييم المتكامل للنظم الإيكولوجية الذي تنفذه الإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي)[4].

وهناك عدد كبير من الصكوك التشريعية التي تغطي جميع جوانب الاستخدام البحري وتتطلب تحقيق التكامل الرأسي والأفقي على حد سواء (Boyes and Elliott, 2014). وتشمل نُهج الإدارة التي تنطلق من القمة إلى القاعدة عموماً صكوكاً سياساتية وتشريعية تركز على تنفيذ المعاهدات والاتفاقات والصكوك الدولية، وتلبية الأولويات الوطنية المتعلقة بالحيز البحري. أما الأدوات الإدارية التي تنطلق من القاعدة إلى القمة، وتشمل النهج العرفية أو الأصلية المتبعة في إدارة الموارد والقائمة على أساس النظم الإيكولوجية وعلى أساس أصحاب المصلحة (Thornton and Maciejewski Scheer, 2012; Turner and Berkes, 2006)، فهي مدفوعة عموما بالحاجة على المستوى المحلي إلى تنفيذ إدارة فعالة على نطاق محلي. والأدوات الإدارية التي تنطلق من القاعدة إلى القمة يمكن أن تكون مدفوعة بجوانب اجتماعية أو اقتصادية أو بيئية خاصة بمجال معين، مثل الحاجة إلى معالجة آثار التلوث الناجم عن مصادر محددة من خلال إدارة محددة الأهداف.

المبادئ الـ 12 لنهج النظام الإيكولوجي كما هي محددة في المبادئ التوجيهية التي اعتمدها مؤتمر الأطراف في اتفاقية التنوع البيولوجي (مقررا مؤتمر الأطراف V/6 و VII/11) والتي تتضمن مبادئ توجيهية لتنفيذ كل مبدأ

المبدأ 1: تكون أهداف إدارة الأراضي والمياه والموارد الحية مسألة اختيار مجتمعي.

المبدأ 2: ينبغي إضفاء الطابع اللامركزي على الإدارة ببلوغ أدنى مستوى مناسب.

المبدأ 3: ينبغي لمديري النظم الإيكولوجية أن ينظروا في آثار أنشطتهم (الفعلية أو المحتملة) على النظم الإيكولوجية المجاورة وغيرها.

المبدأ 4: اعترافا بالفوائد المحتملة من الإدارة، هناك عادة حاجة إلى فهم وإدارة النظام الإيكولوجي في سياق اقتصادي. وينبغي لأي برنامج من هذا القبيل لإدارة النظم الإيكولوجية أن يقوم بما يلي:

(أ) الحد من تشوهات السوق التي تؤثر سلباً على التنوع البيولوجي؛

(ب) مواءمة الحوافز لتشجيع حفظ التنوع البيولوجي واستخدامه على نحو مستدام؛

(ج) استيعاب التكاليف والفوائد في النظام الإيكولوجي إلى الحد الممكن.

المبدأ 5: ينبغي أن يكون حفظ هيكل النظام الإيكولوجي وأداؤه، من أجل الحفاظ على خدمات النظام الإيكولوجي، هدفاً من الأهداف ذات الأولوية لنهج النظام الإيكولوجي.

المبدأ 6: يجب إدارة النظم الإيكولوجية في حدود أدائها.

المبدأ 7: ينبغي اتباع نهج النظام الإيكولوجي على النطاقين المكاني والزماني المناسبين.

المبدأ 8: اعترافا بالنطاقات الزمنية والآثار المتخلفة المتفاوتة التي تميز عمليات النظم الإيكولوجية، ينبغي تحديد أهداف لإدارة النظم الإيكولوجية على المدى الطويل.

المبدأ 9: يجب على الإدارة أن تدرك أن التغيير أمر لا مفر منه.

المبدأ 10: ينبغي لنهج النظام الإيكولوجي أن يسعى إلى تحقيق التوازن المناسب بين حفظ التنوع البيولوجي واستخدامه وإدماجه.

المبدأ 11: ينبغي لنهج النظام الإيكولوجي أن ينظر في جميع أشكال المعلومات ذات الصلة، بما في ذلك المعارف والابتكارات والممارسات العلمية والأصلية والمحلية.

المبدأ 12: ينبغي أن يشمل نهج النظام الإيكولوجي جميعَ قطاعات المجتمع والتخصصات العلمية ذات الصلة.

[3] انظر: https://ec.europa.eu/environment/marine/eu-coast-and-marine-policy/marine-strategy-framework-directive/index_en.htm.

[4] انظر: www.integratedecosystemassessment.noaa.gov.

ويعترف مؤتمر الأطراف في اتفاقية التنوع البيولوجي في مبادئه التوجيهية التنفيذية (انظر الإطار أعلاه) بأن الفهم الحالي غالبا ما يكون له حدود، وأنه ينبغي في هذه الحالات اتباع نهج تحوطي[5]. وقد أُدرج النهج التحوطي، كما هو مبين في المبدأ 15 من إعلان ريو لعام 1992 بشأن البيئة والتنمية[6]، الذي نُصّ فيه على أنه في حال ظهور خطر حدوث ضرر جسيم أو لا سبيل إلى عكس اتجاهه، لا ينبغي أن يتخذ الافتقار إلى اليقين العلمي الكامل سببا لتأجيل اتخاذ تدابير فعالة من حيث التكلفة لمنع تدهور البيئة، في عدد متزايد من المعاهدات الدولية وغيرها من الصكوك الدولية، مما يعكس اتجاهاً نحو جعل النهج التحوطي جزءاً من القانون الدولي العرفي (انظر، على سبيل المثال، فتوى غرفة منازعات قاع البحار التابعة للمحكمة الدولية لقانون البحار (2011)، الفقرة 135).

2-2 - تنفيذ نهج النظام الإيكولوجي في الإدارة

يمكن تشغيل نهج النظام الإيكولوجي وتنفيذه في قطاع منفرد، مثلما هو الشأن في حالة إدارة مصائد الأسماك القائمة على أساس النظام الإيكولوجي (Cowan and others, 2012)، ونهج النظام الإيكولوجي لمصائد الأسماك، ونهج النظام الإيكولوجي في تربية الأحياء المائية (Brugère and others, 2019) أو في قطاعات متعددة مثل الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية (United Nations Environment Programme, 2018). وعلى مدى العقد الماضي، أدت حالات محددة من حالات نهج النظام الإيكولوجي إلى انتقال آليات الإدارة نحو وضع أساليب للتشغيل والتنفيذ (Zhang and others, 2011, Link and Browman, 2017). وعلى الرغم من ذلك، لا تزال هناك ثغرات كبيرة في التنفيذ وقصور في الاستيعاب في جميع القطاعات والمناطق. فعلى سبيل المثال، لا تزال هناك آراء متباينة بدرجة كبيرة بشأن تنفيذ إدارة مصائد الأسماك القائمة على أساس النظام الإيكولوجي من مختلف أصحاب المصلحة، مثل واضعي السياسات والمديرين والعلماء وأنصار الحفاظ على البيئة وعلماء البيئة (Trochta and others, 2018). ولذلك، من الضروري وضع أطر ومعايير لتقييم النظام الإيكولوجي (Harvey and others, 2017; Zador and others, 2017)، تستند على وجه الخصوص إلى أفضل الممارسات المثبتة. ومن الضروري أيضاً تطوير أساليب لزيادة مشاركة أصحاب المصلحة من أجل ضمان التنفيذ الناجح (Oates and Dodds, 2017).

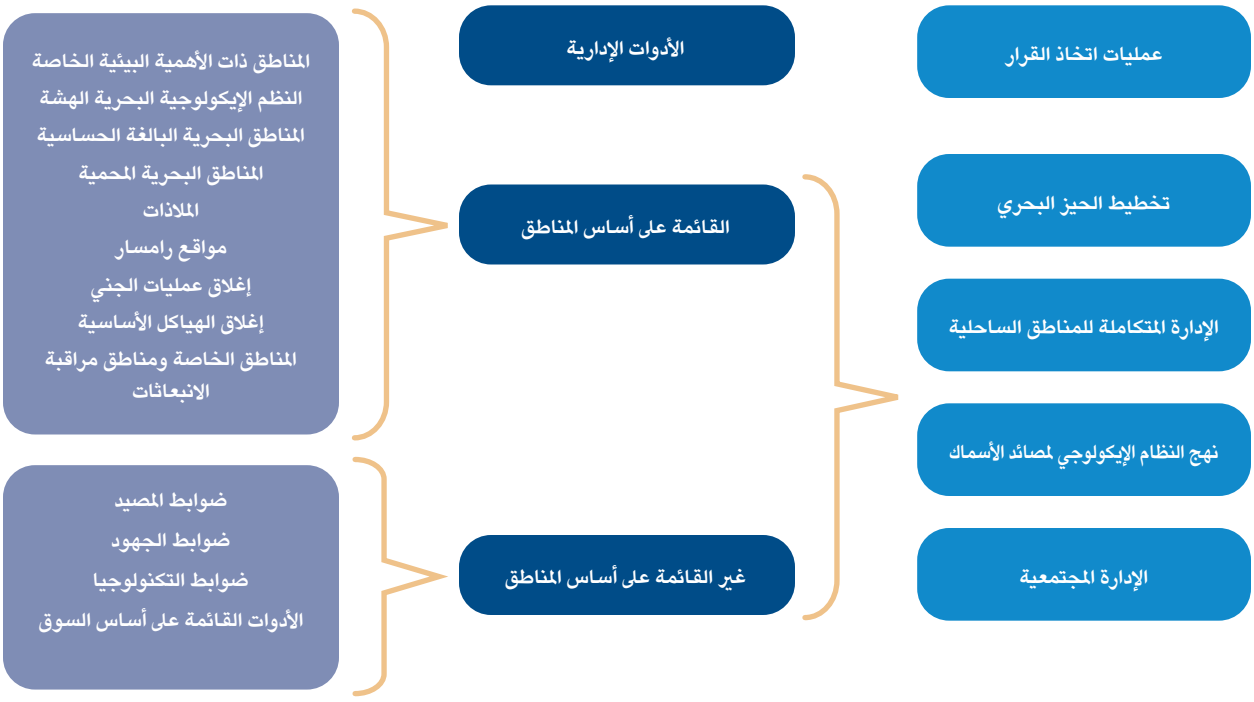
وتُنفذ الإدارة عموما في مستويين مختلفين من الحوكمة: (أ) عمليات اتخاذ القرار التي توفر إطارا لاتخاذ القرارات وتنفيذ السياسات التي تركز على حفظ الموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام، مثل تخطيط الحيز البحري، واتباع نهج النظام الإيكولوجي مصائدفي مصائد الأسماك، والإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية؛ و (ب) الأدوات الإدارية (القائمة على أساس المناطق وغير القائمة على أساس المناطق) التي يمكن استخدامها لإدارة أو تنظيم النشاط البشري في نظم معينة، مثل المناطق البحرية المحمية وتقسيم المناطق (Maestro and others, 2019)، وإغلاق مصائد الأسماك (Hall, 2002)، والمناطق البحرية البالغة الحساسية (Basiron and Kaur, 2009)، وأدوات إدارة مصائد الأسماك (Pope, 2002) (انظر أيضا الفرع 3 أدناه). ووضعت نهج عديدة لتيسير تنفيذ نهج النظم البيئية عن طريق آليات الإدارة. ويتضمن الشكل الوارد أدناه تصنيفا لنهج إدارة المحيطات.

[5] انظر المقرر 11/7، المرفق الأول، الصادر عن مؤتمر الأطراف في اتفاقية التنوع البيولوجي، المبدأ التوجيهي التنفيذي 6-2.

[6] تقرير مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية، ريو دي جانيرو، 3-14 حزيران/يونيه 1992، المجلد الأول، القرارات التي اتخذها المؤتمر (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع A.93.I.8 والتصويب)، القرار 1، المرفق الأول. وانظر أيضا: https://www.cbd.int/doc/ref/rio-declaration.shtml.

الشكل 1

تصنيف توضيحي للنهج المتبعة في إدارة المحيطات



3-2 - الإدارة المجتمعية والإدارة الثقافية

من المجالات التي يتواصل فيها تطور إدارة المحيطات القائمة على أساس نهج النظام الإيكولوجي، طريقةُ دعمها للتواصل مع المجتمعات المحلية وثقافة هذه المجتمعات. وقد حدد تقييم النظام الإيكولوجي في الألفية خدمات النظم الإيكولوجية الثقافية بوصفها الفوائد غير المادية التي يحصل عليها الناس من النظم الإيكولوجية من خلال الإثراء الروحي، والتنمية المعرفية، والتأمل، والاستجمام، والتجارب الجمالية (Milcu and others, 2013; Díaz and others, 2018). وكما ذُكر سابقا، تشتمل مبادئ نهج النظام الإيكولوجي على تطبيق اللامركزية في الإدارة ببلوغ أدنى مستوى مناسب ومشاركة جميع قطاعات المجتمع ذات الصلة. وعلاوة على ذلك، ينبغي أن تعترف نُهج الإدارة بأن الخدمات الثقافية التي تقدمها البيئة البحرية تتضمن أيضا قيماً وفوائد محددة مستمدة من المواقع البشرية المنشأة، بما في ذلك المواقع الأثرية والتاريخية (من قبيل حطام السفن، والمواقع المغمورة من عصور ما قبل التاريخ، وما إلى ذلك، والتي تعرف باسم التراث الثقافي المغمور بالمياه). ويمكن لهذه المواقع أو الأماكن أن تظهر مجموعة متنوعة من القيم، من بينها الأهمية التاريخية والأثرية، أو الطبيعة المقدسة (مقابر الحروب)، أو الأهمية الثقافية (الأساطير والفنون الشعبية). وهذه فوائد توفرها البصمة الثقافية داخل النظام الإيكولوجي البحري. ومن ثم، هناك اعتراف متزايد بأن العديد من خدمات النظم الإيكولوجية البحرية هي مزيج من الثقافة والطبيعة، وهي محل تقدير شامل من المجتمعات الساحلية. فعلى سبيل المثال، يتشكل إطار إدارة معلم باباهانوموكواكي الوطني البحري في هاواي من خلال فهم سكان هاواي الأصليين للمحيط كمشهد بحري ثقافي، حيث يشكل جميع الموارد الطبيعية موارد ثقافية، مترابطة من خلال قصص الأجداد وتستدام من خلال الممارسات التقليدية، بما في ذلك الإرشاد الطرقي والرحلات البحرية (Kikiloi and others, 2017). وعلى الرغم من التركيز على الأنشطة البشرية المنشأ، فإن نُهج الإدارة المجتمعية والثقافية تحترم القيمة الجوهرية للطبيعة في حد ذاتها.

وبالمثل، فإن الاعتراف بالقيود المفروضة على نُهج الإدارة التي تنطلق من القمة إلى القاعدة، وزيادة فهم الحقوق والحيازة والاستخدامات العرفية التقليدية والأصلية للبيئات البحرية الساحلية، قد حفزا الاعتراف على نطاق واسع بقوة واستدامة نهج الإدارة المجتمعية أو النُهج التي تنطلق من "القاعدة إلى القمة" المتبعة في مجال حفظ البيئة البحرية. وتعترف الإدارة المجتمعية بدور الإشراف والمعارف والممارسات القائمة في المجتمعات المحلية في مجال رصد الموارد البحرية وتقييمها وإدارتها، ومن خلال هياكل الحوكمة التشاركية والتعاونية التي تقودها أو تشارك فيها المجتمعات المحلية ونظم السلطة (Turner and Berkes, 2006). ومصدر تطوير تلك الخطط في أغلب الأحوال مؤسساتٌ محلية قائمة منذ أمد بعيد، مثل لجنة إسكيمو ألاسكا لصيد الحيتان (Meek, 2013) ورابطات قباطنة صيد الحيتان للسكان الأصليين والمنظمة ذاتيا التابعة للجنة والتي تعمل الآن في مجال الإدارة المتعددة النطاقات (محلية إلى دولية) والإدارة المجتمعية. وفي نصف الكرة الجنوبي، تشترك الوكالات والمجتمعات التابعة للولايات والأقاليم في مضيق توريس الواقع بين أستراليا وبابوا غينيا الجديدة في إدارة الأطوم من خلال نظام يجمع بين حراس من السكان الأصليين وصيادين من بابوا (Miller and others, 2018). ويمكن أن توضع الأطر الخاصة بنظم الإدارة المشتركة المذكورة من خلال تحقيق فهم عام لنهج النظام الإيكولوجي، ولكن على المستوى المحلي، تشكل المجتمعات المحلية نُهج الإدارة في إطار قيمها الاجتماعية والثقافية والفوائد الثقافية لممارساتها التقليدية (Delisle and others, 2018). ومن الأمثلة الأخرى على ذلك، يمكن ملاحظة أن شبكات المناطق البحرية المدارة محليا في المحيط الهادئ تبني قدرة المجتمعات المحلية على الصمود من خلال دعم الإدارة على مستوى القرى والاستخدام المستدام للموارد البحرية (Govan, 2009; Veitayaki, 2003).

ولا شك أن الاعتراف المتنامي بأهمية خدمات النظم الإيكولوجية البحرية بالنسبة للمجتمعات المحلية الساحلية وثقافتها سيزيد بموازاة مع ما تتعرض له هذه المجتمعات من ضغوط ترتبط بتغير المناخ، ولا سيما ارتفاع مستوى سطح البحر والغمر الساحلي المؤقت والدائم (Goodhead and Aygen, 2007؛ وانظر أيضا انظر الفصل 9). وينظر إلى المعلومات الثقافية بشكل متزايد على أنها جزء لا يتجزأ من الإدارة القائمة على أساس النظم الإيكولوجية، سواء في سياق الإدارة المجتمعية، أو من أجل حماية البعد الثقافي للبيئة البحرية. وقد تكون هذه المعلومات متنوعة وغير مادية، وترتبط على سبيل المثال باستخدام الموارد البحرية التقليدية، والمسارات البحرية، والمهارات الملاحية القديمة، والهويات البحرية، والأساطير، والطقوس، والمعتقدات والممارسات، والصفات الجمالية والملهمة، والتراث الثقافي، والأماكن ذات الأهمية الروحية والأهمية من الناحية القدسية و/أو الدينية[7]. وقد يعني ذلك أنه من الصعب إدماج هذه القيم والممارسات الثقافية في التخطيط والإدارة. ومع ذلك، يمكن إدماج البعد الثقافي للبحر وتحديد معالمه كمرحلة تمهيدية سابقة للإدارة. وعندما تؤخذ الثقافة بعين الاعتبار، يمكن أن يكون لها تأثير قوي، ليس بوصفها عاملاً ينبغي إدارته ورصده فحسب، بل كذلك بوصفها الأساس الذي يمكن أن يستند إليه تطوير الإدارة التي تدمج نُهج النظم الإيكولوجية في سياق التنمية المستدامة.

[7] أدرج عدد من الممارسات الثقافية المتعلقة بالبحر في القائمة التمثيلية لتراث الإنسانية الثقافي غير المادي للمنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة؛ وانظر: https://ich.unesco.org/ar/-00011.

3 - أوجه التقدم في نُهج إدارة المحيطات

اتسم العقد الماضي بانتشار النهج الجديدة والقائمة المتبعة في إدارة المحيطات والبحار وتوسيع نطاقها. وقد تجلى ذلك في تنظيم النشاط البشري في مجالات محددة لتحقيق أهداف سياسة الحفظ أو إدارة الموارد. ورغم أن جميع مجالات البيئة البحرية يمكن إدارتها بطريقة أو بأخرى (مثل مصائد الأسماك، والسياحة، واستخراج النفط والغاز)، فإن ذلك كثيرا ما يتألف من خليط من السياسات والتشريعات التي تؤدي إلى اتباع نُهُج مجزأة للحماية (Boyes and Elliott, 2014). وفي حين أن عمليات وأدوات الإدارة المذكورة في هذا الفرع يكون لها عادة بعد مكاني، فإنها تتقاسم مجموعة الخصائص المشتركة التالي:

- النطاق: من النطاق الدولي إلى الإقليمي والمحلي.
- العوامل الموجهة: على سبيل المثال، ما إذا كانت مدفوعة بالحفظ أو التنمية الاقتصادية.
- الأبعاد القطاعية: على سبيل المثال، قطاع منفرد أو متعددة القطاعات أو عبر القطاعات.
- تدابير التنفيذ: على سبيل المثال، التدابير الملزمة قانوناً أو التدابير الطوعية.
- نُهج الإدارة التي تنطلق من القمة إلى القاعدة أو التي تنطلق من القاعدة إلى القمة.

وقد ركز هذا التقييم على نهج الإدارة التي تغير بعض جوانب الاستخدام البشري. وهناك أدوات أخرى، مثل وصف المناطق البحرية ذات الأهمية الإيكولوجية أو البيولوجية[8] في إطار اتفاقية التنوع البيولوجي[9]، لا تغير الاستخدام ولكنها توفر معلومات قد تؤدي دوراً في عمليات اتخاذ القرار. غير أنه ينبغي تمييزها عن عمليات صنع القرار، مثل تقييمات أرصدة مصائد الأسماك، والتقييمات المتكاملة للنظم الإيكولوجية، والتقييمات البيئية الاستراتيجية، حيث إنها تمثل عملية علمية وتقنية بحتة ولا تشمل تدابير الإدارة، على الرغم من أن لديها القدرة على توجيه القرارات السياساتية والإدارية.

3-1 - عمليات اتخاذ القرار في مجال الإدارة

تستخدم عمليات اتخاذ القرار لتحديد أنسب الأهداف السياساتية والإدارية للسلطات المختصة المكلفة بوضع وتنفيذ نهج أو استراتيجيات إدارية (انظر الجدول 1). وتحدد الحكومات ودوائر القطاع والمجتمعات المحلية والمجتمع المدني النتائج التي ترغب في تحقيقها، أي أهداف الإدارة، ثم تستخدم أحد النهج المحتملة لتحديد كيفية تحقيق هذه النتائج ومكان تحقيقها. وتغطي النتائج الموصوفة الجوانب المختلفة للتنمية المستدامة، بما فيها الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية. وقد تكون عالمية أو إقليمية أو وطنية أو دون وطنية أو خاضعة لقيادة المجتمعات المحلية. ومن الأمثلة الشائعة على ذلك: تخطيط الحيز البحري، والتقييمات المتكاملة للنظم الإيكولوجية، والتقييمات البيئية الاستراتيجية، ونهج النظام الإيكولوجي لفي مصائد الأسماك، وإدارة مصائد الأسماك القائمة على أساس النظام الإيكولوجي، والتخطيط المنتظم للحفظ (McIntosh and others, 2017)، والإدارة المجتمعية للموارد (انظر الفرع 2-3)، ونهج الترابط بين المصدر والبحر[10]، والإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية.

وعلى الصعيد الإقليمي، يمكن العثور على أمثلة لهذه النهج في سياق اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي[11]، واتفاقية حماية البيئة البحرية لبحر البلطيق[12]، واتفاقية حماية البحر الأبيض المتوسط

8 انظر: www.cbd.int/ebsa.
9 United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.
10 انظر www.siwi.org/publications/implementing-the-source-to-sea-approach-a-guide-for-practitioners.
11 United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No.42279.
12 المرجع نفسه، المجلد 2099، الرقم 36495.

من التلوث (اتفاقية برشلونة)[13]، والاتفاقية المتعلقة بحماية البحر الأسود من التلوث. وتستخدم هذه الاتفاقيات نهجا قائما على أساس المناطق لتقييم حالة البيئة وأنشطة المراقبة، بهدف ضمان حالة بيئية جيدة للأصول البحرية. والمنظمات المنشأة بموجب هذه الاتفاقيات لديها أفرقة عاملة تركز على تخطيط الحيز البحري، وإدارة مصائد الأسماك، والإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية.

ومفهوم الإدارة التكيفية أو إدارة الموارد التكيفية مشترك بين عمليات اتخاذ القرار المدرجة (Dunstan and others, 2016)، ولكن العملية الفعلية المستخدمة غالباً ما تحددها الأهداف السياساتية (انظر أيضاً الفرع 4). وضمن أطر الإدارة التكيفية، تُنفذ تدابير أو إجراءات الإدارة بشكل متتابع على مر الزمن، مع مراعاة الظروف المستقبلية وأوجه الغموض المرتبطة باستجابات الموارد التي تتم إدارتها (Schultz and others, 2015). وغالبا ما تتحقق أهداف الحفظ باستخدام التخطيط المنتظم للحفظ والنهج المجتمعية على المستويات المحلية من أجل دعم المجتمعات المحلية في الاستخدام المستدام للموارد البحرية وحفظها (Berkes and others, 2000; Nguyen and others, 2016). وعلى النقيض من ذلك، يهدف نهج النظام الإيكولوجي المتبع في مصائد الأسماك إلى توفير نهج شامل لإدارة مصائد الأسماك وغيرها من الموارد البحرية الحية من خلال مراعاة الأنشطة البشرية ذات الصلة وتفاعلاتها مع النظام الإيكولوجي، بهدف الحفاظ على الصحة والإنتاجية والقدرة على الصمود من أجل ضمان استمرار تقديم خدمات النظم الإيكولوجية والسلع والفوائد المجتمعية (Cowan and others, 2012). ومع ذلك، حتى باتخاذ العمليات الأكثر شمولا، لا تزال هناك مسائل قائمة فيما يتعلق بدمج قطاعات متعددة (Jones and others, 2016).

3-2 - الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق

توفر الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق سياقاً مكانياً لنهج الإدارة التي عادة ما تُعرَّف فيها المنطقة بأنها ذات خصائص مميزة تستدعي اتخاذ تدابير تختلف عن إدارة المناطق البحرية المحيطة. ومن الأمثلة على الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق التي تغير أو تنظم جوانب الاستخدام البشري للبيئة البحرية المناطقُ البحرية المحمية، والمناطق البحرية البالغة الحساسية، والمناطق ذات الأهمية البيئية الخاصة، ومواقع التراث العالمي، وإغلاق مصائد الأسماك، وإغلاق الهياكل الأساسية والتصنيفات بموجب اتفاقية الأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية وخاصة بوصفها موئلاً للطيور المائية (اتفاقية رامسار)[14] ويتسم تطبيق هذه الأدوات في جميع أنحاء العالم، واستخدام المصطلحات بتباين كبير، ويرجع ذلك جزئياً إلى الأخطار والمخاطر والضعف على الصعيد المحلي والحاجة إلى بناء القدرة على الصمود (Fanini and others, 2020). وعلى الرغم من هذا التباين، هناك اتساق عام في الأهداف العامة لتحسين المسارات المؤدية إلى الاستدامة، ويمكن استخدام بعض من هذه الأدوات بوصفها من تدابير الحفظ الفعالة الأخرى المتخذة حسب المناطق[15]. وتبرز الفقرات التالية، وإن كانت غير جامعة، عددا من الأمثلة على الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق المستخدمة حاليا.

13 المرجع نفسه، المجلد 1102، الرقم 16908.No ,United Nations, *Treaty Series*, vol. 1102

14 المرجع نفسه، المجلد 996، الرقم 14583؛ وانظر أيضا www.ramsar.org.

15 اعتمد مؤتمر الأطراف في اتفاقية التنوع البيولوجي تعريفا وتوجيها طوعيا لتدابير الحفظ الفعالة الأخرى المتخذة حسب المناطق في دورته الرابعة عشرة. انظر www.cbd.int/doc/decisions/cop-14/cop-14-dec-08-en.pdf.

الجدول 1

عمليات اتخاذ القرار وما يرتبط بها من خصائص، بما في ذلك الدوافع الرئيسية، والقطاعات، وتدابير التنفيذ، والتوجيه، والنطاق

عمليات اتخاذ القرار		نهج الإدارة												
		الدافع الرئيسي			القطاع			التدابير		التوجيه		النطاق المكاني		
مثال في الممارسة العملية	السلطة المعنية	اقتصادي	بيئي	الرفاه الاجتماعي/ثقافي	منفرد	متعدد القطاعات	عبر القطاعات	ملزمة قانونا	طوعية	من القمة إلى القاعدة	من القاعدة إلى القمة	كلاهما	عالمي	إقليمي	وطني	دون الوطني
تخطيط الحيز البحري (عن طريق تقسيم المناطق والموافقة، والآليات التي تقودها السياسات)	السلطات الوطنية المختصة/السلطات المحلية المختصة	x	x	x		x	x	x				x		x	x	x
الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية		x	x	x		x	x	x	x			x		x	x	x
التخطيط المنتظم للحفظ			x		x	x		x		x					x	
التقييم المتكامل للنظم الإيكولوجية		x	x		x	x		x		x					x	
نهج النظام الإيكولوجي في مصائد الأسماك		x	x		x			x		x				x	x	x
خطط الإدارة المجتمعية		x	x	x	x	x		x	x		x					x
التقييم البيئي الاستراتيجي		x	x	x	x	x		x		x				x	x	x

وتوفر المناطق البحرية المحمية آليات حماية محددة لمناطق محددة من المحيط. وقد حُددت بوصفها واحدة من الأدوات التي ينبغي تنفيذها لتحقيق الهدف 11[16] من أهداف آيتشي للتنوع البيولوجي والغاية 5 من الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة[17]. ويجري حالياً تنقيح المؤشرات والأهداف العالمية المتعلقة بالمناطق البحرية المحمية على النحو المحدد في اتفاقية التنوع البيولوجي من خلال عملية تفاوض بشأن الإطار العالمي للتنوع البيولوجي لما بعد عام 2020 الموضوع في إطار الاتفاقية. ويمكن أن تتخذ المناطق البحرية المحمية أشكالا عديدة، تغطي نطاقات مكانية متفاوتة وتوفر مستويات متفاوتة من الحماية للبيئة البحرية. وتشمل الأمثلة على المناطق البحرية المحمية، المنطقةَ المحمية البحرية في الجرف الجنوبي لجزر أوركني الجنوبية (أنشئت في عام 2009) وتبلغ مساحتها 000 94 كيلومتر مربع، والمنطقة المحمية البحرية في بحر روس ومساحتها 1,5 مليون كيلو متر مربع (أنشئت في عام 2017)، وقد عينت هاتين المنطقتين لجنةُ حفظ الموارد البحرية الحية في أنتاركتيكا[18]؛ وشبكة المناطق البحرية المحمية المنشأة في إطار اتفاقية حماية البيئة البحرية في شمال شرق المحيط الأطلسي وتبلغ مساحتها الإجمالية 337 864 كيلومترا مربعا[19]؛ والمناطق المتمتعة بحماية

16 انظر برنامج الأمم المتحدة للبيئة، الوثيقة UNEP/CBD/COP/10/27، المرفق، المقرر 10/2؛ الغاية 11 : "القيام بحلول عام 2020، بحفظ ما لا تقل نسبته عن 17 في المائة من المناطق الأرضية والمياه الداخلية، و 10 في المائة من المناطق الساحلية والبحرية في الدول الجزرية الصغيرة النامية، ولا سيما المناطق التي لها أهمية خاصة بالنسبة للتنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية، وذلك من خلال منظومات من المناطق المحمية المدارة بطريقة فعالة وعادلة والممثلة للنظم الإيكولوجية والمترابطة على نحو جيد، ومن خلال تدابير حفظ فعالة أخرى متخذة حسب المناطق، والمدمجة في المشاهد الأرضية والمشاهد البحرية الأوسع نطاقا".

17 انظر قرار الجمعية العامة 70/1؛ والغاية 5 من الهدف 14من 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".

18 انظر: www.ccamlr.org/en/science/marine-protected-areas-mpas.

19 في 1 تشرين الأول/أكتوبر 2018، كانت شبكة المناطق البحرية المحمية المنشأة في إطار اتفاقية حماية البيئة البحرية في شمال شرق المحيط الأطلسي تضم 496 منطقة من تلك المناطق، منها 7 مناطق محددة بشكل جماعي ضمن المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية؛ انظر: Status Report on 2018 the OSPAR Network of MPAs, Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 2019؛ وانظر أيضا: https://ospar.org.

خاصة ذات الأهمية المتوسطية في إطار البروتوكول المتعلق بالمناطق المتمتعة بحماية خاصة والتنوع البيولوجي في البحر الأبيض المتوسط الملحق باتفاقية برشلونة، وتشمل محمية بيلاجوس لحفظ الثدييات البحرية ومساحتها 500 87 كيلو متر مربع والتي أنشئت بموجب اتفاقية ثلاثية مبرمة بين فرنسا وإيطاليا وموناكو (أنشئت في عام 2001)[20]، وشبكة Natura 2000 التابعة للاتحاد الأوروبي، وهي أكبر شبكة منسقة للمناطق المحمية في العالم، وتغطي الإقليم البحري لما عدده 23 بلدا من بلدان الاتحاد الأوروبي، وفي نهاية عام 2018 كانت تغطي أكثر من 000 551 كيلومتر مربع[21]. وقد زادت المناطق المحمية البحرية زيادة سريعة من حيث العدد والحجم في السنوات الأخيرة، وذلك إلى حد كبير استجابة للأهداف المتفق عليها دوليا في إطار اتفاقية التنوع البيولوجي وخطة عام 2030 وهي أداة مهمة لحفظ البيئة البحرية (Humphreys and Clark, 2020). وفي الوقت الراهن، بلغت نسبة تغطية المناطق المحمية البحرية على الصعيد العالمي في المناطق التي تدخل ضمن الولاية الوطنية 18 في المائة، أي ما يعادل 8 في المائة من تغطية المحيطات بأكملها. وعلى النقيض من ذلك، لم تُحدد سوى 1 في المائة من المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية بوصفها مناطق محمية (World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature, 2019).

وفيما يتعلق بإدماج قيم المجتمعات المحلية والأصلية في الإدارة القائمة على أساس المناطق، يمكن العثور على أمثلة في المناطق البحرية المحمية في كندا في القطب الشمالي (بما في ذلك منطقة أنجونياكفيا نيقيقيوم البحرية المحمية في خليج أموندسن، ومنطقة تاريام نيريوتيت في بحر بيوفورت، ومنطقة توفيجويتوك قبالة الساحل الشمالي الغربي لجزيرة إليسمير، نونافوت). وكانت منطقة أنجونياكفيا نيقيقيوم أول منطقة بحرية محمية لها أهداف حفظ تستند إلى المعارف التقليدية والأصلية. وقد حُددت هذه المواقع بوصفها مناطق مهمة من الناحية الإيكولوجية توفر موئلا لأنواع ذات أهمية ثقافية وتقدم مساهمة في القيم الاجتماعية والثقافية[22].

وترد أمثلة أخرى على الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق في إطار الاتفاقيات التي تسعى إلى حماية مناطق محددة للتنوع أو الموئل أو التراث. ففي المناطق المحددة في إطار اتفاقية رامسار، على سبيل المثال، يتمثل الهدف العام في وقف فقدان الأراضي الرطبة في جميع أنحاء العالم والحفاظ على الأراضي المتبقية من خلال ترشيد الاستخدام والإدارة. وحتى شباط/فبراير 2019، تم تحديد 2,341 موقعاً بموجب تلك الاتفاقية، تضم 252,48 مليون هكتار من الأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية.

ومن المواقع التي تم تحديدها مؤخراً محمية قرم الطبيعية في سلطنة عمان، والتي نجحت في حماية 106,83 هكتار من النظم الإيكولوجية للأراضي الرطبة الساحلية من خلال تخطيط وإدارة محددين، نتيجة لتصنيفها كموقع مدرج في قائمة الاتفاقية. وتشمل البرامج تشجيع تنمية السياحة القائمة على أساس الطبيعة وإشراك المجتمع المحلي في الإدارة الفعالة للأراضي الرطبة، مما أدى إلى زيادة القيمة الاقتصادية التي تحققها المحمية[23].

ومن الآليات الأخرى التي تستخدم الإدارة القائمة على أساس المناطق تنفيذ مناطق الحظر أو الإغلاق البحرية لتيسير إنشاء الهياكل الأساسية وتشغيلها، من قبيل الأنابيب ومزارع طاقة الرياح البحرية وكابلات الاتصالات. ويقتصر الغرض من هذه المناطق في المقام الأول على الصحة العامة والسلامة، وإن كانت قد أدت

[20] انظر: www.rac-spa.org/spami.
[21] انظر: www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/natura-2000-barometer.
[22] انظر : https://cases.open.ubc.ca/the-cultural-and-conservation-significance-of-anguniaqvia-niqiqyuam-marine-protect-ed-area-mpa-north-west-territories-canada/.
[23] انظر: https://rsis.ramsar.org/ris/2144.

بصورة غير مباشرة إلى حماية الموائل البحرية والتنوع البيولوجي.

وتشمل الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق في قطاعات معينة، مثل النقل البحري، المناطق الـ 17 التي حددتها المنظمة البحرية الدولية بوصفها مناطق بحرية بالغة الحساسية[24]، بما في ذلك الحيد المرجاني العظيم، ومضيق توريس، وفلوريدا كيز، والنصب التذكاري الوطني لباباهاناوموكواكيا، وجزر غالاباغوس، وبحر وادن، والمياه الأوروبية الغربية. وتشمل الحماية الممنوحة في هذه المناطق تدابير تحديد الطرق وحظر الرسو، ومتطلبات الإبلاغ الإلزامية، والتطبيق الصارم لمتطلبات التصريف والمعدات المتعلقة بالسفن، مثل ناقلات النفط على النحو المنصوص عليه في الاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن (لعام 1973)، بصيغتها المعدلة بموجب بروتوكول عام 1978 وبروتوكول عام 1997[25]. وأربع من هذه المناطق (الحيد المرجاني العظيم، والنصب التذكاري الوطني لباباهاناوموكواكيا، وجزر غالاباغوس، وبحر وادن) مشمولة أيضا بالحماية كمواقع تراثية عالمية بحرية (انظر أدناه).

وتضمنت الخطة الإقليمية للإدارة البيئية التي اعتمدتها السلطة الدولية لقاع البحار لمنطقة كلاريون - كليبرتون في شرق وسط المحيط الهادئ إنشاء مجموعة أولية تتكون من تسع مناطق ذات أهمية بيئية خاصة بوصفها "مناطق خالية من التعدين"، استنادا إلى توصيات الخبراء. وكان الغرض من هذه المناطق هو حماية التنوع البيولوجي وهيكل النظام الإيكولوجي في المنطقة وعملها من الآثار المحتملة للتعدين في قاع البحار (Jones and others, 2019؛ وانظر أيضا الفصل 18).

ويمكن أيضا استخدام المناطق البحرية المحمية بالاقتران مع أدوات إدارة مصائد الأسماك والملاذات (مناطق حظر الصيد والجمع التي قد تكون داخل المناطق البحرية المحمية). وتوفر الملاذات وتدابير إغلاق مصائد الأسماك الموسمية وعلى مدار العام ومناطق الحظر[26] آليات إدارية قائمة على أساس المناطق تسعى إلى تحسين تعداد الأنواع واستعادة التنوع البيولوجي. فعلى سبيل المثال، أنشأت اللجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان ملاذين، كلاهما يحظر صيد الحيتان لأغراض تجارية وهما: ملاذ المحيط الهندي لحماية الحيتان التي أنشئت في عام 1979 وتغطي المحيط الهندي بأكمله جنوبًا حتى 55 درجة جنوباً؛ وملاذ المحيط الجنوبي لحماية الحيتان التي أنشئت في عام 1994 وتغطي المياه المحيطة بالقارة المتجمدة الجنوبية[27].

ويدعم إغلاقُ مصائد الأسماك خلال مواسم معينة وعلى مدار العام الحفاظ على الأنواع المستغلة استغلالا مفرطا أو استعادتها، ويحافظ على سبل عيش المجتمعات المحلية، ويحمي الموائل والعمليات الإيكولوجية الرئيسية مثل التفريخ، ويمنع استغلال الموارد الحية في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية قبل وضع قواعد محددة كإجراء تحوطي. ومن الأمثلة على ذلك تحديد النظم الإيكولوجية البحرية الهشة وإغلاق الأماكن من جانب المنظمات والترتيبات الإقليمية المعنية بإدارة مصائد الأسماك، ومناطق حظر الصيد بشباك الجر في المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية لحماية الأرصدة السمكية والموائل، والإغلاق الدينامي المكاني والزماني في أستراليا لإدارة المصيد المرتبط بالأنواع المهاجرة، وإغلاق مياه القطب الشمالي أمام الصيد التجاري بموجب اتفاق منع مصائد الأسماك غير

24 انظر: www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/PSSAs.aspx.

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

26 انظر، على سبيل المثال، لائحة الاتحاد الأوروبي الجديدة رقم 2019/1022 التي تضع خطة متعددة السنوات لمصائد الأسماك التي تستغل أرصدة أسماك القاع في غرب البحر الأبيض المتوسط، وتنص اللائحة، في جملة أمور، على إنشاء مناطق للإغلاق لمدة ثلاثة أشهر لحماية صغار الأسماك على أن تحدد كل دولة عضو مكانها وزمانها. انظر: https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2019/06/06/first-ever-multi-annual-management-plan-for-fisheries-in-the-western-mediterranean-becomes-reality/.

27 انظر: www.iwc.int/sanctuaries.

المنظمة في أعالي البحار في وسط المحيط المتجمد الشمالي، في انتظار إجراء تقييم علمي لاستدامة هذه المصائد.

وتُستخدم الإدارة القائمة على أساس المناطق أيضا لحماية المواقع البحرية ذات الأهمية نظرا لقيمتها الثقافية، أو الطريقة التي تجمع بها المشاهد البحرية بين الخصائص الثقافية والطبيعية. وتقدم مواقع التراث العالمي في إطار اتفاقية منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة لحماية التراث العالمي الثقافي والطبيعي لعام 1972 (UNESCO, 1972) مثالاً دولياً على ذلك. ومنذ تسجيل أول موقع بحري في قائمة اليونسكو للتراث العالمي في عام 1981، تم الاعتراف بـما عدده 50 موقعا بحريا في 37 بلدا بسبب تفرد تنوعها البيولوجي البحري أو نظمها الإيكولوجية أو عملياتها الجيولوجية أو جمالها الذي لا يضاهى[28]. وأكبر هذه المواقع هي أراضي وبحار أوسترال الفرنسية، التي صُنفت في عام 2019، وتغطي مساحة 67,296,900 هكتار، تليها منطقة جزر فينيكس المحمية في كيريباتي وتمتد على مساحة 250 408 كيلومترا مربعا، وقد سُجلت في عام 2010 [29]. وتحظى أربعة من هذه المواقع (وهي النصب التذكاري الوطني لباباهاناوموكواكيا في هاواي؛ وسانت كيلدا في اسكتلندا بالمملكة المتحدة؛ وإبيزا في إسبانيا؛ والبحيرة الشاطئية الجنوبية في جزر روك في بالاو) باعتراف دولي تقديرا لقيمتها العالمية المتميزة التي تجمع بين العناصر الثقافية والطبيعية. وفي سياق وطني، تشتمل جميع المحميات البحرية الوطنية في الولايات المتحدة على تدابير لحماية الموارد التاريخية والأثرية والثقافية على نطاق منظومة المحميات، وثمة عدة محميات مصنفة خصيصا بسبب ما تضمه من مجموعات من حطام السفن التاريخية (مثل محمية ثاندر باي، ومحمية مونيتور، ومحمية مالوز باي)[30]. وفي اسكتلندا، تم استحداث مفهوم المناطق البحرية المحمية لإنشاء مناطق حول مواقع الحطام التاريخية المهمة (Historic Environment Scotland, 2019). وبالمثل، تنص قوانين عديدة للتراث الوطني على تعيين مناطق حماية حول المواقع الأثرية والتاريخية المغمورة بالمياه، ويشمل ذلك تدابير من قبيل حظر صيد الأسماك والرسو والغوص دون الحصول على إذن خاص (مثل القانون اليوناني رقم 3028/2002 بشأن حماية الآثار والتراث الثقافي بشكل عام). وأخيراً، ينبغي الإشارة بشكل خاص إلى الاعتراف بموقع حطام سفينة "آر إم إس تيتانيك" كنصب تذكاري بحري دولي بموجب قانون الولايات المتحدة، والاتفاق الدولي بشأن سفينة "آر إم إس تايتانيك" المبرم بين المملكة المتحدة والولايات المتحدة والذي دخل حيز النفاذ في عام 2019 [31].

3-3 - الأدوات الإدارية غير القائمة على أساس المناطق

لا تقتصر إدارة المحيطات على النُهج القائمة على أساس المناطق، وإن كان من المفارقة أن جميع تدابير الإدارة يطبق على نطاق منطقة بعينها حتى لو كانت تلك التدابير مطلوبة أو معتمدة على نطاق أوسع. ويجري التعامل مع العديد من الأنشطة من خلال مجموعة من التدابير الأخرى، مثل الضوابط التنظيمية المتعلقة بالمواد الكيميائية وحوادث التلوث، وإدارة الأنواع المهاجرة عبر الحدود، وتطبيق التدابير التقنية في إدارة مصائد الأسماك (انظر الفصل 15).

28 انظر: https://whc.unesco.org/en/marine-programme/.

29 كذلك انخفض عدد مواقع التراث العالمي البحرية التي أُعلن أنها "في خطر" من ثلاثة مواقع إلى موقعين. أُزيل نظام محمية بليز للشعاب المرجانية من قائمة التراث العالمي المعرض للخطر في عام 2018 بسبب التنفيذ الفعال للسياسة الوطنية التي تتعلق تحديداً باعتماد لوائح الغابات (حماية أشجار المانغروف)، ووقف التنقيب عن النفط والعمليات البترولية الأخرى داخل المناطق البحرية بأكملها، ومواصلة تنقيح قائمة مراجعة تقييم الأثر البيئي وتعديلها، وما يقابل ذلك من تنقيح جار للوائح تقييم الأثر البيئي.

30 انظر https://sanctuaries.noaa.gov.

31 انظر: www.gc.noaa.gov/gcil_titanic.html؛ وانظر أيضاً التعميم الصادر عن المنظمة البحرية الدولية (MEPC.1/Circ.779، المؤرخ 31 كانون الثاني/يناير 2012) بشأن تدابير منع التلوث في المنطقة المحيطة بأنقاض سفينة "آر إم إس تيتانيك". ومنذ عام 2012، دخل موقع الحطام ضمن نطاق الحماية الذي توفره اتفاقية حماية التراث الثقافي المغمور بالمياه لعام 2001 (United Nations, *Treaty Series*, vol. 2562, No. 45694) التي تنطبق على جميع آثار الوجود البشري ذات الطابع الثقافي أو التاريخي أو الأثري التي ظلت تحت الماء لمدة 100 سنة على الأقل؛ انظر: www.unesco.org/new/ar/culture/themes/underwater-cultural-heritage/the-heritage/did-you-know/titanic/.

والأدوات غير القائمة على أساس المناطق هي أساسا أدوات قطاعية بطبيعتها، وتنظم أنشطة قطاعية محددة لقطاع معين من أجل تحقيق نتيجة محددة. فعلى سبيل المثال، تطبق ضوابط الانبعاثات العالمية على سفن الشحن الدولية (الحد الأقصى العالمي للكبريت)[32]، في حين يمكن تقييد المصيد داخل مصائد الأسماك من خلال الحدود المفروضة على الصيد والحدود المفروضة على عُدة الصيد (مثلا من خلال النظم القائمة على أساس الحصص، وحدود عدد الصنانير وحدود القدرات). ويمكن أيضا تطبيق تدابير قائمة على أساس التكنولوجيا على مصائد الأسماك لتقييد المصيد من الأنواع غير المستهدفة (مثل أجهزة عزل السلاحف) ويمكن تطبيق النهج القائمة على أساس السوق (مثل مخططات الاعتماد أو استدامة الأغذية البحرية أو التوسيم الإيكولوجي) على نطاق مصائد الأسماك بأكملها، سواء على نطاق عالمي أم إقليمي أم وطني أم دون وطني.

وتستخدم في القانون المحلي على نطاق واسع الأدوات غير القائمة على أساس المناطق لإدارة التراث الثقافي في البحر، مثل اشتراط الإبلاغ عن الاكتشافات والحصول على ترخيص قبل القيام بأي أنشطة موجهة نحو التنقيب عن التراث الثقافي المغمور بالمياه أو إزالته أو نبشه.

وعلى الصعيد الدولي، تحدد اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار إطار الاختصاص المتعلق بواجب حماية الأشياء ذات الطابع الأثري والتاريخي في البحر (انظر المادة 303 من الاتفاقية؛ Strati, 1995). وتُدخل اتفاقية حماية التراث الثقافي المغمور بالمياه لعام 2001 هذا الواجب ضمن حقوق والتزامات محددة داخل مختلف المناطق البحرية على النحو المحدد في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، وذلك بتوفير جملة أمور منها نظام للإبلاغ أو الإخطار والتشاور من أجل حماية التراث الثقافي المغمور بالمياه الذي يُعثر عليه في المنطقة الاقتصادية الخالصة وفي الجرف القاري وكذلك في المنطقة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن القواعد المرفقة بها فيما يتعلق بالأنشطة الموجهة نحو التراث الثقافي المغمور بالمياه تتضمن مبادئ عامة للحماية إلى جانب قواعد تقنية، مثل معايير الحفظ والإدارة.

[32] انظر: www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx.

الجدول 2

الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق وما يرتبط بها من خصائص، بما في ذلك الدوافع الرئيسية، والقطاعات، وتدابير التنفيذ، والتوجيه، والنطاق

الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق		نهج الإدارة									
		الدافع الرئيسي			القطاع		التدابير	التوجيه		النطاق المكاني			
مثال في الممارسة العملية	السلطة المعنية	اقتصادي	بيئي	الرفاه الاجتماعي/ ثقافي	منفرد	عبر القطاعات متعدد القطاعات	ملزمة قانونا	طوعية	من القمة إلى القاعدة	من القاعدة إلى القمة كلاهما	عالمي	إقليمي	وطني	دون الوطني
المناطق ذات الأهمية البيئية الخاصة	السلطة الدولية لقاع البحار	x	x		x		x		x		x			
النظم الإيكولوجية البحرية الهشة	المنظمات أو الترتيبات الإقليمية أو السلطات الوطنية المختصة المعنية بإدارة مصائد الأسماك		x		x		x		x			x		
المناطق البحرية البالغة الحساسية والمناطق التي يجب تجنبها	المنظمة البحرية الدولية	x	x		x		x		x		x			
إغلاق مصائد الأسماك ومناطق يقيد فيها صيد الأسماك	منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، والمنظمات أو الترتيبات الإقليمية المعنية بإدارة مصائد الأسماك، أو الاتحاد الأوروبي، أو السلطات الوطنية المختصة		x		x		x		x			x	x	x
ملاذات الحيتان	اللجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان		x		x		x		x		x			
إغلاق الهياكل الأساسية: الأنابيب (مثل النفط والغاز والنفايات والمياه العذبة) وإغلاق الكابلات (مثل الاتصالات السلكية واللاسلكية، والشبكات)	المنظمة البحرية الدولية أو السلطات الوطنية المختصة	x			x		x		x				x	
مناطق الحفظ البحري الوطنية والمناطق ذات الأولوية لأغراض الحفظ	السلطات الوطنية المختصة		x		x		x		x				x	x
إغلاق مواقع تربية الأحياء المائية	السلطات الوطنية المختصة	x	x		x		x		x				x	x
مواقع التراث العالمي، بما في ذلك المواقع المعترف بها تقديرا لقيمتها العالمية المتميزة التي تجمع بين العناصر الثقافية والطبيعية	منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة	x	x	x		x	x		x				x	

الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق			نهج الإدارة				
مثال في الممارسة العملية	السلطة المعنية	الدافع الرئيسي	القطاع	التدابير	التوجيه	النطاق المكاني	
المناطق البحرية المحمية	غايات آيتشي للتنوع البيولوجي، أو اتفاقيات البحار الإقليمية، أو السلطات الوطنية المختصة	اقتصادي بيئي الرفاه الاجتماعي/ثقافي	منفرد متعدد القطاعات عبر القطاعات	ملزمة قانونا طوعية	من القمة إلى القاعدة من القاعدة إلى القمة كلاهما	عالمي إقليمي وطني دون الوطني	
مناطق الحماية الواقعة حول المواقع الأثرية والتاريخية	السلطات الوطنية المختصة	x		x	x	x	
المواقع المدرجة ضمن اتفاقية الأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية وخاصة بوصفها موئلاً للطيور المائية (اتفاقية رامسار)	اتفاقية رامسار	x	x	x	x	x x	
أنواع محددة من الملاذات (مثل أسماك القرش أو الأطوم)	السلطات الوطنية المختصة	x	x	x	x	x x	
الموقع المشترك (مثل طاقة الحيليات أو تربية الأحياء المائية)	السلطات الوطنية المختصة	x x	x	x	x	x x	
المناطق الخاصة ومناطق مراقبة الانبعاثات	المنظمة البحرية الدولية	x	x	x	x	x x x	
إغلاق الأماكن المجتمعية	الحكومة المحلية أو المجتمعات المحلية	x	x x	x	x	x	
نُهج الإدارة التقليدية، بما في ذلك برامج الحراس من السكان الأصليين	القيادة أو السلطة المجتمعية أو السلطات الوطنية أو المحلية المختصة	x x	x x	x x	x	x	

الجدول 3

الأدوات الإدارية غير القائمة على أساس المناطق وما يرتبط بها من خصائص، بما في ذلك الدوافع الرئيسية، والقطاعات، وتدابير التنفيذ، والتوجيه، والنطاق

الأدوات الإدارية غير القائمة على أساس المناطق		نهج الإدارة									
		الدافع الرئيسي			القطاع		التدابير		التوجيه		النطاق المكاني			
مثال في الممارسة العملية	السلطة المعنية	اقتصادي	بيئي	الرفاه الاجتماعي / ثقافي	منفرد	متعدد القطاعات	عبر القطاعات	ملزمة قانونا	طوعية	من القمة إلى القاعدة	من القاعدة إلى القمة	كلاهما	عالمي	إقليمي	وطني	دون الوطني
ضوابط الصيد أو العُدّة	السلطات الإقليمية	x	x		x			x			x			x	x	x
ضوابط التكنولوجيا	السلطات الإقليمية	x	x		x			x			x			x	x	x
الأدوات القائمة على أساس الأسواق	السلطات الإقليمية	x	x		x			x	x			x		x	x	x
آليات حماية التراث الثقافي المغمور بالمياه	السلطات الوطنية المختصة		x	x	x			x			x				x	x

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

عند تنفيذ نهج النظام الإيكولوجي، يتعين أيضاً على عمليات اتخاذ القرار أن تراعي المعرفة بالآثار المناخية والتخفيف من حدتها والتدابير التكيفية. وفي هذا الصدد، فإن تحديد مسارات التكيف التي قد تُنفذ لتعزيز القدرة على الصمود في مواجهة آثار تغير المناخ أمر مهم لتحديد العمليات والأدوات الإدارية التي يمكن أن تتضمن عدم اليقين وعدم القدرة على توقع الآثار والاستجابات البيئية عبر النطاقات المكانية - الزمنية (Holsman and others, 2019؛ Wise and others, 2014). ويمكن أن يتباين اختيار مختلف التدابير التكيفية التي قد تنفذ لتحقيق قدر أكبر من القدرة على الصمود تباينا كبيرا، ويتوقف ذلك على عمليات اتخاذ القرارات التي تؤطرها. فعلى سبيل المثال، يسهم الأخذ بنُهج قائمة على أساس النظم الإيكولوجية للحد من مخاطر الكوارث في تكييف الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية وإدارة المناطق المحمية، ولا سيما في حالة المجتمعات والبلدان الضعيفة (Ferrario and others, 2014; Satta and others, 2017). وقد تطبق استراتيجيات بديلة تدابير للتخفيف والتعويض[33]، مثل مبادرة الكربون الأزرق. وينبغي أن تعزز نُهُج التخفيف الفعالة أيضاً الروابط القائمة مع تمويل التكيف ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات، في حين ينبغي أن تراعي الاستجابات التكيفية الجوانب البيئية والاجتماعية والاقتصادية من أجل تحديد الآليات الفعالة التي تحقق التوازن بين الاحتياجات وتحقق أقصى قدر من الفوائد للجميع.

[33] تتبع هذه التدابير تسلسلا هرميا للتدابير الإدارية: تدابير وقائية (مثل وقف دخول الملوثات إلى البحر)؛ وتدابير التخفيف (الحد من الآثار المباشرة)؛ والتعويض، على سبيل المثال، عن طريق تعويض المستخدم (مثل الصيادين عن فقدان المصيد)، والموارد (على سبيل المثال عن طريق إعادة تربية الأسماك أو إعادة زراعة أشجار المانغروف)، أو الموئل (عن طريق إنشاء موائل جديدة لتعويض الموائل المفقودة بسبب الهياكل الأساسية للمباني) (Elliott and others, 2016).

ويساعد التطبيق العالمي لشبكات المناطق البحرية المحمية على تعزيز التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه (Dudley and others, 2010; Roberts and others, 2017) من خلال دعم قدرة النظم الإيكولوجية على الصمود. ومن خلال بناء القدرة على الصمود، تتمتع النظم الإيكولوجية بقدرة أكبر على مواجهة التقلبات والتعافي من الظروف الوخيمة، وبالتالي الحفاظ على عمل النظم الإيكولوجية وتوفير الخدمات اللازمة لرفاه الإنسان (Chong, 2014).

وتستفيد الإدارة القائمة على أساس القدرة على الصمود (إلى جانب الأدوات الإدارية القائمة على أساس المناطق) من المعرفة بالعوامل المحركة الحالية والمستقبلية التي تؤثر على عمل النظام الإيكولوجي (مثل تفشي الأمراض المرجانية والتغيرات في استخدام الأراضي أو التجارة أو ممارسات الصيد) لتحديد أولويات إجراءات الإدارة التي تدعم النظم الإيكولوجية ورفاه الإنسان وتنفيذها واستدامتها (Mcleod and others, 2019).

ولدعم الحفاظ على قدرة النظم الإيكولوجية على الصمود، يجب على المديرين الحد من عوامل الضغط المحلية (مثل التلوث، وضغوط الصيد المدمرة)، مع تعزيز العمليات الرئيسية للقدرة على الصمود (مثل التعافي، والتكاثر، والتوظيف، والاتصال) (Anthony and others, 2015; Graham and others, 2013). وهذا يتطلب إدارة أسباب ونتائج الضغوط الداخلية (المحلية) والاستجابة لعواقب الضغوط الخارجية (العالمية)، بالنظر إلى أن الاستجابة لأسباب هذه الأخيرة تتطلب إجراءات عالمية (Elliott, 2011). فعلى سبيل المثال، يمكن تصميم شبكات المناطق البحرية المحمية من أجل تحقيق القدرة على الصمود في مواجهة آثار تغير المناخ من خلال الحفاظ على التنوع والتعويض في الأنواع والموائل والمجموعات الوظيفية ومسارات الاتصال والحد من عوامل الضغط، ومن خلال إدراج عمليات تكيف يمكن أن تستوعب عدم اليقين والتغيير (Mcleod and others, 2019). وتُدعم قدرة الشعاب المرجانية على الصمود وما يرتبط بها من قدرة على التعافي من حوادث الابيضاض على نطاق شبكة المناطق البحرية المحمية في هاواي من خلال الإدارة النشطة للأسماك العاشبة التي تهدف إلى الحفاظ على الكتلة الحيوية العاشبة وزيادة وفرتها وتنوعها الوظيفي (Chung and others, 2019).

وإلى جانب شبكات المناطق البحرية المحمية، هناك تنوع في تدابير التكيف التي يمكن تنفيذها على مستوى المجتمع المحلي وعلى المستوى المؤسسي. وهي تشمل أدوات من قبيل التنسيق بين القطاعات أو تراخيص الصيد المرنة أو الحقوق الموسمية أو الإدارة عبر الحدود أو تعزيز التعاون المؤسسي، وهي أدوات يمكن تطبيقها بالتزامن مع تنويع الأسواق وسبل العيش وأدوات بناء القدرة على الصمود مثل التأهب لحالات الطوارئ، ونظم الإنذار المبكر، والتحويلات المالية وخطط التعافي بعد الكوارث (Poulain and others, 2018). وينبغي أيضاً، عند تطبيق أدوات إدارية محددة، النظر في المفاضلات، لأن هذه الأدوات يمكن أن تترتب عليها آثار متناقضة على مختلف القطاعات أو البلدان. ففي القطب الشمالي، على سبيل المثال، يؤدي التعاون عبر الحدود إلى إشراك جهات فاعلة وقطاعات جديدة، من قبيل السياحة القطبية، ولكنه يجلب أيضا مخاطر جديدة، مثل النقل البحري واستكشاف المعادن واستغلالها. وفي منطقة البحر الأبيض المتوسط، هناك حاجة إلى التعاون عبر القارات (بين أفريقيا وأوروبا) لتبني تدابير تكيف إقليمية للتعامل مع الاحتياجات المحلية والقدرات التكيفية المتباينة لدى البلدان الأفريقية والأوروبية (Karmaoui, 2018, Hidalgo and others, 2018).

5 - المسائل الرئيسية الخاصة بمناطق معينة

أحرز تنفيذُ نهج النظام الإيكولوجي من خلال عمليات اتخاذ القرار والأدوات الإدارية في البيئة البحرية تقدما بخطى مختلفة في مناطق شتى. وشهدت المناطق التي تسجل مستويات أعلى من المهارات والقدرات المالية والموارد تقدما كبيرا في تنفيذ نهج النظام الإيكولوجي. فعلى سبيل المثال، استلزم التغير البيئي السريع في المحيط المتجمد الشمالي، الناتج عن الاحترار الواسع النطاق، قيام مجلس القطب الشمالي بتحويل التركيز من التقييمات العلمية القائمة على سياسات غير ملزمة إلى اتفاقات ملزمة قانوناً تفاوضت عليها البلدان الأعضاء. وقد أصبحت هذه الاتفاقات ضرورية أيضا نتيجة للفرص المتزايدة المتاحة للاستخدامات الصناعية للمحيط المتجمد الشمالي، وما يصاحبها من مخاطر، منها أنشطة النقل البحري، والسياحة في القطب الشمالي، ونقل الأنواع الغريبة، واستغلال المعادن في الجرف القاري للدول الساحلية في القطب الشمالي. وقد دفعت هذه التغيرات السريعة البلدان إلى تكييف سياساتها بحيث تستجيب على نحو أفضل للتحديات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية الناشئة بسرعة عن تغير المناخ. فعلى سبيل المثال، عدلت كندا قانون المحيطات في عام 2019 لتكون قادرة على تطبيق المبادئ الوقائية والتمكين من توفير حماية مؤقتة لمنطقة ما لمدة تصل إلى خمس سنوات، من خلال استخدام حكم ورد في أمر وزاري بتجميد أثر الأنشطة البشرية، مما يعني أنه لن يسمح بتنفيذ أي أنشطة بشرية جديدة أو إضافية في المنطقة طوال المدة المنصوص عليها في الأمر. وفي عام 2019، كانت منطقة توفايويتتك المحمية البحرية أول منطقة أنشئت من خلال استخدام الحكم الوارد في الأمر الوزاري، وقد أنشئت لحماية أقدم وأثخن جليد بحري في المحيط المتجمد الشمالي كموئل صيفي مهم للأنواع مع استمرار انخفاض الغطاء الجليدي في القطب الشمالي.

وفي المناطق التي لديها قدرات أقل، من الأصعب تنفيذ نهج النظام الإيكولوجي. ويواجه العديد من المناطق البحرية والساحلية في هذه المناطق تدهوراً منذ عقود، بل قرون، نتيجة لعدم وجود ممارسات أو ضوابط إدارية، وبسبب تنفيذ نُهُج الاستعادة على سبيل رد الفعل. وفي أمريكا الجنوبية (Gianelli and others, 2018; Reis and D'Incao 2000)، كان تنفيذ نُهج النظام الإيكولوجي لمصائد الأسماك أمرا صعبا بسبب القيود المفروضة على القدرات المؤسسية والعلمية على حد سواء، مما قلّص من النجاح في المناطق التي توفر ظروف تمكين مؤاتية. ويمكن ملاحظة تحديات مماثلة في مجال القدرات في إدارة المناطق البحرية المحمية (Gerhardinger and others, 2011)، رغم أن التعامل مع أصحاب المعارف المحليين أفضى إلى تحسينات في النتائج (Gerhardinger and others, 2009).

ويمكن عزو معظم النمو الذي تحقق مؤخرا في المناطق السطحية للمناطق البحرية المحمية البحرية إلى عدد قليل من البلدان التي أنشأت مناطق بحرية محمية كبيرة. وعلى الرغم من أن البيانات تعكس التقدم المحرز صوب حفظ التنوع البيولوجي والموارد البحرية، فإن الحماية لا تزال تركز على المياه الخاضعة للولاية الوطنية والبلدان التي لديها الإمكانات والقدرات اللازمة لتحديد شبكات المناطق البحرية المحمية وتنفيذها. ومع ذلك، فإن تحديد منطقة بحرية محمية لا يدل بالضرورة على وجود إدارة وحماية نشطتين، لأن العديد منها يفتقر إلى خطط ملائمة للإدارة وما يرتبط بها من تدابير الإنفاذ (World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature, 2019; Maestro and others, 2019). وبالمثل، فإن تفاوت التوزيع الجغرافي للمناطق البحرية المحمية يحد من فعاليتها وترابطها وتمثيليتها.

وأخيراً، أصبح تغير المناخ محركاً رئيسياً في منح الأولوية لنهج الترميم في أجزاء كثيرة من العالم، بما في ذلك ترميم

غابات المانغروف في إندونيسيا وفي عدد من الدول الجزرية الصغيرة النامية في المحيط الهادئ، بهدف حماية المجتمعات المحلية من الغمر الساحلي (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016) وزيادة القدرة على الصمود أمام التغيرات المستقبلية، وترميم أجزاء من الحيد المرجاني العظيم في أستراليا عقب وقوع حوادث ابيضاض متعددة (RRAP Consortium, 2018). وقد استخدمت عملية ترميم الشعاب المرجانية في منطقة البحر الكاريبي وشعاب المحار في جميع أنحاء العالم تقنيات صغيرة النطاق، مثل التجزئة الدقيقة، لمعالجة الأضرار المحلية (Gilby and others, 2018). غير أن هذه النهج لا تزال محدودة النطاق في كثير من الأحيان. ومن الأمثلة الأخرى على التكيف مع تغير المناخ والحد من مخاطر الكوارث، التدابير التي اتخذتها غرينادا وإكوادور وكولومبيا فيما يتعلق بترميم أشجار المانغروف وحماية السواحل؛ والمملكة المتحدة فيما يتعلق بمواءمة خطوط السواحل؛ والمكسيك فيما يتعلق باستدامة صيد الأسماك وإعادة تأهيل أشجار المانغروف؛ وفانواتو فيما يتعلق بترميم الشعاب المرجانية (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2019). ويهدف عقد الأمم المتحدة لإصلاح النظم الإيكولوجية (2021-2030)[34] إلى تسريع وتيرة هذا الاتجاه (Waltham and others, 2020).

6 - بناء القدرات

يتطلب معظم نُهج الإدارة معلومات تتقاطع مع العلوم الطبيعية والاجتماعية. والعلماء والممارسون، في العديد من المناطق، ولا سيما في البلدان النامية، ليسوا مدربين تدريبا كافيا على تنفيذ النهج القائمة أو الجديدة للإدارة، ولا سيما النُهج التي تتضمن استخدام نهج النظام الإيكولوجي. ومن شأن زيادة القدرات، ليس فقط في إطار فهم نُهج الإدارة بل أيضا في امتلاك الأدوات اللازمة لتنفيذها، أن تدعم الحكومات وسائر أصحاب المصلحة في فهم مجموعة الخيارات المتاحة في مجال الإدارة والحوكمة البحريتين في نطاق سلطتها. ومن ثم، هناك عدة متطلبات رئيسية في هذا المجال في ميدان بناء القدرات ونقل التكنولوجيا. فأولا، هناك حاجة إلى التدريب والخبرة في مجال الإدارة والحوكمة البحريتين المتصلتين بالعلوم المطلوبة، بما يشمل التدريب على العوامل الموجهة للسياسات، فضلا عن نتائج العلوم والسياسات ذات الصلة بالسياسات، أي الكيفية التي يمكن بها استخدام العلوم ذات الصلة في وضع السياسات وما هي التعديلات/التنقيحات التي يتعين إدخالها على السياسات كلما توفرت معلومات علمية جديدة. وثانيا، هناك مجال واسع للتعلم داخل الدول والمناطق وفيما بينها (أي نقل المعارف والتكنولوجيا)، خاصة وأن بعض النُهج قد نجحت في بعض الظروف، مثل برامج المناطق البحرية المحمية في إطار اتفاقية حماية وإدارة وتنمية البيئة البحرية والساحلية لمنطقة شرق أفريقيا. وفي هذا الصدد، هناك حاجة إلى زيادة القدرات في مجال التعاون عبر الحدود، مع اعتبار الإدارة القائمة على أساس العلم عنصراً أساسياً. ثالثاً، هناك أيضاً مجال واسع للتعلم على نطاق السياسات المختلفة، بما في ذلك مصادر السياسات، لا سيما بالنسبة للممارسين الجدد، وكذلك باعتبارها من أوجه التطوير المهني المستمر للمهنيين الأكثر خبرة.

ومن المتطلبات الرئيسية للبلدان لكي تبدأ في تنفيذ النهج الإدارية، معرفة المراحل الرئيسية في تنفيذ عملية التخطيط والعمليات السياساتية المتعلقة بالإدارة البحرية، فضلا عن المقاييس المستخدمة لقياس ورصد فعالية التدابير الإدارية. ومن المهم أيضا في هذا الصدد أن يفهم العلماء وأصحاب المصلحة الآخرون (بمن فيهم الجمهور) وضع السياسات وإدارة السلوك العام، بما في

[34] انظر قرار الجمعية العامة 73/284.

ذلك الجوانب الاقتصادية ذات الصلة. ولتحقيق هذه الأهداف، يلزم اتباع نهج رسمي ونهج غير رسمي في التعليم. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تشجيع نقل المعارف المتعلقة بعمليات وأدوات اتخاذ القرار في جميع القطاعات من أجل ضمان إمكانية تطبيق نهج النظام الإيكولوجي تطبيقا كليا في جميع القطاعات البحرية.

وأشار جيل وآخرون (2017) إلى أن قدرات الموظفين والقدرات في مجال الميزانية هما أقوى عوامل للتنبؤ بآثار الحفظ. وفي تلك الدراسة، حققت المناطق البحرية المحمية التي لديها قدرات كافية من الموظفين فوائد إيكولوجية تفوق المناطق التي لا تمتلك قدرات كافية بمعدل 2,9 مرة. ولذلك فإن إنشاء تلك المناطق دون استثمار كاف سيؤدي إلى نتائج حفظ دون المستوى الأمثل. وقد تزيد الموارد المحدودة في بعض الحالات من الحاجة إلى برامج العلم التشاركي التي يمكن أن تكمل أو تدعم قيود الرصد (على سبيل المثال، في المملكة المتحدة لرصد الكائنات الحية على الشاطئ وبرامج رصد وتنظيف الشواطئ من النفايات، وبرنامج مؤسسة Reef Check، وبرنامج MangroveWatch، ومؤسسة Manta Trust) في برامجها العالمية (انظر أيضاً الفرع 7-1 أدناه). ويمكن استخدام هذه التقنيات في جميع أنحاء العالم باعتبارها أفضل الممارسات لتحقيق فوائد أكبر.

7 - الثغرات وآفاق المستقبل

7-1 - البيانات والمعلومات المتعلقة باحتياجات الإدارة

في كثير من الحالات، تتعثر نُهج الإدارة البحرية وعملياتها وأدواتها بسبب نقص البيانات ذات النوعية والكمية الملائمتين (Borja and others, 2017). وتساعد التطورات الأخيرة في مجال استخدام أساليب البيانات الضخمة، والاستخدام المبتكر للبيانات والمعلومات في النهج السياساتية، وربط قواعد البيانات، على توفير المعلومات في مثل هذه الحالات. غير أن فهم الأسباب والآثار الإيكولوجية المتصلة بالأولويات الاجتماعية - الاقتصادية، كما يتجلى في الخبرة في مجال النمذجة ونظم الدعم العلمي اللازمة لاتخاذ القرار (مع التسليم بتعقيد النظم الساحلية والبحرية)، لا يزال محدوداً في العديد من المناطق. وينبغي تشجيع تقاسم المعارف (مثل نظام المعلومات المتعلقة بالتنوع البيولوجي) وإتاحة إمكانية الوصول إلى المعلومات وتدفقات البيانات، ولا سيما بين القطاعات، من أجل ضمان إتاحة البيانات التي يتم جمعها للجميع (مثل مبدأ "جمع البيانات مرة واحدة، واستخدامها عدة مرات"). ولن يساعد تعزيزُ التعاون والربط بين برامج الرصد في تقاسم القدرات بين القطاعات والمؤسسات فحسب، بل أيضا في توفير نُهج أكثر كفاءة في مجال رصد البيانات والمعلومات وتوفيرها. وتتحول البيانات المستمدة من العلم التشاركي بشكل متزايد إلى مصدر مهم لمعلومات الرصد، حيث تتولى الدوائر الأكاديمية التحقق من صحتها وقبولها (Bennett, 2019) لتوفير معلومات رئيسية عن الحالة والاتجاهات البيئية (Edgar and Stuart-Smith, 2014، مثلا).

وتشمل التحديات التي لا تزال بحاجة إلى التصدي لها جمع البيانات المتعلقة بالإدارة البحرية بطريقة فعالة من حيث التكلفة. وسيتسم دور التكنولوجيا في حفظ البيئة البحرية والإدارة البحرية بأهمية متزايدة، ولا سيما جمع واستخدام البيانات المتأتية من الاستشعار عن بعد والسواتل. وفي الإدارة القطاعية والمكانية، على سبيل المثال، تستخدم بيانات النظام الآلي لتحديد الهوية ونظام رصد السفن لإدارة أنشطة النقل البحري وصيد الأسماك، ولا سيما لأغراض رسم الخرائط. ويتزايد تطبيق النُهج التحليلية الجديدة، مثل التعلم الآلي، من

أجل تحديد الأنشطة غير القانونية في تلك القطاعات (Longépé and others, 2018) ورصد صيد الأسماك (Lee and others, 2008).

7-2 - احتياجات الإدارة

تتطلب الإدارة البحرية الاستفادة من أفضل العلوم المتاحة للحفاظ على النظام الطبيعي وحمايته، مع توفير الفوائد أيضا للقطاع الخاص والمجتمع. ويلزم إجراء مزيد من البحوث في جملة مجالات منها التكيف والقدرة على الصمود في المجال الإيكولوجي، والتنبؤ بمسارات استجابة النظم الإيكولوجية. وينبغي أن تُدمج هذه المتغيرات في نُهج الإدارة التي تغطي نطاق تأثير النظم الإيكولوجية البحرية واستجابتها، مما يعني ضمنا ضرورة زيادة الاعتراف بالتدخل البشري في البيئة البحرية مقيساً بخطوط الأساس، وضرورة استخدام العتبات والأهداف المتعلقة بالتغيير غير المقبول. ومع ذلك، فإن هذا يشكل تحدياً كبيراً، وغالباً ما لا يكون هناك خطوط أساس، أو أنها تتغير بسبب تغير المناخ. وثمة ضرورة أيضا لوضع برامج رصد مترابطة بشكل أفضل على نطاق المؤسسات. وتمثل المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية تحديا كبيرا في هذا الصدد، ولا سيما في النظم الإيكولوجية في أعماق البحار التي لا تخضع للمسح الجيد.

وتستند نُهُج الإدارة إلى آليات مفصلة في مجال الحوكمة، مثل السياسات، والأنظمة السياسية، والإدارة، والتشريعات. وتحسين التفاعل بين العلوم والسياسات عن طريق تعزيز القدرات أمر ضروري ومهم بصفة خاصة حيث تتسع قاعدة المعارف التي توجه عمليات اتخاذ القرار وتتطور بسرعة. ويلزم في هذا الصدد تنسيق أكبر بين العلوم الاجتماعية والطبيعية، وبين العلماء وواضعي السياسات، وبين العلم والمجتمع المدني، بما يشمل دوائر القطاع، وكذلك إدماج المعارف التقليدية والثقافة والتاريخ الاجتماعي في الإدارة. وهذا الفهم الشامل لعدة قطاعات مهم للإدارة التي تتسم حقاً بالشمول.

7-3 - إدماج قيم متعددة في الإدارة

أظهر هذا الفصل اتجاها واضحا في نهج الإدارة من التركيز على الجوانب التي يغلب عليها الطابع الإيكولوجي إلى إدماج روابط متنوعة بين الجوانب الإيكولوجية والمجتمعية والاقتصادية والثقافية للبيئة البحرية. ومن شأن ذلك أن يجهز الإدارة بأدوات أفضل لتحقيق الهدف الأساسي المتمثل في حماية النظم الطبيعية وصونها إذا اعترفت كذلك بالطائفة الواسعة من خدمات النظم الإيكولوجية والفوائد المستمدة من المحيطات. وتتوقف حماية البيئة البحرية والحفاظ عليها على إشراك من يعيشون في البحر أو يعملون فيه، والذين يحصلون على فوائد منه، في التصدي للسلوكيات الضارة، من أجل إصلاح النظم التي تضررت عن غير قصد، والتخفيف من آثار تغير المناخ.

غير أن القيم التي يضفيها الناس على البيئة البحرية وخدماتها لا تتباين من حيث الكم فحسب، بل أيضا من حيث الطابع. والتحدي الذي يواجه معظم نظم الإدارة هو الحاجة إلى استيعاب تعدد القيم، حيث لا يمكن مساواة الفوائد الحقيقية أو المتصورة بعضها ببعضكما لا يمكن التوفيق بينها. وأفضل الفرص المتاحة لفهم ومعالجة القيم المتعددة هي الفرص التي تشْرِك في نهج الإدارة المجتمعات المحلية المعنية، ومن ثم الحاجة إلى الجمع بين الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية والإدارة المجتمعية التي تراعي الأبعاد الثقافية للبحر. وهذه النظم الهجينة أكثر قدرة على تحقيق التوازن بين الركائز الثلاث للتنمية المستدامة (البيئية والاقتصادية والاجتماعية) ومن المرجح أن تكون أكثر نجاحا على هذا النحو.

8 - آفاق المستقبل

في حين حدد هذا الفصل عدداً كبيراً من النهج المستخدمة في إدارة البيئة البحرية، لا يزال هناك الكثير مما يمكن عمله لتحسين وتعزيز التقدم، فيما يتعلق بجوانب منها الإدماج الناجح لأهداف التنمية المستدامة، ولا سيما الهدف 14، في أهداف الإدارة وبرامجها. وهناك أيضا حاجة إلى زيادة التكامل بين التدابير الرامية إلى إدارة الضغوط البشرية المنشأ التي لا تركز عليها حاليا تدابير الإدارة، مثل الضوضاء البشرية.

ويتطلب تنفيذ خطة عام 2030 إدارة قائمة على أساس نهج النظام الإيكولوجي من أجل تحقيق المجموعة المتكاملة من الأولويات والأهداف العالمية المحددة في أهداف التنمية المستدامة. وسيتيح ذلك تحقيق التكامل بين التفاعلات والفوائد والمفاضلات بين أهداف التنمية المستدامة ودعم تحقيق كل غاية من الغايات المتعلقة بالمحيطات. وعموماً، فإن التقدم المحرز حتى الآن غير كافٍ، على الرغم من الإجراءات القائمة لتنفيذ الهدف 14. والعمل المعجل، ولا سيما فيما يتعلق بغايات الهدف 14 التي يحل موعد بلوغها في 2020، أمر ضروري يكتسي طابعا ملحا، بما في ذلك بالنسبة للغايات 14-2 و 14-4 و 14-5 و 14-6. وعلى الرغم من أن الهدف 14 لا يتضمن صراحة أي إشارة إلى الجوانب الثقافية البحرية، فإن نتائج مؤتمر الأمم المتحدة لدعم تنفيذ الهدف 14 من أهدف التنمية المستدامة، المعنون "محيطاتنا، مستقبلنا: نداء للعمل" تتضمن ضرورة وضع استراتيجيات شاملة لزيادة الوعي بالأهمية الطبيعية والثقافية للمحيطات[35]. وبالمثل، تعترف إجراءات العمل المعجَّل للدول الجزرية الصغيرة النامية (مسار ساموا) بالصلة الثقافية القائمة بين مجتمعات الدول الجزرية الصغيرة النامية والمحيطات، وأهمية المعارف التقليدية في التنمية المستدامة للاقتصادات القائمة على المحيطات[36].

وستدعم نواتج عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة (2021-2030)[37] وعقد الأمم المتحدة لإصلاح النظم الإيكولوجية المتزامن معه تنفيذَ الهدف 14، وستوفر العديد من مصادر البيانات اللازمة لتطبيق عمليات الإدارة وأدواتها، وستزيد من المعرفة بالمحيطات[38]. ويمكن لهذه المبادرات أن تقدم الأدوات اللازمة لاتخاذ القرار في الوقت الراهن وفي المستقبل، وأن تحسن الفهم العام للمسائل والحلول المتعلقة بإدارة المحيطات، وأن تزيد المشاركة المجتمعية في اتخاذ القرار وتطبيقات الحلول. ومن المهم أيضاً إدماج حماية التراث الثقافي المغمور بالمياه في عقد الأمم المتحدة لعلوم المحيطات من أجل التنمية المستدامة[39] لدعم الموارد المادية وغير المادية والفوائد الثقافية التي توفرها المحيطات (UNESCO, 2019; Trakadas and others, 2019).

وفي حين أن هذا الموضوع جاء ضمنيا في سياق الإدارة البحرية، فإن هذا الفصل لم يتناول الطبيعة التفصيلية للحوكمة البحرية، ولا التحديات المرتبطة بالطبيعة القطاعية، والمجزأة في كثير من الأحيان، التي تتسم بها الهيئات الإدارية (Boyes and Elliott, 2014, 2015، مثلا). ولكي تتسم نهج الإدارة القائمة على أساس المناطق ونهج الإدارة غير القائمة على أساس المناطق بالفعالية على نطاقات أوسع وبالنسبة لأنواع تمتد على نطاقات واسعة، يتعين على هذه النهج التغلب على نظم الحوكمة المجزأة والمعقدة في كثير من الأحيان في جميع أنحاء العالم.

35 انظر قرار الجمعية العامة 71/312، المرفق.
36 انظر قرار الجمعية العامة 69/15، المرفق. وانظر أيضا https://sidsnetwork.org/samoa-pathway.
37 انظر قرار الجمعية العامة 72/73.
38 انظر https://oceanconference.un.org/commitments/?id=15187 و https://oceanconference.un.org/commitments/?id=15187 and http://ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewEventAgenda&eventID=2200
39 انظر قرار الجمعية العامة 72/73، الفقرة 292؛ وانظر أيضا www.oceandecadeheritage.org.

وسيتعين أيضا أن يمتد نطاق الإدارة الفعالة للموارد البحرية ليتجاوز المناطق الخاضعة للولاية الوطنية إلى المناطق الواقعة خارج نطاق الولايات الوطنية، حيث تكون التحديات أكبر بسبب تعقيدات النظام القانوني. وهذا يمنح أهمية إضافية للمفاوضات الحالية في الأمم المتحدة بشأن وضع صك دولي ملزم قانوناً في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار من أجل حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام (انظر الفصل 28). وبدأت مناقشات مماثلة في اليونسكو بشأن توسيع نطاق تطبيق اتفاقية التراث العالمي لتوفير الحماية والإدارة للمواقع البحرية ذات القيمة العالمية البارزة في مناطق أعالي البحار (UNESCO, 2016; 2019).

المراجع

Anthony, Kenneth R.N., and others (2015). Operationalizing resilience for adaptive coral reef management under global environmental change. *Global Change Biology*, vol. 21, No. 1, pp. 48–61. https://doi.org/10.1111/gcb.12700.

Basiron, Mohd, and Cheryl Kaur (2009). *Designating a Particularly Sensitive Sea Area: Specifics, Processes and Issues*. Proceedings of the 6th MIMA International Conference on the Straits of Malacca. Kuala Lumpur.

Bennett, Nathan J. (2019). Marine social science for the peopled seas. *Coastal Management*, vol. 47, No. 2, pp. 244–252. https://doi.org/10.1080/08920753.2019.1564958.

Berkes, Fikret, and others (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, vol. 10, No. 5, pp. 1251–1262.

Borja, Angel, and others (2017). Bridging the gap between policy and science in assessing the health status of marine ecosystems. Editorial. Lausanne: *Frontiers in Marine Science*. https://doi.org/10.3389/978-2-88945-126-5.

Boyes, Suzanne J., and Michael Elliott (2014). Marine legislation: the ultimate 'horrendogram' – international law, European directives and national implementation. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 86, Nos. 1–2, pp. 39–47.

_____(2015). The excessive complexity of national marine governance systems: has this decreased in England since the introduction of the Marine and Coastal Access Act 2009? *Marine Policy*, vol. 51, pp. 57–65.

Brugère, Cecile, and others (2019). The ecosystem approach to aquaculture 10 years on: a critical review and consideration of its future role in blue growth. *Reviews in Aquaculture*, vol. 11, No. 3, pp. 493–514. https://doi.org/10.1111/raq.12242.

Chong, J. (2014). Ecosystem-based approaches to climate change adaptation: progress and challenges. *International Environmental Agreements: Politics, Laws and Economics*, vol. 14, pp. 391–405. https://doi.org/10.1007/s10784-014-9242-9.

Chung, Anne E., and others (2019). Building coral reef resilience through spatial herbivore management. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 98. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00098.

Cowan, James H., Jr., and others (2012). Challenges for implementing an ecosystem approach to fisheries management. *Marine and Coastal Fisheries*, vol. 4, No. 1, pp. 496–510.

Delisle, Aurélie, and others (2018). The socio-cultural benefits and costs of the traditional hunting of dugongs (*Dugong dugon*) and green turtles (*Chelonia mydas*) in Torres Strait, Australia. *Oryx*, vol. 52, No. 2, pp. 250–261. https://doi.org/10.1017/S0030605317001466.

Díaz, Sandra, and others (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, vol. 359, No. 6373, p. 270. https://doi.org/10.1126/science.aap8826.

Dudley, Nigel, and others (2010). The revised IUCN protected area management categories: the debate and ways forward. *Oryx*, vol. 44, No. 4, pp. 485–490.

Dunstan, Piers K., and others (2016). Using ecologically or biologically significant marine areas (EBSAs) to implement marine spatial planning. *Ocean and Coastal Management*, vol. 121, pp. 116–127.

Edgar, Graham J., and Rick D. Stuart-Smith (2014). Systematic global assessment of reef fish communities by the reef life survey program. *Scientific Data*, vol. 1, pp. 140007–140007. https://doi.org/10.1038/sdata.2014.7.

_____(2016). Ecoengineering with ecohydrology: successes and failures in estuarine restoration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 176, pp. 12–35. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.04.003.

Elliott, M. (2011). Marine science and management means tackling exogenic unmanaged pressures and endogenic managed pressures: a numbered guide. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, pp. 651–655.

Elliott, M., and others (2016). Ecoengineering with ecohydrology: successes and failures in estuarine restoration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 176, pp. 12–35. http://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.04.003.

Fanini, Lucia, and others (2020). Advances in sandy beach research: local and global perspectives. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 234, p. 106646.

Ferrario, Filippo, and others (2014). The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nature Communications*, vol. 5, p. 3794.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome.

_____(2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome.

Gerhardinger, Leopoldo C., and others (2009). Local ecological knowledge and the management of marine protected areas in Brazil. *Ocean and Coastal Management*, vol. 52, Nos. 3–4, pp. 154–165.

Gerhardinger, Leopoldo C., and others (2011). Marine protected dramas: the flaws of the Brazilian national system of marine protected areas. *Environmental Management*, vol. 47, No. 4, pp. 630–643.

Gianelli, I., and others (2018). Operationalizing an ecosystem approach to small-scale fisheries in developing countries: the case of Uruguay. *Marine Policy*, vol. 95, pp. 180–188.

Gilby, Ben L., and others (2018). Maximizing the benefits of oyster reef restoration for finfish and their fisheries. *Fish and Fisheries*, vol. 19, No. 5, pp. 931–947. https://doi.org/10.1111/faf.12301.

Gill, David A., and others (2017). Capacity shortfalls hinder the performance of marine protected areas globally. *Nature*, vol. 543, p. 665.

Goodhead, Tim, and Zeynep Aygen (2007). Heritage management plans and integrated coastal management. *Marine Policy*, vol. 31, No. 5, pp. 607–610. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.03.005.

Govan, Hugh (2009). Achieving the potential of locally managed marine areas in the South Pacific. *SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin*, vol. 25.

Graham, Nicholas A.J., and others (2013). Managing resilience to reverse phase shifts in coral reefs. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 11, art. 10, pp. 541–548. https://doi.org/10.1890/120305.

Hall, Stephen (2002). Chapter 3: the use of technical measures in responsible fisheries: area and time restrictions. In *A Fishery Manager's Guidebook: Management Measures and Their Application*, Kevern L. Cochrane, ed. Fisheries Technical Paper, No. 424. Rome: FAO. www.fao.org/3/y3427e/y3427e00.htm.

Harvey, C.J., and others (2017). Implementing "the iea": using integrated ecosystem assessment frameworks, programs, and applications in support of operationalizing ecosystem–based management. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1, pp. 398–405. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw201.

Hidalgo, Manuel, and others (2018). Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Mediterranean Sea and the Black Sea marine fisheries. In *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture*, pp. 139–158. FAO.

Historic Environment Scotland (2019). *Scotland's Historic Marine Protected Areas*. Historic Environment Scotland. www.historicenvironment.scot/archives-and-research/publications/publication/?publicationId=fe248e27-0c19-4e4e-8d65-a62d00a2ce6a.

Holsman, Kirstin K., and others (2019). Towards climate resiliency in fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 76, No. 5, pp. 1368–1378. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz031.

Humphreys, John, and Robert W.E. Clark (2020). *Marine Protected Areas: Science, Policy and Management*. Elsevier.

International Tribunal of the Law of the Sea (Seabed Disputes Chamber) (2011). *Case No. 17, Advisory Opinion on Responsibilities and Obligations of States with Respect to Activities in the Area, 1 February 2011*.

Jones, Daniel O.B., and others (2019). Existing environmental management approaches relevant to deep-sea mining. *Marine Policy*, vol. 103, pp. 172–181.

Jones, Peter J.S., and others (2016). Marine spatial planning in reality: introduction to case studies and discussion of findings. *Marine Policy*, vol. 71, pp. 256–264. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.026.

Karmaoui, Ahmed (2018). Environmental vulnerability to climate change in Mediterranean Basin: socio-ecological interactions between North and South. In *Hydrology and Water Resource Management: Breakthroughs in Research and Practice*, pp. 61–96. Hershey, Pennsylvania, United States of America: IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3427-3.ch003.

Kikiloi, Kekuewa, and others (2017). Papahānaumokuākea: integrating culture in the design and management of one of the world's largest marine protected areas. *Coastal Management*, vol. 45, No. 6, pp. 436–451.

Lee, Dah-Jye, and others (2008). Contour matching for fish species recognition and migration monitoring. In *Applications of Computational Intelligence in Biology*, Tomasz G. Smolinski, and others, eds., vol. 122, pp. 183–207. Studies in Computational Intelligence. Springer.

Link, Jason S., and Howard I. Browman (2017). Operationalizing and implementing ecosystem–based management. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1, pp. 379–381.

Lo, Veronica (2018). Voluntary Guidelines for the Design and Effective Implementation of Ecosystem–Based Approaches to Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction. CBD/SBSTTA/22/INF/1.

Longépé, Nicolas, and others (2018). Completing fishing monitoring with spaceborne Vessel Detection System (VDS) and Automatic Identification System (AIS) to assess illegal fishing in Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 131, pp. 33–39. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.016.

Maestro, María, and others (2019). Marine protected areas in the 21st century: current situation and trends. *Ocean and Coastal Management*, vol. 171, pp. 28–36.

McIntosh, Emma J., and others (2017). The impact of systematic conservation planning. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 42, pp. 677–697.

Mcleod, Elizabeth, and others (2019). The future of resilience–based management in coral reef ecosystems. *Journal of Environmental Management*, vol. 233, pp. 291–301.

Meek, Chanda L. (2013). Forms of collaboration and social fit in wildlife management: a comparison of policy networks in Alaska. *Global Environmental Change*, vol. 23, No. 1, pp. 217–228.

Milcu, Andra Ioana, and others (2013). Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research. *Ecology and Society*, vol. 18, No. 3. https://doi.org/10.5751/ES-05790-180344.

Miller, Rachel L., and others (2018). Protecting migratory species in the Australian marine environment: a cross-jurisdictional analysis of policy and management plans. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 229.

Nguyen, K.D., and others (2016). The Vietnamese state and administrative co-management of nature reserves. *Sustainability*, vol. 8, No. 3, p. 292.

Oates, Jennifer, and Lyndsey A. Dodds (2017). An approach for effective stakeholder engagement as an essential component of the ecosystem approach. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1, pp. 391–397. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw229.

Pope, John G. (2002). Chapter 4: input and output controls: the practice of fishing effort and catch management in responsible fisheries. In *A Fishery Manager's Guidebook: Management Measures and Their Application*, Kevern L. Cochrane, ed. Fisheries Technical Paper, No. 424. Rome: FAO. https://doi.org/10.1002/9781444316315.ch9.

Poulain, Florence, and others (2018). Methods and tools for climate change adaptation in fisheries and aquaculture. In *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture. Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options*, Manuel Barange and others, eds., pp.535–566. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 627. Rome: FAO.

Reef Restoration and Adaptation Program Consortium (2018). *Reef Restoration and Adaptation Program*. Australian Marine Science Association. www.aims.gov.au/documents/30301/0/RRAP+Brochure/909e6dea-c7e9-4125-bece-0f10b639da5b.

Reis, Enir G., and Fernando D'Incao (2000). The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based management. *Ocean and Coastal Management*, vol. 43, No. 7, pp. 585–595.

Roberts, Callum M., and others (2017). Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 114, No. 24, pp. 6167–6175. https://doi.org/10.1073/pnas.1701262114.

Satta, Alessio, and others (2017). Assessment of coastal risks to climate change related impacts at the regional scale: the case of the Mediterranean region. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 24, pp. 284–296.

Schultz, Lisen, and others (2015). Adaptive governance, ecosystem management, and natural capital. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 112, No. 24, pp. 7369–7374. https://doi.org/10.1073/pnas.1406493112.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2004). *The Ecosystem Approach*. Montreal. www.cbd.int/ecosystem.

_____ (2019). *Voluntary Guidelines for the Design and Effective Implementation of Ecosystem-Based Approaches to Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction and Supplementary Information*. Technical Series, No. 93. Montreal.

Strati, Anastasia (1995). *The Protection of the Underwater Cultural Heritage: An Emerging Objective of the Contemporary Law of the Sea*, vol. 23. Martinus Nijhoff Publishers.

Thornton, Thomas F., and Adela Maciejewski Scheer (2012). Collaborative engagement of local and traditional knowledge and science in marine environments: a review. *Ecology and Society*, vol. 17, No. 3. https://doi.org/10.5751/ES-04714-170308.

Trakadas, Athena, and others (2019). The Ocean Decade Heritage Network: Integrating Cultural Heritage Within the United Nations Decade of Ocean Science 2021–2030. *Journal of Maritime Archaeology*, vol. 14, No. 2, pp. 153–165.

Trochta, John T., and others (2018). Ecosystem–based fisheries management: perception on definitions, implementations, and aspirations. *PLOS One*, vol. 13, No. 1, p. e0190467.

Turner, Nancy J., and Fikret Berkes (2006). Coming to understanding: developing conservation through incremental learning in the Pacific Northwest. *Human Ecology*, vol. 34, No. 4, pp. 495–513.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108186148.

United Nations Conference on Environment and Development (1992). *Annex I, Rio Declaration on Environment and Development, Principle 15: Precautionary Approach, Rio de Janeiro, 3–14 June 1992*. www.unesco.org/education/pdf/RIO_E.PDF.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (1972). Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage, Adopted by the General Conference at its seventeenth session, Paris, 16 November 1972. https://whc.unesco.org/archive/convention-en.pdf.

_____(2016). *World Heritage in the High Seas: An Idea Whose Time Has Come*. World Heritage Report, No. 44. UNESCO.

_____(2019). *Report on the Evaluation of 2001 Convention on the Protection of Underwater Cultural Heritage*. UNESCO.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2018). Conceptual guidelines for the application of marine spatial planning and integrated coastal zone management approaches to support the achievement of sustainable development goal targets 14.1 and 14.2. United Nations Regional Seas Reports and Studies, No. 207. www.unep-wcmc.org/system/dataset_file_fields/files/000/000/548/original/Final_ConceptualGuidelines_240918.pdf?1538124788.

United Nations Environment Programme (UNEP) and Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2000). Annex III, Decisions Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at Its Fifth Meeting. www.cbd.int/doc/decisions/COP-05-dec-en.pdf.

Veitayaki, Joeli, and others (2003). Empowering local communities: case study of Votua, Ba, Fiji. *Ocean Yearbook Online*, vol. 17, No. 1, pp. 449–463.

Waltham, Nathan J., and others (2020). United Nations decade on ecosystem restoration 2021–2030: what chance for success in restoring coastal ecosystems? *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, art. 71. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00071.

Wise, Russell M., and others (2014). Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. *Global Environmental Change*, vol. 28, pp. 325–336.

World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature (2019). Protected Planet: World Database on Protected Areas. Cambridge, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. www.protectedplanet.net/marine.

Zador, S.G., and others (2017). Ecosystem considerations in Alaska: the value of qualitative assessments. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw144.

Zhang, C. I., and others (2011). An IFRAME approach for assessing impacts of climate change on fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, No. 6, pp. 1318–1328.

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

المساهمون: لوتشيانو هيرمانس (منظم الاجتماعات)؛ دينيس وورلنانيو أيتو، وآدم بيلجين، وروبرت بلاسياك، وسيسيل بروجير، وكارين إيفانس، وأنتوني فيرث، وديبورا جريفز، وعثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، ووينهاي لو، وعصام ياسين محمد (عضو رئيسي)، وإرينا ماكارينكو، وستيل نافرود، ومارينز إيمايل غارسيا شيرير، يورن شميت (عضو رئيسي مشارك)، وأنيتا سميث، وأناستازيا ستراتي (عضو رئيسي مشارك)، ورشيد سميلة، وكاترينا أوتكينا، وهانز فان تيلبرغ، ووجسيخ وارزينسكي.

النقاط الرئيسية

- توفر موارد المحيطات مصادر رئيسية لكسب الرزق لملايين الناس في جميع أنحاء العالم. وهي توفر أيضا مجموعة واسعة من خدمات النظم الإيكولوجية أو الفوائد، منها إنتاج الأكسجين، وتوفير الغذاء، وتخزين الكربون، والمعادن، والموارد الجينية، والخدمات الثقافية، وخدمات عامة داعمة للحياة. ومع ذلك، فإن خدمات النظم الإيكولوجية المذكورة المتأتية من النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية تتدهور بمعدل ينذر بالخطر، بسبب العديد من الضغوط البشرية، بما فيها تغير المناخ.
- تؤثر الأنشطة البشرية بشكل مباشر أو غير مباشر على خدمات النظم الإيكولوجية، وبالتالي يمكن أن تقلل أو تبطل الفوائد التي يمكن أن تقدمها تلك النظم لولا تلك الأنشطة. ولما كان من المتوقع أن تزداد الأنشطة البشرية في البيئة البحرية في المستقبل، ولا سيما في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية، فإن هذه الأنشطة لن تمارس ضغطا متزايدا على الموارد الطبيعية فحسب، بل قد تهدد كذلك التنوع البيولوجي البحري وبالتالي الفوائد التي يحصل عليها الناس من خدمات النظم الإيكولوجية.
- يؤدي القانون الدولي، كما يتجلى في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار[1]، دورا حاسما في حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، وفي حماية العديد من خدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها المحيطات للأجيال الحالية والمقبلة على حد سواء. وينبغي أن تركز الإجراءات والجهود في المقام الأول على ثغرات التنفيذ أو أي ثغرات تنظيمي، لا سيما في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية.
- هذا يمنح أهمية إضافية للمفاوضات الحالية في الأمم المتحدة 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.
- ما زال هناك تفاوت كبير جدا في توزيع الفوائد الاقتصادية المستمدة من المحيطات بين مختلف أنحاء العالم. وتتعثر جهود أقل البلدان نموا في سبيل الاستفادة من منافع المحيطات بسبب الفجوات التي تواجهها في مجال بناء القدرات والقيود المتعلقة بالموارد والقيود المالية.
- من شأن بناء القدرات وتبادل المعارف العلمية والتعاون في مجال تطوير ونقل التكنولوجيا البحرية المبتكرة أن يمكّن الدول من المشاركة الكاملة في حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام والاستفادة من ذلك، وأن يساعدها على الوفاء بالتزاماتها.

1 - مقدمة

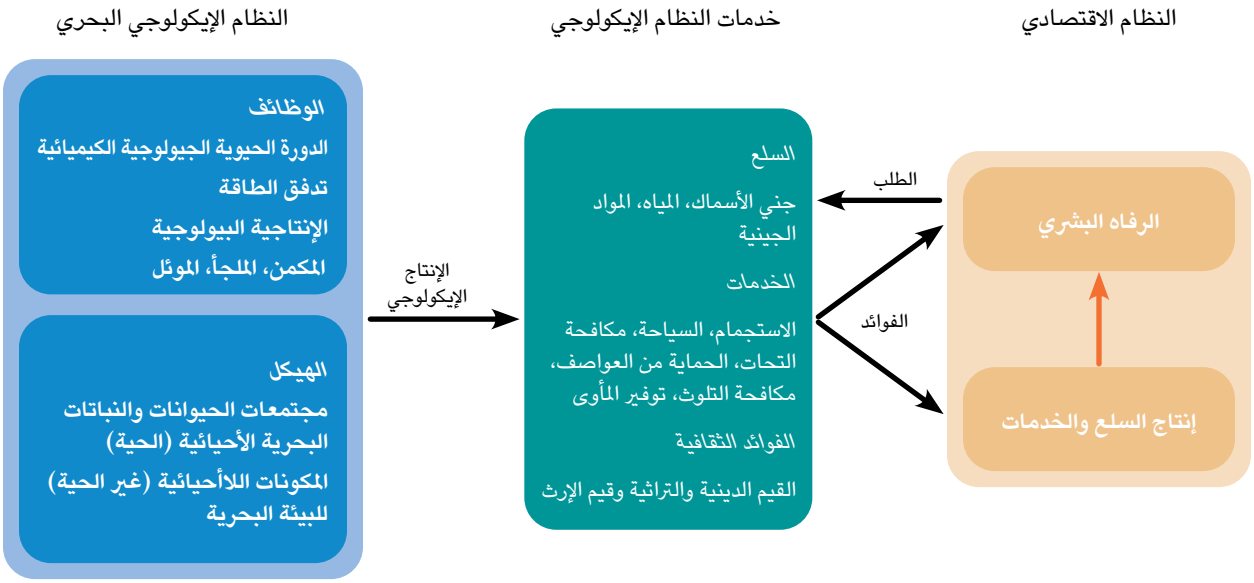
توفر موارد المحيطات الأساس لسبل عيش الملايين من الناس في جميع أنحاء العالم، كما توفر مجموعة من خدمات النظم الإيكولوجية الحيوية، بما في ذلك إنتاج الأكسجين وتخزين الكربون، والعديد من الخدمات المتعلقة بالتنوع البيولوجي، مثل اجتناء الموارد الحية، وحماية السواحل والموارد الجينية (Mohammed, 2012) والخدمات الثقافية وخدمات الراحة (Whitmash, 2011). والخدمات الأكثر قيمة عادة هي السياحة والترفيه، والحماية من العواصف (Mehvar and others, 2018). ومصائد الأسماك

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

وحدها توفر فوائد متعددة لملايين الناس، بمن فيهم فقراء المجتمعات الساحلية في البلدان المنخفضة الدخل. والأسماك وغيرها من الأغذية البحرية مصدر رئيسي للغذاء والبروتين والمغذيات الدقيقة للعديد من المجتمعات المحلية الضعيفة. وتشير التقديرات أيضاً إلى أنه في عام 2016، كان هناك 59,6 مليون شخص يعملون في القطاع الرئيسي لمصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية، مع وجود السواد الأعظم منهم في البلدان المنخفضة الدخل (على الرغم من أن هذا الرقم يشمل بعض الأنشطة البرية). وبإضافة من يعملون في صناعات التجهيز والتسويق والتوزيع والإمداد المرتبطة بها، تشير التقديرات إلى أن مصائد الأسماك وتربية الأحياء المائية تدعم ما يقرب من 250 مليون مصدر لكسب الرزق Food and Agriculture Organization of the) .(United Nations (FAO), 2018

ويمكن تصنيف الفوائد المتأتية من النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية بطرق عدة. وقد جرت العادة على فهم هذه الفوائد على أنها سلع (أي المنتجات، والموارد، والمحاصيل المستمدة من الطبيعة ذات القيمة السوقية)، والخدمات (أي العمليات التي تدعم جميع أشكال الحياة ولكن ليس لها قيمة سوقية)، والفوائد الثقافية (أي التراث الروحي والديني الذي ليس له قيمة سوقية صريحة). وفي حين أن السلع لها قيمة مباشرة (استهلاكية) تُحدد من خلال أسعار السوق، فإن الخدمات والفوائد الثقافية لها قيمة غير مباشرة (غير استهلاكية) يمكن تحديدها من خلال تطبيق مجموعة متنوعة من تقنيات التقييم (انظر الشكل).

كيف تولد النظم الإيكولوجية البحرية فوائد اقتصادية



ملاحظة: يؤدي هيكل وعمل النظم الإيكولوجية البحرية إلى الإنتاج الإيكولوجي لخدمات النظام الإيكولوجي. ويؤثر بعض من هذه السلع والخدمات والفوائد الثقافية في الرفاه البشري تأثيرا مباشرا، في حين يؤثر بعضها الآخر تأثيرا غير مباشر في رفاه البشر من خلال دعم أو حماية الأصول الاقتصادية النفيسة وأنشطة الإنتاج.
المصدر: مقتبس من Barbier (2017).

واقترُح في التقييم الأساسي للنظم الإيكولوجية للألفية (لعام 2005) تصنيف مختلف للمنافع التي يحصل عليها البشر من النظم الإيكولوجية، وهو ما أطلق عليه خدمات النظم الإيكولوجية. وصنفت تلك الخدمات بكونها خدمات إمدادية وتنظيمية وثقافية وداعمة (الفئة الأخيرة ضرورية لوجود الفئات الأخرى). فالخدمات الإمدادية، مثل الأغذية والوقود والألياف المستخرجة من النظم الإيكولوجية، هي خدمات شبيهة

بالمنافع الاستهلاكية ولها قيمة وظيفية، في حين أن الخدمات الأخرى، مثل تنظيم المناخ، وامتصاص ثاني أكسيد الكربون، والحفاظ على دورات الحياة والمشاهد الطبيعية، وإيجاد فرص الدخل والعمالة والهوية الثقافية، هي خدمات غير مادية في معظمها (أي غير استهلاكية بطبيعتها ولها قيمة وظيفية غير مادية).

1-1 - الخدمات الإمدادية للنظم الإيكولوجية البحرية والساحلية

يوفر المحيط العديد من الفوائد المباشرة وغير المباشرة ذات القيمة للبشر. وأكثر الفوائد المباشرة التي توفرها النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية تتحقق من خلال إنتاجيتها الأولية وما ينجم عنها من منتجات، مثل الأسماك والنباتات والحيوانات والوقود والأخشاب (مثل أشجار المانغروف) والمواد الكيميائية الحيوية والأدوية الطبيعية والمستحضرات الصيدلانية والمواد الخام (الرمل والمرجان)، وبدرجة أقل المياه العذبة والألياف. وفي عام 2016، صِيد 79,3 مليون طن من الأسماك البحرية[2]، واستُزرع 28,7 مليون طن من أنواع الأحياء البحرية توفر معاً ما متوسطه 14,6 كغم من المأكولات البحرية لكل شخص على وجه الأرض (FAO, 2018). والأغذية البحرية ضرورية للأمن الغذائي - فهي توفر أكثر من 20 في المائة من متوسط نصيب الفرد من البروتين الحيواني لما عدده 3 بلايين شخص، وأكثر من 50 في المائة في بعض البلدان النامية (FAO, 2018).

2-1 - الخدمات التنظيمية التي تقدمها النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية

توفر المحيطات خدمات تنظيمية أساسية. فهي تؤثر على العمليات التي تقع بواسطة بيولوجية، من قبيل تثبيت الكربون وإطلاق الأكسجين، مما يتيح التخفيف من آثار تغير المناخ وتنظيمه. وبالمثل، تؤدي الأطراف الساحلية دوراً رئيسياً في عزل الكربون. ولهذه الخدمات قيمة وظيفية غير مباشرة للبشر لأنها تتيح الحفاظ على ظروف مناخية مؤاتية ومستقرة (مثل درجات الحرارة وتساقط الأمطار) تكيفت معها أنشطة كسب الرزق (مثل زراعات المحاصيل)، والحفاظ على صحة الإنسان، والهياكل الأساسية وغيرها من الأصول التي تعتمد عليها سبل كسب الرزق. وتؤدي النظم الإيكولوجية الساحلية في السيطرة على مجموعات الآفات والحيوانات من خلال العلاقات الديناميكية التغذوية ودعم التلقيح دورا يساعد على إبعاد الآفات والأمراض التي يمكن أن تؤثر على الزراعات، وأنشطة تربية الأحياء المائية، وربما على صحة الإنسان.

وتؤدي النظم الإيكولوجية الساحلية دورا مهما في منع التحات الساحلي ويمكن أن تعمل على استقرار الشواطئ وحمايتها من العواصف، مما يخفف من قوة الأمواج ويقلل من تعرض المستوطنات الساحلية لهيجانات البحر والفيضانات. فعلى سبيل المثال، تشير التقديرات إلى أن تسونامي الذي ضرب المحيط الهندي في عام 2004 تسبب في أضرار أكبر للمناطق التي تم تحويلها إلى أحواض للجمبري واستخدامات أخرى في غير المناطق التي بقيت فيها غابات المانغروف سليمة (Environmental Justice Foundation, 2006)، وأنه، بشكل عام، كلما زاد سُمك أطراف أشجار المانغروف، كانت الحماية التي تقدمها للنشاط الاقتصادي أكبر (Hochard and others, 2019). وعلى الرغم من أن الشعاب المرجانية ومروج الأعشاب البحرية وغيرها من النظم الإيكولوجية الساحلية النباتية يمكن أن يكون لها أيضا، ضمن نطاق محدود، تأثير كبير في تبديد حركة الأمواج وحماية الشواطئ (Spalding and others, 2014)، فإن هذا لن يتحقق إلا عندما تتمتع هي نفسها بصحية جيدة.

[2] تستثنى منها الثدييات المائية والتماسيح والأنواع ذات الصلة والأعشاب البحرية وغيرها من النباتات المائية.

1-3 - خدمات الدعم التي تقدمها النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية

يتيح التمثيلُ الضوئي الذي يحدث في النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية تحويلَ الطاقة الشمسية إلى النباتات والحيوانات، والحفاظ على صافي الإنتاجية الأولية لهذه النظم الإيكولوجية. وتؤدي النظم الإيكولوجية الساحلية دورا رئيسيا في الحفاظ على التنوع البيولوجي وعلى موائل التكاثر والمناطق الحاضنة المناسبة للأنواع المائية. والمكامن الإيكولوجية وملاذات الحيوانات والنباتات البرية التي تقدمها تدعم مباشرة الخدمات الإمدادية للنظم الإيكولوجية البحرية والساحلية. فعلى سبيل المثال، تشير التقديرات إلى أن مروج الأعشاب البحرية في البحر المتوسط تساهم بنسبة تتراوح بين 30 و 40 في المائة من قيمة مصائد الأسماك التجارية وحوالي 29 في المائة من نفقات مصائد الأسماك الترفيهية (Jackson and others, 2015). وتعمل النظم الإيكولوجية الساحلية أيضًا كبالوعات للتلوث وتمكن من تخزين العناصر الغذائية وإعادة تدويرها، وتدعم تدوير المياه.

1-4 - الخدمات الثقافية والفوائد الاجتماعية الأخرى للنظم الإيكولوجية البحرية والساحلية

تغطي الخدمات الجمالية والثقافية والدينية والروحية المتأتية من المحيط (الخدمات الثقافية) مجموعة واسعة من الممارسات. وهذه الخدمات أساسية في صون وإنشاء رأس المال الاجتماعي والتعليم والهوية الثقافية والتقاليد (رأس المال البشري والاجتماعي). وفي جميع أنحاء العالم، يزخر العديد من المعتقدات والطقوس بإشاراتها إلى البحر. غير أن البحوث المتعلقة بخدمات النظم الإيكولوجية الثقافية البحرية والساحلية لا تزال محدودة (Garcia Rodrigues and others, 2017, Blythe and others, 2020; Diaz and others, 2018).

وتشكل بعض الممارسات الثقافية جزءاً لا يتجزأ من الاستخدام التقليدي للمحيطات (مثل طرق تشييد القوارب أو صيد المحار، ومصائد الأسماك الحجرية الموجودة على طول ساحل جنوب شرق آسيا وأستراليا وجزر المحيط الهادئ). ويشهد تنوع هذه الهياكل وتطورها التكنولوجي على المعارف التقليدية للشعوب الأصلية فيما يخص المحيطات ومواردها (Jeffery, 2013; Rowland and Ulm, 2011) وتوفر الزوارق التقليدية مثل زورق رحلات هاواي Hōkūleʻa منصة نشطة لاستعادة وصون الملاحة والهوية الثقافية التقليديتين في المحيط الهادئ. وقد شيد العديد من زوارق الرحلات الأخرى في المحيط الهادئ، وحوفظ في أماكن كثيرة على المعارف المتعلقة بالإرشاد. وتجمع سباقات Fautasi في ساموا وسباقات قوارب التنين في الصين بين البعد التاريخي والتقاليد الثقافية وبين الجوانب المتعلقة بالصحة واللياقة البدنية والمنافسة. ودرج الناس منذ فترة طويلة على مزاولة الأنشطة المائية باعتبارها أنشطة اعتيادية أو مهمة من حياتهم. أما الأنشطة البحرية غير الاستهلاكية فهي السباحة والغوص والتجديف وركوب الأمواج والإبحار ومشاهدة الكائنات البحرية.

وأخيراً، يشكل صيد الأسماك وتقاسم الأسماك، بالنسبة للعديد من مجتمعات الشعوب الأصلية، أجزاء أساسية من الأساليب الغذائية التقليدية، التي تدعم التماسك الاجتماعي الثقافي والهوية وما يرتبط بهما من الممارسات الاحتفالية والثقافية (Loring and others, 2019; Leong and others, 2020).

وتمثل الأنشطة الثقافية الأخرى طرقاً للتفاعل مع المحيط (مثل الرقص للاحتفال بالمحيطات أو الطقوس الدينية تحصنا من أخطار البحر). ويمكن أن تشكل هذه الممارسات جزءا مهما من التراث الثقافي لشعب ما. ومن الأمثلة على ذلك دور صيد الحيتان بالنسبة للشعوب الأصلية في الساحل الغربي لكندا والولايات المتحدة الأمريكية، على النحو الذي نوقش في التقييم العالمي الأول للمحيطات. وفي ولاية واشنطن بالولايات المتحدة، هناك قبيلة، وهي قبيلة ماكاه، تسعى منذ عام 2005 إلى الحصول على إذن خاص لاستئناف بعض أنشطة صيد الحيتان. وفي تشرين الثاني/نوفمبر 2019، عُقدت

جلسة استماع لطلب القبيلة، وفي شباط/فبراير 2020، نُشر تقييم منقح للأثر البيئي. وتخشى القبيلة أن يظل هذا العنصر الخاص من ثقافتهم، في ظل عدم الحصول على الإذن الخاص، متصلا بالماضي دون أي تعزيز في الحاضر. (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015; 2020).

والتراث هو أيضا جزء من الخدمات الثقافية التي تقدمها المحيطات، علاوة على منافعها الاجتماعية والاقتصادية المهمة، وإن كانت غير محددة في كثير من الأحيان (Firth, 2015). وتختزن الطبيعة الرمزية للتراث الثقافي المغمور بالمياه، مثل حطام السفن التاريخية، معلومات أثرية وتاريخية، تكشف عن جوانب فريدة من أساليب الملاحة وأنماط السلوك البشري في الماضي، يتعين تقاسمها من خلال المتاحف والأفلام الوثائقية والبحوث العامة. ويمكن أيضاً أن يقدم حطام السفن معلومات قيمة عن السياقات الاجتماعية والثقافية والتاريخية والاقتصادية والسياسية على مختلف المستويات (المحلية والإقليمية والعالمية) من بدءا بتاريخ تشييد السفينة (كتصميم هيكل السفينة، أو معداتها، أو المواد المستخدمة، أو الغرض منها) وانتهاء بسبب تلفها في البحر (كالحروب أو أعمال القرصنة أو تعرضها للهجوم المسلح أو التخلي عنها عمدا أو الظواهر الجوية الطبيعية) (Gould, 1983). أما بقايا المشاهد الطبيعية، سواء منها التاريخية أم المنتمية لعصر ما قبل التاريخ، التي غمرتها مستويات سطح البحر المتغيرة والتدمير المستمر للمواقع الساحلية المهمة بفعل التعرية والتحات، فهي عوامل مهمة تذكر بتغير المناخ في الماضي البشري وبتأثير أزمة المناخ اليوم (Harkin and others, 2020).

وتؤدي السياحة في مواقع حطام السفن دورا في قطاع أنشطة الغوص الترفيهي. أما خدمات إحياء ذكرى خسائر السفن، مثل مراسم وضع أكاليل الزهور عند مقابر السفن الحربية المغمورة، فهي تعبير عن ارتباط عميق بالتضحية في البحر. ويتعزز تنوع الخدمات الثقافية المرتبطة بحطام السفن، وغيرها من الهياكل التاريخية في البحر، بما يمكن أن يلعبه التراث الثقافي المغمور بالمياه من دور كالشعاب المرجانية الاصطناعية، مما يوفر موائل مهمة لحفظ الطبيعة وصيد السمك والصيد التجاري، على سبيل المثال (Firth, 2018).

وأخيرا، هناك الإحساس بالمكان الذي يتولد لدى المتفرجين على المحيط. ويمكن أن يكون الشعور بالانفتاح على الطبيعة والاحتكاك بها مهما جدا لمن يعيشون بجانب البحر أو يزورونه كسياح. وكما نوقش في الفصل 8 باء، بشأن صحة الإنسان والمحيطات، هناك أدلة متزايدة على أن الشعور بالانفتاح الذي تولده المحيطات يمكن أن يحسن صحة الإنسان. والمحيط هو أيضا مصدر مهم لإلهام الفنانين والملحنين والكتاب، وغالبا ما يعكس الجوانب الاقتصادية المهمة للمجتمع. ويكشف بعض الدراسات عن التعلق العاطفي العميق الذي يشعر به الناس تجاه البيئة البحرية (the Black Sea in Fletcher and others, 2014 و the North Sea in Gee and Burkhard, 2010)، مثلا) وأهمية صون هذه العلاقة للحفاظ على الطبيعة والثقافة على حد سواء (Fletcher and others, 2014). ومع ذلك، وعلى الرغم من التقدم المحرز حتى الآن، فقد أهملت الأبحاث البحرية والإدارة البحرية إلى حد كبير حتى وقت قريب الدور البالغ الأهمية الذي يؤديه الإحساس بالمكان ودوره في التأثير على نجاح التدخلات الإدارية وفعاليتها (Van Putten and others, 2018; Hernandez and others, 2007).

على أن فرص توليد الدخل والعمل، والتعليم والاستجمام، والحصول على المعلومات العلمية والفنية والإلهام، هي أيضا جزء من مجموعة أوسع من الفوائد الاجتماعية التي توفرها النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية، والتي يتوقف عليها رفاه السكان بشكل مباشر وغير مباشر، بغض النظر عن بعدهم عن الشاطئ.

2 - الفوائد وتوزيعها

في حين يكون بعض الفوائد المتأتية من المحيطات ذا أهمية بالغة جداً ويضمن وجود الحياة على الأرض، ومن ذلك إنتاج الأكسجين، وامتصاص ثاني أكسيد الكربون والحرارة، فإن معظم المنافع يرتبط بأنظمة إيكولوجية أو عناصر محددة فيها وبالتالي فهي غير موزعة توزيعاً متساويا. وعلاوة على ذلك، ليس لدى جميع الدول القدرة على المشاركة الكاملة في المحيطات ومواردها والاستفادة منها. وقد يكون ذلك إما بسبب عدم تمتعها بإمكانية الوصول إلى المحيطات، مثل الدول غير الساحلية، أو عدم وجود الوسائل المالية اللازمة لتطوير الصناعات البحرية، وهذا هو الحال بالنسبة للعديد من البلدان النامية. ولا يملك بعض الدول القدرة على الوصول إلى المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية أو حتى أجزاء من منطقتها الاقتصادية الخالصة. فعلى سبيل المثال، في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية، يتركز جمع الموارد الجينية البحرية وتسلسلها وإمكانية تسويقها في عدد قليل من البلدان (Blasiak and others, 2018; 2019; Harden-Davies, 2019; Levin and Baker, 2019).

وإحدى الخدمات الإمدادية الرئيسية، وهي الموارد الحية، ليست فحسب غير موزعة توزيعا متساويا، حيث تتركز المواقع الرئيسية للإنتاجية في مناطق صعود مياه الأعماق في العالم (Kämpf and Chapman, 2016)، بل إن نسبة كبيرة للغاية أيضا من أنشطة صيد الأسماك يقوم بها عدد قليل نسبيًا من سفن الصيد من دول قليلة. فقد حصلت سفن من 25 دولة على نسبة 42 في المائة من المصيد العالمي في عام 2016 (FAO, 2018). وبالتالي، فإن الأرباح لا تذهب بالضرورة إلى البلدان التي توجد فيها المنطقة الاقتصادية الخالصة التي يجري فيها إنتاج الأسماك. وخلص ماكولي وآخرون (2018) إلى أن السفن التي ترفع أعلام الدول ذات الدخل المرتفع، على سبيل المثال، مسؤولة عن 97 في المائة من الصيد الصناعي القابل للتتبع في أعالي البحار و 78 في المائة داخل المياه الوطنية للبلدان المنخفضة الدخل.

وتُنفذ التقييمات الاقتصادية للمنافع المتأتية من خدمات النظم الإيكولوجية الثقافية على نحو متزايد عن طريق تطبيق أساليب التقييم البيئي على الاستخدام الترفيهي مثل السياحة، والصيد الترفيهي البحري، ومشاهدة الحيتان، والاستمتاع بالمشاهد البحرية (Hanley and others, 2015; Aanesen and others, 2015; Spalding and others, 2017) بالإضافة إلى القيم غير الاستهلاكية (أي قيمة الوجود والقيمة المتوارثة) للشعاب المرجانية وغيرها من أشكال التنوع البيولوجي البحري (Aanesen and others, 2015; Navrud and others, 2017). وتعتمد السياحة بشكل خاص على خصائص محددة مثل الشعاب المرجانية (Brander and others, 2007) وأنشطة محددة مثل سياحة الرحلات البحرية، وهي تتركز في مناطق معينة مثل منطقة البحر الكاريبي والبحر الأبيض المتوسط، ولكن أيضا بشكل متزايد في المناطق القطبية (انظر الفصل 8 ألف).

وقد أنشئت السلطة الدولية لقاع البحار بوصفها المنظمة التي تقوم من خلالها الدول الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار بتنظيم ومراقبة الأنشطة في المنطقة (أي جميع أنشطة استكشاف واستغلال الموارد المعدنية لقاع البحار والمحيطات وباطن أرضها خارج نطاق الولاية الوطنية) لصالح الإنسانية جمعاء، وللنص على تقاسم الفوائد المالية وغيرها من الفوائد الاقتصادية المستمدة من الأنشطة في المنطقة تقاسما منصفا (انظر المادة 140 من الاتفاقية). ومع ذلك، وبالإضافة إلى الفوائد الاقتصادية المتأتية من التعدين في قاع البحار العميقة، ينبغي أيضا النظر في الفوائد المتأتية من ترك النظم الإيكولوجية سليمة في سياق المادة 140، وبالتالي إدماج إعادة التوزيع (التضامن الدولي) مع الحفاظ على البيئة (التضامن بين الأجيال) (Tladi, 2015, Feichtner, 2019).

وأدرجت أيضا في المادة 82 من الاتفاقية التزامات محددة لتقاسم الإيرادات، وتنص على نظام للمدفوعات أو المساهمات العينية من جانب الدول الساحلية فيما يتعلق باستغلال الموارد غير الحية للجرف القاري وراء 200 ميل بحري. ويتعين دفع هذه المبالغ أو المساهمات عن طريق السلطة الدولية لقاع البحار لتوزيعها على الدول الأطراف في الاتفاقية، على أساس معايير التقاسم المنصف (Spicer and McIsaac, 2016).

3 - الخسائر التي تلحق بالبشر

يعرّف المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات المعني بالتنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية في إطاره المفاهيمي المساهمات التي تقدمها الطبيعة للبشر بكونها جميع المساهمات أو المنافع الإيجابية (بما في ذلك خدمات النظام الإيكولوجي) وفي بعض الأحيان المساهمات السلبية أو الخسائر أو الأضرار، التي يحصل عليها الناس من الطبيعة (Pascual and others, 2017). وقد بدأت المساهمات السلبية للطبيعة، التي أصبحت تعرف في بعض الميادين باسم أضرار النظم الإيكولوجية، تُدرج في تقييمات خدمات النظم الإيكولوجية (Campagne and others, 2018).

ونقم النظم الإيكولوجية أو مضارها هي وظائف أو خصائص للنظم الإيكولوجية تتسم بكونها كريهة أو مضرة، إما بحدها من خدمات النظام الإيكولوجي وإما بإلحاقها المضرة بالبشر مباشرة (Lyytimäki, 2014; Shackleton and others, 2016). فالمضار المباشرة التي تصيب البشر، على سبيل المثال، ناجمة عن الفيضانات والمد العاصفي، التي يمكن أن تؤدي إلى خسائر اقتصادية تتجاوز قيمتها 100 بليون دولار سنوياً (Kousky, 2014). ويمكن أن يأتي الضرر المباشر الذي يلحق بالبشر أيضًا من خلال الأمراض التي تنقلها المأكولات البحرية، والتي تنتج بشكل رئيسي عن تكاثر الطحالب الضارة مثل تسمم المحاريات المسبب لفقدان الذاكرة، وتسمم القشريات المسبب للشلل، وتسمم القشريات المصحوب بالإسهال، وتسمم القشريات العصبي، والتسمم بالأسماك المدارية. وإلى جانب التأثير السلبي لهذه الأمراض على رفاه الإنسان، فهي تسبب أيضا خسائر اقتصادية بسبب نفقات الاستشفاء وفقدان الإنتاجية (Sanseverino and others, 2016). ويمكن لتكاثر الطحالب الضارة ي أن يسبب خسائر على مستوى المصائد وإنتاج قطاع تربية الأحياء المائية. ويمكن أن الترسب الطبيعي تأثيرا سلبيا على الأنشطة البشرية، بما في ذلك النقل البحري.

وعلى الرغم من الاعتراف بحدوث مساهمات سلبية من الطبيعة، فإن ازدياد هذه الحوادث وتعاظمها، يرتبطان، في معظم الأحيان، بالأنشطة والضغوط البشرية. فعلى سبيل المثال، تؤثر الفيضانات الساحلية عادة على المستوطنات البشرية السيئة التوزيع في المناطق الساحلية المنخفضة والمعرضة للخطر. وبالمثل، فإن بعض حالات تكاثر الطحالب ناتج عن الملوثات الناجمة عن الأنشطة البشرية.

4 - الأخطار المحدقة بخدمات النظم الإيكولوجية للمحيطات

تؤثر الأنشطة البشرية بشكل مباشر أو غير مباشر على خدمات النظم الإيكولوجية، وبالتالي يمكنها أن تقلل أو تقضي على الفوائد التي يمكن أن تقدم لولا ذلك. وهذه الأخطار هي الضغوط التي ترد مفصلة في الفصول من 9-25. ولما كان من المتوقع أن تزداد الأنشطة البشرية في البيئة البحرية في المستقبل، ولا سيما في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية، فإن هذه الأنشطة لن تمارس ضغطا متزايدا على الموارد الطبيعية فحسب، بل قد تهدد كذلك التنوع البيولوجي البحري وبالتالي المنافع التي يحصل عليها الناس من خدمات النظم الإيكولوجية

(Altvater and others, 2019). ولا يُفهم سوى القليل نسبياً عن كيفية تفاعل العمليات الاجتماعية والإيكولوجية لتحديد فوائد النظم الإيكولوجية البحرية (Outeiro and others, 2017). وفي حين يمكن لعملية الإنتاج المشترك أن تدعم تدفقات خدمات النظام الإيكولوجي المرغوب فيها، فإنها يمكن أن تنتج أيضاً مفاضلات تحد من تدفقات خدمات النظم الإيكولوجية أو تفاقم نقمها، مع ما يترتب على ذلك من آثار سلبية على رفاه الإنسان على نطاق واسع (Pope and others, 2016). وهذه الآثار، التي يمكن أن تصنف إلى بكونها أخطار استخراجية (مثل صيد الأسماك، والتعدين، والتنقيب عن الموارد الهيدروكربونية واستخراجها في عرض البحر، ومنشآت الطاقة المتجددة البحرية وفي عرض البحر واستغلال غابات المانغروف) وأخطار غير استخراجية (مثل احترار المحيطات وتحمضها، وفرط المغذيات، والتلوث، وتدمير الموائل وتحويلها)، تتفاعل، في كثير من الأحيان، فيما بينها فينجم عن ذلك تأثيرات مركبة (McCauley and others, 2015; Sumaila and others, 2016; Simas and others, 2015; O'Hagan and others, 2015; Greaves and others, 2016).

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

5-1 - اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار واتفاقاتها التنفيذية وما يتصل بها من صكوك

تضطلع اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، التي تحدد الإطار القانوني الذي يجب أن تُنفذ في نطاقه جميع الأنشطة التي تجري في المحيطات والبحار، بدور بالغ الأهمية في حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، وفي حماية العديد من خدمات النظم الإيكولوجية التي توفرها المحيطات للأجيال الحالية والمقبلة على حد سواء.

ويدخل إدماج الأبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية في صميم الاتفاقية، التي تنص على إقامة توازن دقيق بين الحاجة إلى التنمية الاقتصادية والاجتماعية عن طريق استخدام المحيطات ومواردها وضرورة حفظ تلك الموارد وإدارتها على نحو مستدام، وحماية البيئة البحرية والحفاظ عليها. ويوفر ذلك الإدماج أيضا إطارا للتعاون الدولي في مجال حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، وهو تعاون يمكن أن يتم من خلال المؤسسات الحكومية الدولية، أو على الصعيد الثنائي فيما بين الدول (United Nations, 2017b).

وتعد الاتفاقية عاملا يساهم في تحقيق الاستقرار والسلام والتقدم وتنطوي على أهمية خاصة في سياق دولي صعب. فهي تتيح أساسا صلبا لمعالجة المتصلة بالتنمية المستدامة ومواجهة التحديات الماثلة في هذا الميدان وتوفر الأدوات القانونية اللازمة لذلك. ومن ثم فإن احترام أحكام الاتفاقية، وبخاصة الالتزام بحماية البيئة البحرية والمحافظة عليها، وبالتعاون، وتنفيذ تلك الأحكام، أمور تتسم بأهمية مركزية.

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 تأثير محدود على حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها المستدام. وعلى الصعيد الدولي، من المهم أن يوجه هذا النهج المتكامل الأعمال التنظيمية وأنشطة بناء القدرات التي تضطلع بها المنظمات الدولية

في إطار اختصاصاتها وأن تستجيب هذه المنظمات بفعالية للحاجة المتزايدة إلى التنسيق والتعاون الشامل لعدة قطاعات. وفي الوقت نفسه، وعلى الصعيد الوطني، يتطلب النهج المتكامل وضع إطار قانوني شامل لمسائل المحيطات، ووضع آليات مؤسسية تمكن من التعاون بين الوكالات وتحسينه.

وقد تعززت الاتفاقية، في العديد من الميادين، بصكوك قطاعية أكثر تخصصا. فبالإضافة إلى الاتفاقين التنفيذين، وهما اتفاق عام 1994 المتعلق بتنفيذ الجزء الحادي عشر من الاتفاقية[3] واتفاق عام 1995 لتنفيذ ما تتضمنه الاتفاقية من أحكام بشأن حفظ وإدارة الأرصدة السمكية المتداخلة المناطق والأرصدة السمكية الكثيرة الارتحال[4]، هناك صكوك قانونية دولية أخرى عديدة على الصعيدين العالمي والإقليمي تغطي جوانب عديدة من استخدام المحيطات، بما في ذلك حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام.

وتشمل هذه الصكوك، في جملة أمور، المعاهدات العالمية المتعلقة بالإدارة المستدامة لمصائد الأسماك (بما في ذلك اتفاق منظمة الأغذية والزراعة لعام 2009 بشأن التدابير التي تتخذها دولة الميناء لمنع الصيد غير القانوني دون إبلاغ ودون تنظيم وردعه والقضاء عليه لعام 2009)، والتلوث الناجم عن السفن، والسلامة البحرية، وتلوث الغلاف الجوي، وإطلاق مواد خطرة في البيئة، وحماية أنواع أو موائل معينة، وحفظ التنوع البيولوجي واستخدامه على نحو مستدام، وظروف عمل البحارة والصيادين وغيرهم من العاملين في مجال الملاحة البحرية، وحماية التراث الثقافي المغمور بالمياه. وتندرج في هذا الإطار أيضا عدة من المعاهدات الإقليمية، منها المعاهدات التي تنشئ منظمات وترتيبات إقليمية لإدارة مصائد الأسماك، فضلا عن اتفاقيات وخطط عمل البحار الإقليمية. وبالإضافة إلى ذلك، يتناول عدد من الصكوك القانونية غير الملزمة أيضاً المسائل ذات الصلة بالموضوع، بما في ذلك المبادئ التوجيهية التقنية بشأن مصائد الأسماك، من قبيل المبادئ التوجيهية الدولية لمنظمة الأغذية والزراعة لإدارة مصائد أسماك المياه العميقة في أعالي البحار، أو مدونة قواعد السلوك بشأن الصيد الرشيد الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة، أو دليل اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات المعنون تخطيط الحيز البحري: نهج تدريجي نحو الإدارة القائمة على النظم الإيكولوجية. ورغم أن هذه المبادئ التوجيهية عالمية، فإنها تبرز أفضل الممارسات وخصوصياتها الإقليمية، وبالتالي فهي تدعم فرادى البلدان في تنفيذ الخطط العالمية المتعلقة بالمحيطات. وتتلقى عناصر نظام العمل لإدارة المحيطات العالمية الدعم أيضا من آليات قانونية غير ملزمة تقدم التوجيه للعمل الدولي، مثل إعلان ريو بشأن البيئة والتنمية[5] وخطة التنمية المستدامة لعام 2030 [6] وأهداف التنمية المستدامة المضمنة فيها، ولا سيما الهدف 14 (بشأن الحياة تحت الماء).

ولن يتحقق حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام بفعالية إلا من خلال التنفيذ الكامل والفعال لجميع أجزاء هذه المجموعة من نصوص القانون الدولي. وينبغي أن تركز الإجراءات والجهود في المقام الأول على الثغرات في التنفيذ. ويواجه جميع الدول صعوبة في تنفيذ هذا الإطار القانوني الشامل، ولا سيما البلدان النامية. ويفتقر العديد من الدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نموا إلى المعرفة التفصيلية والقوة العاملة الماهرة اللازمة لإدارة المحيطات، لا سيما في ضوء مواردها وقدراتها المحدودة مقارنة بالمناطق البحرية الشاسعة الخاضعة لولايتها. وستكفل القدرات والتكنولوجيات اللازمة لتخطيط وإدارة الأنشطة البرية التي لها آثار على البيئات الساحلية والبحرية، وكذلك الأنشطة التي تحدث في البيئات الساحلية والبحرية،

[3] United Nations, *Treaty Series*, vol. 1836, No. 31364.
[4] المرجع نفسه، المجلد 2167، الرقم 37924.
[5] تقرير مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية، ريو دي جانيرو، 3-14 حزيران/يونيه 1992، المجلد الأول، القرارات التي اتخذها المؤتمر (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع A.93.I.8 والتصويب)، القرار 1، المرفق الأول.
[6] انظر قرار الجمعية العامة 1/70.

إمكانية تحقيق أقصى قدر من الفوائد الاقتصادية بطريقة مستدامة بيئيا.

ولوحظ في التقييم العالمي الأول للمحيطات أن بناء القدرات وتبادل المعارف العلمية ونقل التكنولوجيا البحرية، مع مراعاة معايير اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات ومبادئها التوجيهية المتعلقة بنقل التكنولوجيا البحرية، هي أمور ستمكِّن الدول من المشاركة الكاملة في حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام والاستفادة منها، ومساعدتها على الوفاء بالتزاماتها (United Nations, 2017a).

ولم يطرأ تغير كبير على الوضع منذ ذلك الحين. ولا تزال القدرات البشرية والمؤسسية والنظمية، فضلا عن التمويل، تشكل العوامل الرئيسية المقيدة، ولا سيما بالنسبة للبلدان النامية. ولا يزال نقص الموارد والقدرات، بما في ذلك القدرات المالية، يشكل عائقا كبيرا فيما يتعلق بحماية البيئة البحرية والحفاظ عليها وجهود البحث العلمي البحري، في حين كثيرا ما تشكل القيود التقنية عائقا أمام التنفيذ الفعال لالتزامات الدول (United Nations, 2017b؛ وانظر أيضا الفصل 27).

كذلك، توجد ثغرات فيما يتعلق بالنطاق المادي أو الجغرافي للصكوك ذات الصلة. فعلى سبيل المثال، إذا كان بعض الجوانب المتعلقة بالحطام البحري والبلاستيك وجزيئات البلاستيك الدقيقة مشمولا بصكوك عالمية وإقليمية ووطنية، فلا واحد منها، باستثناء بعض خطط العمل الإقليمية بشأن القمامة البحرية، والتدابير الخاصة بقطاعات محددة مثل المرفق الخامس للاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن لعام 1973، مكرسٌ لهذه المسائل على وجه التحديد. وفي الوق ت نفسه، ورغم وجود تغطية واسعة النطاق في الصكوك الإقليمية ذات الصلة بتنفيذ جوانب من اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار واتفاق الأرصدة السمكية (United Nations, 2017b)، لا تزال هناك بعض الثغرات.

وتواجَه تحديات محددة في إنفاذ تدابير الإدارة الفعالة في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى عدم وجود تنسيق شامل لعدة قطاعات وأيضاً إلى وجود ثغرات تنظيمية (Altvater and others, 2019؛ وانظر أيضا الفصل 27). وتجري حاليا مناقشة هذه المسائل في حظيرة الأمم المتحدة في سياق المفاوضات الحكومية الدولية بشأن وضع صك ملزم قانونا في إطار اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار بشأن حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج حدود الولاية الوطنية واستخدامه على نحو مستدام.

ويمكن أن يكون الهدف 14 من أهداف التنمية المستدامة محركا قويا لتعزيز حوكمة المحيطات وتعزيز اتساق السياسات، مع توفير زخم للمساءلة العالمية الجماعية عن المحيطات في إطار خطة عام 2030. وفي الغاية 14-ج، التزمت الدول "بتعزيز حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام عن طريق تنفيذ القانون الدولي بصيغته الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار"[7]. فتوسيع نطاق المشاركة في الصكوك الدولية، والتصدي لتحديات التنفيذ، بما يشمل القيود المتعلقة بالموارد والقدرات، وتعزيز التعاون بين القطاعات، والتنسيق وتبادل المعلومات على جميع المستويات، ووضع صكوك جديدة لمعالجة التحديات المستجدة في الوقت المناسب، ستكون عناصر رئيسية في الإسراع ببلوغ هذه الغاية (United Nations, 2019).

[7] انظر قرار الجمعية العامة 71/313، المرفق. في المؤشر المستخدم لقياس التقدم المحرز في تحقيق الغاية 14-ج، وهو المؤشر 14-ج-1، دعت الجمعية إلى تقييم عدد البلدان التي تحرز تقدماً في التصديق على صكوك متعلقة بالمحيطات تنفذ القانون الدولي، وفي قبول تلك الصكوك وتنفيذها من خلال أطر قانونية وسياساتية ومؤسسية، على النحو الوارد في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، من أجل حفظ المحيطات ومواردها، واستخدامها على نحو مستدام. وقد وضعت مؤخرا منهجية جديدة لقياس هذا التقدم. وسوف تتيح البيانات التي يتعين جمعها استنادا إلى المنهجية المعتمدة، لأول مرة، معيارا لمعرفة الحالة الراهنة لتنفيذ الاتفاقية واتفاقيها التنفيذيين فيما يتعلق بحفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام. انظر أيضا مذكرة المعلومات الصادرة عن شعبة شؤون المحيطات وقانون البحار: Development of a methodology for Sustainable Development Goal Indicator 14.c.1, 4 October 2019.

5-2 - الاتفاق الثالث المنفذ لاتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار بشأن حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام، الموجود قيد النظر حاليا

تشمل الجهود المبذولة من أجل توطيد الإطار القانوني الدولي عبر إعداد صكوك جديدة، بصفة خاصة، المؤتمر الحكومي الدولي الذي دعت إليه الجمعية العامة لوضع نص صك دولي ملزم قانوناً يتعلق بحفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام. وعلى نحو أكثر تحديدا، وعقب عقد من العمل في إطار فريق عامل ولجنة تحضيرية، قررت الجمعية في قرارها 249/74 المؤرخ 24 كانون الأول/ديسمبر 2017 عقد مؤتمر حكومي دولي برعاية الأمم المتحدة للنظر في توصيات اللجنة التحضيرية المنشأة بموجب قرار الجمعية العامة 292/69 المؤرخ 19 حزيران/يونيه 2015 بشأن عناصر مشروع نص 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، وذلك بغية وضع الصك المذكور في أقرب وقت ممكن.

وعقد المؤتمر ثلاث دورات موضوعية في الفترة من عام 2018 إلى نيسان/أبريل 2020 لدراسة الموضوع المحدد في المجموعة التي تم الاتفاق عليها في عام 2011، وتشمل تحديداً حفظ التنوع البيولوجي البحري في المناطق الواقعة خارج نطاق الولاية الوطنية واستغلاله على نحو مستدام، ولا سيما الموارد الجينية البحرية، في مجملها وككل واحد، بما في ذلك المسائل المتعلقة بتقاسم المنافع، والتدابير من قبيل أدوات الإدارة الملائمة لكل منطقة على حدة، بما فيها المناطق البحرية المحمية، وتقييم الأثر البيئي، وبناء القدرات ونقل التكنولوجيا البحريــة. وقد وصلت المفاوضات الآن إلى مرحلة حاسمة. ولكن للأسف، وفقا لمقرر الجمعية العامة 543/74 المؤرخ 11 آذار/مارس 2020، أُرجئت الدورة الرابعة، التي كان من المقرر بداية أن تعقد في آذار/مارس - نيسان/أبريل 2020، بسبب جائحة كوفيد-19.

المراجع

Aanesen, M., and others (2015). Willingness to pay for unfamiliar public goods: preserving cold-water corals in Norway. *Ecological Economics*, vol. 112, pp. 53–67.

Altvater, Susanne, and others (2019). The need for marine spatial planning in areas beyond national jurisdiction. In *Maritime Spatial Planning: Past, Present, Future*, Jacek Zaucha and Kira Gee, eds., pp. 397–415. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_17.

Barbier, Edward B. (2017). Marine ecosystem services. *Current Biology*, vol. 27, No. 11, pp. R507–R510. https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.020.

Blasiak, Robert, and others (2018). Corporate control and global governance of marine genetic resources. *Science Advances*, vol. 4, No. 6.doi: 10.1126/sciadv.aar5237.

Blasiak, Robert, and others (2019). Scientists should disclose origin in marine gene patents. *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 34, No. 5, pp. 392–395.

Blythe, J., and others (2020). Frontiers in coastal well-being and ecosystem services research: a systematic review. *Ocean and Coastal Management*, vol. 185, p. 105028. www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569119304703.

Brander, L., and others (2007). The recreational value of coral reefs: a meta-analysis. *Ecological Economics*, vol. 63, No. 1, pp. 209–218.

Campagne, Carole Sylvie, and others (2018). Looking into Pandora's box: ecosystem disservices assessment and correlations with ecosystem services. *Ecosystem Services*, vol. 30, pp. 126–136.

Diaz, Sandra, and others (2018). Assessing nature's contributions to people: recognizing culture, and diverse sources of knowledge, can improve assessments. *Science*, vol. 359, No. 6373.

Environmental Justice Foundation (2006). *Mangroves: Nature's Defence against Tsunamis: A Report on the Impact of Mangrove Loss and Shrimp Farm Development on Coastal Defences*. London: Environmental Justice Foundation.

Feichtner, Isabel (2019). Sharing the riches of the sea: the redistributive and fiscal dimension of deep seabed exploitation. *European Journal of International Law*, vol. 30, No. 2, pp. 601–633.

Firth, Antony (2015). *The Social and Economic Benefits of Marine and Maritime Cultural Heritage*. London: Fjordr Ltd., for the Honor Frost Foundation. ISBN 978-0-9933832-1-2.

_____ (2018). *Managing Shipwrecks*. London: Honor Frost Foundation. ISBN 978-0-9933832-3-6.

Fletcher, Ruth, and others (2014). Revealing marine cultural ecosystem services in the Black Sea. *Marine Policy*, vol. 50, pp. 151–161.

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

Garcia Rodrigues, João, and others (2017). Marine and coastal cultural ecosystem services: knowledge gaps and research priorities. *One Ecosystem*, vol. 2, p. e12290. https://doi.org/10.3897/one eco.2.e12290.

Gee, Kira, and Benjamin Burkhard (2010). Cultural ecosystem services in the context of offshore wind farming: a case study from the west coast of Schleswig-Holstein. *Ecological Complexity*, vol. 7, No. 3, pp. 349–358.

Gould, Richard A. (1983). Looking below the surface: shipwreck archaeology as anthropology. In *Shipwreck Anthropology*, pp. 3–22.

Greaves, D., and others (2016). Environmental impact assessment: gathering experience at wave energy test centres in Europe. *International Journal for Marine Energy*, http://doi.org/10.1016/j.ijome.2016.02.003.

Hanley, N., and others (2015). Economic valuation of marine and coastal ecosystems: is it currently fit for purpose? *Journal of Ocean and Coastal Economics*, vol. 2, No. 1, art. 1. https://doi.org/10.15351/2373-8456.1014.

Harden-Davies, Harriet R. (2019). Research for regions: strengthening marine technology transfer for Pacific Island countries and biodiversity beyond national jurisdiction. In *Conserving Biodiversity in Areas beyond National Jurisdiction*, David Freestone, ed., pp. 298–323. Leiden, The Netherlands: Brill-Nijhoff.

Harkin, K., and others (2020). Impacts of climate change on cultural heritage. *Marine Climate Change Impacts Partnership Science Review*, vol. 16, pp. 24–39.

Hernandez B., and others (2007). Place attachment and place identity in natives and non-natives. *Journal of Environmental Psychology,* vol. 27, pp. 310–319.

Hochard, Jacob P., and others (2019). Mangroves shelter coastal economic activity from cyclones. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, No. 25, pp. 12232–12237.

Jackson, Emma L., and others (2015). Use of a seagrass residency index to apportion commercial fishery landing values and recreation fisheries expenditure to seagrass habitat service. *Conservation Biology*, vol. 29, No. 3, pp. 899–909. https://doi.org/10.1111/cobi.12436.

Jeffery, Bill (2013). Reviving community spirit: furthering the sustainable, historical and economic role of fish weirs and traps. *Journal of Maritime Archaeology*, vol. 8, No. 1, pp. 29–57.

_____(2019). Global observing needs in the deep ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 241.

Kämpf, J., and P. Chapman (2016). *Upwelling Systems of the World: A Scientific Journey to the Most Productive Marine Ecosystems*. Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42524-5.

Kousky, Carolyn (2014). Informing climate adaptation: a review of the economic costs of natural disasters. *Energy Economics*, vol. 46, No. C, pp. 576–592.

Leong, K.M., and others (2020). Beyond Recreation: When Fishing Motivations Are More than Sport or Pleasure. NOAA Administrative Report, No. H-20-05. https://doi.org/10.25923/k5hk-x319.

Levin, L.A., and Maria Baker (2019). Grand challenge from the deep: opinion. *Ecomagazine*.

Loring, P.A., and others (2019). Fish and food security in small-scale fisheries. In *Transdisciplinarity for Small-Scale Fisheries Governance*, pp. 55–73. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-94938-3_4.

Lyytimäki, Jari (2014). Bad nature: newspaper representations of ecosystem disservices. *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 13, No. 3, pp. 418–424.

McCauley, Douglas J., and others (2015). Marine defaunation: animal loss in the global ocean. *Science*, vol. 347, No. 6219, p. 1255641.

McCauley, Douglas J., and others (2018). Wealthy countries dominate industrial fishing. *Science Advances*, vol. 4, No. 8, https://doi.org/10.1126/sciadv.aau2161.

Mehvar, Seyedabdolhossein, and others (2018). Quantifying economic value of coastal ecosystem services: a review. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 6, No. 1, p. 5.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, D.C.: Island Press.

Mohammed, Essam Yassin (2012). *Payments for Coastal and Marine Ecosystem Services: Prospects and Principles*. London: International Institute for Environment and Development.

National Oceanic and Atmospheric Administration (2015). *Draft Environmental Impact Statement on the Mikah Tribe Request to Hunt Grey Whales*. Silver Spring, Maryland, United States of America: NOAA.

_____(2020). *Makah Tribal Whale Hunt*. www.fisheries.noaa.gov/west-coast/makah-tribal-whale-hunt-chronology.

Navrud, S., and others (2017). Chapter 5: Valuing marine ecosystem services loss from oil spills for use in cost-benefit analysis of preventive measures, pp. 124–137. In *Handbook on the Economics and Management of Sustainable Oceans*, P. Nunes, and others, eds. Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar Publishing.

O'Hagan, A.M., and others (2015). Wave energy in Europe: views on experiences and progress to date, *International Journal for Marine Energy*, http://doi.org/10.1016/j.ijome.2015.09.001.

Outeiro, Luis, and others (2017). The role of non-natural capital in the co-production of marine ecosystem services. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, vol. 13, No. 3, pp. 35–50.

Pascual, Unai, and others (2017). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 26, pp. 7–16.

Pope, Kevin L., and others (2016). Fishing for ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, vol. 183, pp. 408–417.

Rowland, Michael J., and Sean Ulm (2011). Indigenous fish traps and weirs of Queensland. *Queensland Archaeological Research*, vol. 14, pp. 1–58.

Sanseverino, Isabella, and others (2016). *Algal Bloom and Its Economic Impact*. EUR 27905 EN. http://doi.org/10.2788/660478.

Shackleton, Charlie M., and others (2016). Unpacking Pandora's box: understanding and categorising ecosystem disservices for environmental management and human wellbeing. *Ecosystems*, vol. 19, No. 4, pp. 587–600.

Simas, T., and others (2014), Review of consenting processes for ocean energy in selected European Union member States, *International Journal for Marine Energy*, vol. 9, No. 2015, pp. 41–59.

Spalding, Mark, and others (2014). The role of ecosystems in coastal protection: adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean and Coastal Management*, vol. 90, pp. 50–57.

Spalding, Mark, and others (2017). Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, vol. 82, pp. 104–113.

Spicer, W., and E. McIsaac (2016). *A Study of Key Terms in Article 82 of the United Nations Convention on the Law of the Sea*, International Seabed Authority technical study, No. 5.

Sumaila, U. Rashid, and others (2016). Fishing for the future: an overview of challenges and opportunities. *Marine Policy*, vol. 69, pp. 173–180.

Tladi, D. (2015). The Common Heritage of Mankind and the Proposed Treaty on Biodiversity in Areas beyond National Jurisdiction: The Choice between Pragmatism and Sustainability, *Yearbook of International Environmental Law*, vol. 25, No. 1, p. 113.

United Nations (2017a). Chapter 23: Offshore mining industries. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press Cambridge.

_____ (2017b). Concept Paper: Partnership Dialogue 7: Enhancing the Conservation and Sustainable Use of the Oceans and Their Resources by Implementing International Law as Reflected in the United Nations on the Law of the Sea. The Ocean Conference 2017. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/14402Partnershipdialogue7.pdf.

_____ (2017c). The Ocean and Sustainable Development Goals under the 2030 Agenda for Sustainable Development. A Technical Abstract of the First Global Integrated Marine Assessment. New York.

_____ (2019). Preparatory process of the 2020 United Nations Conference to Support the Implementation of Sustainable Development Goal 14: Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development. Note by the Secretary-General, A/74/630, 24 December 2019.

Van Putten, I.E., and others (2018). A framework for incorporating sense of place into the management of marine systems. *Ecology and Society*, vol. 23, No. 4, pp. 42–65. www.jstor.org/stable/26796884?seq=1#metadata_info_tab_contents.

Whitmarsh, David (2011). *Economic Management of Marine Living Resources: A Practical Introduction*. Routledge.

المرفقات

المرفق الأول
الأعضاء الأصليون لأفرقة الكتابة التي أقرها المكتب

الفصل 1

ماريا جواو بيبيانو، هيلكونيدا كالومبونغ، سناء شيبة، كارين إيفانز، كارلوس غارسيا-سوتو، عثمان كيه كامارا، إنريكي مارشوف، عصام ياسين محمد، هين أوجافير، تشول بارك، يلينيا راندرياناريسوا، رينيسون روا، يورن شميدت، آلان سيمكوك، أناستاسيا ستراتي، جوشوا توهومواير، كا ثانه فو، جوينغ وانغ، تايمون زايلنيسكي (فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية).

الفصل 2

ماريا جواو بيبيانو، هيلكونيدا كالومبونغ، سناء شيبة، كارين إيفانز، كارلوس غارسيا-سوتو، عثمان كيه كامارا، إنريكي مارشوف، عصام ياسين محمد، هين أوجافير، تشول بارك، يلينيا راندرياناريسوا، رينيسون روا، يورن شميدت، آلان سيمكوك، أناستاسيا ستراتي، جوشوا توهومواير، كا ثانه فو، جوينغ وانغ، تايمون زايلنيسكي (فريق الخبراء للعملية المنتظمة للإبلاغ عن حالة البيئة البحرية وتقييمها على الصعيد العالمي، بما في ذلك الجوانب الاجتماعية - الاقتصادية).

الفصل 3

بينغ تشاو (منظم الاجتماعات)، كارلوس فرانسيسكو أندرادي، باولو أنتونس هورتا، نيني بي تريس بونيفاس، سناء شيبة (عضوة رئيسية مشاركة)، محمد زهيدور رحمان شودري، أنطونيو دي ناتالي، كارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، كارلوس غارسيا-سوتو (عضو رئيسي مشارك)، إنريكي ر. مارشوف (عضو رئيسي مشارك)، كولن موفات، جوسلين مبيمبا كازادي، هين أوجافير، رينيسون روا (عضو رئيسي)، يورن شميدت (عضو رئيسي مشارك)، هوينسود سينيابتو، سيكو تيديان بانغورا، كيدونغ يين، تشانغ-إيك جانغ، تايمون زيلنيسكي (عضو رئيسي مشارك).

الفصل 4

تشانغ-إيك جانغ (منظم الاجتماعات)، كارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، أندرو ف. جونسون، عثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، بن س. مالايانغ، رينيسون روا (عضو رئيسي)، يورن شميدت (عضو رئيسي مشارك)، توماس و. تيريوه.

الفصل 5

كارلوس غارسيا-سوتو (منظم الاجتماعات وعضو رئيسي)، ليفك سيزار، آني كازيناف، ليجينغ تشنغ، أليسيا تشيريبكا، بول دوراك، كارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، ديفيد هالبرن، ليبي جويت، سونغ يونغ كيم، غوانتشنغ لي، إغناتيوس ريغور، سونكي شميدتكو، جوينغ وانغ (عضو رئيسي مشارك)، تايمون زيلينسكي (عضو رئيسي مشارك).

الفصل 6

تشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)

الفصل 6 ألف

توماس مالون (منظم الاجتماعات)، ماوريتسيو أزارو، راسل هوبكروفت، تشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، كازواكي تادوكورو، مايكل ثورندايك، سينجاي يو.

الفصل 6 باء

ليس ل. يورغنسن (منظمة الاجتماعات)، كريستوس أرفانيتيديس، سيلفانا ن. ر. بيرشناو، مالكولم ر. كلارك، إيغور كريستينو سيلفا كروز، ومارينا كونها، وآلان ديدون، جوديث غوبين، معروف حسين، آنا س. ك. دي خيسوس، كارمن ميفسود، خاك بات نغوين، تشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، راشيل برزلافسكي، دجيك رايس، لينرت شيبرز، بول سنلغروف، ناتاليا ستراكوفا، لين فاندبيت.

الفصل 6 جيم

توماس ج. ويب (منظم الاجتماعات)، فرناندا دي أوليفيرا لانا، ماريا خوسيه خوان-جوردا، هيرويوكي موتومورا، فرانسيسكو نافاريتي-مير، خاك بات، هين أوجافير (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي)، هيزل أوكسنفورد، تشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، كلايف روبرتس، ف. ن. سانجيفَن، مادجيكيوَس د. سانتوس، تريسي ساتن، مايكل ثورندايك، بورتشه بيلجن تابكو.

الفصل 6 دال

ديفيد ليسو (منظم الاجتماعات)، لوتشيانو دالا روزا، كارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، إرينا ماكارينكو، أندريه سيلفا باريتو، ميتي سكيرن - موريتزن، تشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، مارتا سوفكر.

الفصل 6 هاء

قمر شويلر (منظمة الاجتماعات)، كارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، ماكسيميليان هيرشفيلد، كارمن ميفسود، تشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، غابرييل هوينسود سينيابتو، أندري سيلفا باريتو، فيناي أودياوير.

الفصل 6 واو

مارتن كراير (منظّم الاجتماعات)، إيغور ديبسكي، ماريا دياس، كارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، كارولينا هازين، تشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، كليو سمول، غرايم تايلور، روس مكلاود وانلِس.

الفصل 6 زاي

هيلكونيدا كالومبونغ (منظمة اجتماعات مشاركة وعضوة رئيسية مشاركة)، هيو كيركمان (منظم اجتماعات مشارك)، ناير سومي يوكويا (منظِّم اجتماعات مشارك)، بولا بونتيمبي، سناء شيبة (عضوة رئيسية مشاركة)، فيليب دا سيلفا، جاسون م. هول-سبنسر، هونغهوي هوانغ ، كارمن ميفسود، ناهد عبد الرحيم عثمان، تشول بارك (عضو رئيسي عن الفصل)، فرانسيان بيليزاري، إليزابيث سنكلير، ماريو شواريس، جون أ. ويست، إزابيل سوسا بينتو.

الفصل 7

هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل).

الفصل 7 ألف

جوليا سيغوارت (منظِّمة الاجتماعات)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، رونالدو كريستوفوليتي، كارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، جوديث غوبين، باتريشيا ميلوسلافيتش.

الفصل 7 باء

رونالدو كريستوفوليتي (منظِّم اجتماعات مشارك)، جوديث غوبين (منظِّمة اجتماعات مشاركة)، محمد عبد الله، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، فريديريك غيشار، فهد إبراهيم، سيرغي ميدينِتس، آنا ميتاكساس، خوسيه سوتو روزا فيلهو، إيفانجيلينا شوينت، جوليا سيغوارت، نيكول ويبستر.

الفصل 7 جيم

كولين د. وودروف (منظم الاجتماعات)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، فرناندا دي أوليفيرا لانا، كارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، ديفيد أوبورا، آرثر ب. ويب.

الفصل 7 دال

إيان بتلر (منظِّم الاجتماعات)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، كارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، هيزل أوكسنفورد، كيمرَدج بارسرَم، آلكس روجرز، راكيل سيلفا بيكسوتو، هيرويا يامانو.

الفصل 7 هاء

إريك كورديس (منظم الاجتماعات)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، مالكولم ر. كلارك، كارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، سيباستيان هنيغ، جورجيوس كازانيديس.

الفصل 7 واو

كولين د. وودروف (منظم الاجتماعات)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، رونالدو كريستوفوليتي، دانا إ. هنت، خوسيه هـ. مولبرت، بابلو مونيز، بينغ كياو، موریاكي ياسوهارا، تايمون زيلينسكي (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي).

الفصل 7 زاي

هيو كيركمان (منظم الاجتماعات)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، سناء شيبة (عضوة رئيسية مشاركة)، كيهو كيم، بول لافري، ناهد عبد الرحيم عثمان، إليزابيث سنكلير، كونستنتينوس توبوزيليس.

الفصل 7 حاء

خوسيه سوتو روزا فيلهو (منظم الاجتماعات)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، سناء شيبة (عضوة رئيسية مشاركة)، محمد زهيدور رحمان شودري، فيليب دا سيلفا، سـيين هَمر، ناهد عبد الرحيم عثمان، ماريو شواريس، وكولن د. وودروف.

الفصل 7 طاء

جوديث س. وايس (منظمة الاجتماعات)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، أوسكار أ. إيريبارن، لويس م. بينهيرو، كاثرين إ. أ. سيغارا، ألان سيمكوك (عضو رئيسي عن الفصل).

الفصل 7 ياء

ليزا أ. ليفن (منظمة الاجتماعات)، بيتر أوستر، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، مالكولم ر. كلارك، جيسون م. هول-سبنسر، راسل هوبكروفت، جيرون إنغلز، آنا ميتاكساس، ج. موراي روبرتس، بهافاني إ. نارايانا سوامي، جوشوا ت. توهوموایر (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي)، موریاكي ياسوهارا.

الفصل 7 كاف

غرانت ر. بيج (منظم الاجتماعات)، ماوريتسيو أزارو، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، كارين إيفانز (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، هو غريفيث، موریاكي ياسوهارا.

الفصل 7 لام

مالكولم ر. كلارك (منظم الاجتماعات)، أنجيلو ف. برناردينو، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، جيسون م. هول-سبنسر، ج. موراي روبرتس، بهافاني إ. نارايانا سوامي، بول سنلغروف، جوشوا ت. توهوموایر (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي).

الفصل7 ميم

جيرون إنغلز (منظم الاجتماعات)، ديفا آمون، أنجيلو ف. برناردينو، بونياسلوك بهادوري، هولي بيك، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، مالكولم ر. كلارك، توماس دالغرين، دانيال أ. ب. جونز، كريغ ماكلين، كليفتون نونالي، بول سنلغروف، جوشوا ت. توهوموایر (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي)، موریاكي ياسوهارا.

الفصل 7 نون

بيتر كروت (منظم الاجتماع)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، فرناندا دي أوليفيرا لانا، عثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، جوزيف مونتويا، تريسي ت. ساتون، مايكل فيكيوني، تايمون زيلينسكي (عضو رئيسي مشارك).

الفصل 7 سين

أنا كولساو (منظمة الاجتماعات)، أنجيليكا براندت، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، آنا

هيلاريو، تومو كيتاهاشي، نونو لورينسو، بهافاني إ. نارايانا سوامي، إيمنتس جورج بريدي، جوشوا ت. توهومواير (عضو رئيسي عن الفصل الفرعي)، مايكل فيكيوني، هيرومي واتانابي.

الفصل 7 عين

نادين لو بريس (منظمة الاجتماعات)، هيلكوندا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، سناء شيبة (عضوة رئيسية عن الفصل الفرعي)، آنا كولاسو، إلفا إسكوبار، آنا ميتاكساس، باراسكيفي نوميكو، جوليا سيغوارت، فيرينا تونيكليف، هيرومي واتانابي.

الفصل 7 فاء

هوارد س. ج. رو (منظم الاجتماع)، هيلكوندا كالومبونغ (عضوة رئيسية عن الفصل)، ديفيد فريستون، لورانس كيل، بريان إ. لاكهرست، تشول بارك (عضو رئيسي مشارك)، تامي وارن.

الفصل 8 ألف

ألان سيمكوك (منظم الاجتماعات وعضو رئيسي عن الفصل)، أوستن بيكر، مارسيلو بيرتيلوتي، جوان بونداريف، روبرت بويسن، أنتوني تشارلز، لياندرا غونسالفيس، ميغيل إينيغيس، عثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، بولا كينر، جينا لامبيري، كانداس ماي، أنجليكي ن. منيغاكي، إسماعيل منساه، عصام ياسين محمد (عضو رئيسي مشارك)، تانيا أوغارا، كريستينا بيتا، جان إدموند راندريانانتينا، ماريا صاحب، ريجينا سلفادور، أناستاسيا ستراتي (عضوة رئيسية مشاركة)، جان-كلود تيب، غريغوري فيتراو.

الفصل 8 باء

مايكل مور (منظم الاجتماعات)، مارتن إدواردز، بيلا س. غاليل، عثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، عصام ياسين محمد (عضو رئيسي مشارك)، آلان سيمكوك (عضو رئيسي)، أناستاسيا ستراتي (عضوة رئيسية مشاركة)، ديك فيثاك.

الفصل 9

كارلوس غارسيا-سوتو (منظم الاجتماعات وعضو رئيسي)، دينيس بريتبورغ، مونيكا كامبيلوس، باتريشيا كاستيلو-بريسينو، سناء شيبة (عضوة رئيسية مشاركة)، ماثيو كولينز، غانيكس إسناولا، كارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، لويز ب. فيرث، توماس فروليشر، جيسون م. هول-سبنسر، ديفيد هالبرن، كارين ل. هنتر، غابرييل إيبارا، سونغ-يونغ كيم، روكسي م. كول، كاثلين ماكينيس، جون ساينز، كا ثانه فو (عضوة رئيسية مشاركة)، بيس وارد، تايمون زيلينسكي (عضو رئيسي مشارك).

الفصل 10

توماس مالون (منظم الاجتماعات)، أرشيس أمبولكر، ماريا جواو بيبيانو (عضوة رئيسية مشاركة)، بولا بونتيمبي، مايكل كروم، هاري كوسا، جوزيف مونتويا، أليس نيوتن، يابو أوسي، جواو سركيس يونس، ووكر سميث، لارس سونستين، جورجيوس سيلايوس، جوينغ وانغ (عضو رئيسي)، كيدونغ يين.

الفصل 11

رالف إبينغهاوس (منظم الاجتماعات: المستحضرات الصيدلانية ومنتجات العناية الشخصية)، بيورن إينار غروسفيك (منظم الاجتماعات: المواد الهيدروكربونية)، إيدا-مايا هاسلوف (منظمة الاجتماعات: السفن)، كولين ف. موفات (منظم الاجتماعات: الملوثات العضوية الثابتة)، ألان سيمكوك (منظم الاجتماعات: النشاط الإشعاعي؛ وعضو رئيس مشارك)، لارس سونستن (منظم الاجتماعات: مدخلات الغلاف الجوي)، بيني فلاهوس (منظم الاجتماعات: الفلزات)، إريك ب. أشتربرغ، باباخيدي ألو، روبن آندرسن، كارلوس فرانسيسكو أندرادي، مايكل أنجليديس، ماريا جواو بيبيانو (عضوة رئيسية)، أرسونين بيرا، نيني بي تريس بونيفاس، ميغيل كايتانو، إيزابيل ناتاليا غارسيا أريفالو، كيساو غناندي، هوليو إستيبان غيرا ماسون، جي هون

هونغ، سوك هيون كيم، راينر لومان، كيدا روز نـــينِسمنْ، جاي ريون أوه، بينغ تشاو، مونيكا ستانكيفيتش، جوشوا ت. توهوموايار (عضو رئيسي مشارك)، جوينغ وانغ (عضو رئيسي مشارك)، جوديث وايس.

الفصل 12

فرانسوا غالغاني (منظم اجتماعات: الحطام البحري)، أليكي شتفن-أوبراين (منظم اجتماعات: الإغراق)، آرتشيس أمبولكار، ماوريتسيو أزارو، ماريا جواو بيبيانو (عضوة رئيسية)، أرسونينا بيرا، جوان بونداريف، ألان ديدون، فرناندا دي أوليفيرا لانا، هو غريفيث، بيورن إينار غروسفيك، مارتن هاسلوف، كريستوس ايوكييميديس، جينا جامبيك، أحمد م. كاوزر، بولا كينر، إيرينا ماكارينكو، تشيلسي روشمان، قمر شويلر، بولا سوبرال، كونستانتينوس توبوزيليس، جوشوا ت. توهوموايار (عضو رئيسي مشارك)، ديك فيثاك، كا ثانه فو (عضو رئيسي مشارك)، بيني فلاهوس، جوينغ وانغ (عضو رئيسي مشارك)، جوديث وايس.

الفصل 13

كا ثانه فو (منظم الاجتماعات وعضو رئيسي)، بوليت بينو، ترانغ مينه دونغ، مات إليوت، فرانك هول، سِـــلفين موند، توان لي نوين، روشانكا راناسينغ، ماتيو دي شيبر، جوشوا ت. توهوموايار (عضو رئيسي مشارك).

الفصل 14

كا ثانه فو (منظم الاجتماعات وعضو رئيسي)، ماتشوناوي هوبرت باكاي، سام بنتلي، نيني بي تريس بونيفاس، ليونيل كارتر، كاثرين كريس، روبرت دابا، هوغو ماسون فيالوس، ريجينا فولورونشو، غيورغي فتاديف - برات، آلان سيمكوك (عضو رئيسي مشارك)، أليكس ويليميز.

الفصل 15

بورتر هواغلاند (منظم الاجتماعات)، ميغان بيلي، لينا بيرغستروم، أليدا بندي، فرناندا دي أوليفيرا لانا، كارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، مانويل هيدالغو، أندرو جونسون، ميلينا كورانتيدو، هيكتور لوزانو-مونتيس، إنريكي مارشوف (عضو رئيسي)، عصام ياسين محمد (عضو رئيسي مشارك)، هين أوجافير (عضو رئيسي مشارك)، فرانكلين أورمازا-غونزاليس، إيمنتس جورج بريدي، إيلينيا راندريانيسو (عضوة رئيسية مشاركة)، يورن شميدت (عضو رئيسي مشارك)، زاكاري سوو، بوركو بيلغين توبشو، لين واترهاوس، تشانغ-إيك جانغ.

الفصل 16

روهانا سوباسنغي (منظم الاجتماعات)، بيدرو بارون، مالكوم بيفيريدج، إنريكي مارشوف (عضو رئيسي)، دوريس أوليفا، رينيسون روا (عضو رئيسي مشارك).

الفصل 17

هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية ومنظمة الاجتماعات)، بولا بونتيمبي، آدم هيوز، فرانسيان بيليزاري، إزابيل سوسا بينتو، رينيسون روا (عضو رئيسي مشارك)، يورن شميدت (عضو رئيسي مشارك)، نيمي سولار-باتشو.

الفصل 18

جيمس ر. هاين (منظم اجتماعات مشارك)، بيدرو مادوريرا (منظم اجتماعات مشارك)، ماريا جواو بيبيانو (عضوة رئيسية مشاركة)، آنا كولاسو، جورجيو دي لا توري، باراسكيفي نوميكو، لويس م. بينيرو، ريتشارد روث، براديب سينغ، أناستاسيا ستراتي (عضوة رئيسية مشاركة)، جوشوا ت. توهوموايار (عضو رئيسي).

الفصل 19

أمرديب دانجو (منظم الاجتماعات)، أرسونينا بيرا، هانس بيتر دامْيَن، روبرت دابا، جورجيو دي لا توري، كاكو يبو سيرافيم، ألان سيمكوك (عضو رئيسي مشارك)، جوشوا ت. توهوموايار (عضو رئيسي).

الفصل 20

آنا سيروفيتش (منظمة الاجتماعات)، كارين إيفانز (عضوة رئيسية)، كارلوس غارسيا سوتو (عضو رئيسي مشارك)، جون أ. هيلدبراند، سيرجيو م. خيسوس، جيمس ميلر.

الفصل 21

تاكفور سوكيسيان (منظم الاجتماعات)، جوان بونداريف، فاليري كومينز، أماردیب دانجو، كارلوس غارسيا سوتو (عضو رئيسي مشارك)، لارس غولمن، عثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، جيمي مورفي، إريك موانجي نجوروجي، أناستاسيا ستراتي (عضوة رئيسية)، جورج فوجيوكالاكيس.

الفصل 22

توماس و. تيريو (منظم الاجتماعات)، مارين ل. كامبل، ألان ديدون، بيلا س. غاليل، تشاد ل. هيويت، غرايمي إنغليس، هين أوجافير (عضو رئيسي)، تشول بارك (عضو رئيس مشارك)، بينغ كياو، رينيسون روا (عضو رئيس مشارك)، إيفانجلينا شويند.

الفصل 23

روبرت بلاسياك (منظم اجتماعات مشارك)، إيلين كنشينغتون (منظمة اجتماعات مشاركة)؛ خيسوس م. أرييتا، خورخه رافاييل بيرموديس - مونسالفي، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية مشاركة)، شاو شانغوي، سناء شيبة (عضوة رئيسية)، هيبي ديونيسي، كارلوس غارسيا-سوتو (عضو رئيسي مشارك)، هيلينا فيرا، بوريس واوريك.

الفصل 24

ألان سيمكوك (منظم الاجتماعات وعضو رئيسي)، كارلوس غارسيا-سوتو (عضو رئيسي مشارك)، أنيندا مازومدار، آرون ميكالف، جوزيف مونتويا، كاثرين إ. أ. سيغارا، جوشوا توهوموار (عضو رئيسي)، ليونيد يورغانوف.

الفصل 25

كارين إيفانز (منظمة الاجتماعات وعضوة رئيسية)، رولاند كورمير، بيرس دونستان، وإليزابيث فولتون، عصام ياسين محمد (عضو رئيسي مشارك)، يورن شميدت (عضو رئيسي مشارك)، ألان سيمكوك (عضو رئيسي مشارك)، فانيسا ستيلزنمولر، كا ثانه فو (عضو رئيسي مشارك)، سكيبتون وولي.

الفصل 26

ألان سيمكوك (منظم الاجتماعات وعضو رئيسي)، ياراباس بونيتي، لويس سيليرز، كارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، ليااندرا غونسالفيس، ستيل نافرود، ماركوس بوليت، جوليان رينا، كا ثانه فو (عضو رئيسي مشارك).

الفصل 27

بيرس دونستان (منظم الاجتماعات)، هيلكونيدا كالومبونغ (عضوة رئيسية مشاركة)، لويس سيليرز، فاليري كومينز، آنا كريستينا دي خيسوس، مايكل إليوت، كارين إيفانز (عضوة رئيسية مشاركة)، أنطوني فيرث، فريديريك غيشار، كوينتين هانيش، مانويل هيلداغو، هيكتور مانويل لوزانو-مونتيس، تشاندا ل. ميك، عصام ياسين محمد (عضو رئيسي مشارك)، ماركوس بوليت، جيما بوراندار، أنيتا سميث، أناستاسيا ستراتي (عضوة رئيسية)، كا ثانه فو (عضو رئيسي مشارك).

الفصل 28

لوتشيانو هيرمانس (منظم الاجتماعات)، دينيس وورلنانيو أيتو، آدم بيلجين، روبرت بلاسياك، سيسيل بروجير، كارين إيفانز، أنطوني فيرث، مارينز إيمايل غارسيا شيرير، ديبورا جريفز، عثمان كيه كامارا (عضو رئيسي مشارك)، وينهاي لو، إرينا ماكارينكو، هوان رامون مارتينيس، عصام ياسين محمد (عضو رئيسي)، ستيل نافرود، يورن شميت (عضو رئيسي مشارك)، أنيتا سميث، أناستاسيا ستراتي (عضوة رئيسية مشاركة)، رشيد سميلة، كاترينا أوتكينا، هانس فان تيلبُرغ، فويتشخ فورزنسكي، فلاديمير زولْكُس.

المرفق الثاني
قائمة المراجعين الأقران المعينين لكل فصل

الفصل 3

تشاولن لي، ألكسندر تورا.

الفصل 4

بتريسيو برنال، روبرت واتسُــن.

الفصل 5

جاي هاك لي، برونتي تيلبروك.

الفصل 6 ألف

غوستافو فيريرا، كريستيان م. نارانهو، ماريا تابيا، جورج وِيــيَف.

الفصل 6 باء

وينهيان كاي، توماس ج. دالغرين.

الفصل 6 جيم

ميريام لطيف، جوان مورغَن.

الفصل 6 دال

تريفر برانتش، إدواردو ر. سيكي.

الفصل 6 هاء

ماريا أنجيلا ماركوفالدي، هانغهوي هوانغ، براين والاس.

الفصل 6 واو

مارسيلو بريلوتي، ديفيد تومسون، توماس ويب.

الفصل 6 زاي

آلان كريتشلي، بيتر إدواردز، باولو أنتونيز هورتا.

الفصل 7 ألف

غريغوريو بيغاتي، ريتشل شلواسكي.

الفصل 7 باء

كاتيا باربوسا، أليهاندرو بورتولوس، م. م. معروف حسين، ريتشل شلواسكي.

الفصل 7 جيم

ميغيل إستيبان، جيما بورانداري.

الفصل 7 دال

كاتيا باربوسا، الأمين محمد الأمين عبد الرحمن، ويلفورد شميدت.

الفصل 7 هاء

بيتر أوستر، مارك كوستيلو، نادين لو بريس.

الفصل 7 واو

أوسكار إيريبارن، جواو ماركيس.

الفصل 7 زاي

بيتر إدواردز، بات هاتشينغز.

الفصل 7 حاء

دينيس أهيتو، شون غرين، الأمين محمد الأمين عبد الرحمن.

الفصل 7 طاء

أليهاندرو بورتولوس، ديفيد جونسون.

الفصل 7 ياء

آرُن ميكَليف، بول سنلغروف.

الفصل 7 كاف

روبن آندرسن، توماس ج. دالغرين، راسل تايت.

الفصل 7 لام

كارين ستوكس، تشونشنغ وانغ.

الفصل 7 ميم

جورجيوس كاسانيديس، تومو كيتاهاشي.

الفصل 7 نون

سيلفيا ي. روميرو، يان مارسين وسلاوسكي.

الفصل 7 سين

آنا ميتاكساس، بول سنلغروف.

الفصل 7 عين

سي-جونغ جو، سيندي لي فان دوفر، تشونشنغ وانغ.

الفصل 7 فاء

روبن آندرسن، مايكل فيكيوني.

الفصل 8 ألف

مارني كامبل، فيتور مانويل أوليفيرا فاسكونسيلوس.

الفصل 8 باء

بيتر هاريس، ديفيد لوسو، غرانت موراي، ماركوس بوليت، ماريسول فيريدا، فويتشخ فورزنسكي.

الفصل 9

جاي هاك لي، برونتي تيلبروك.

الفصل 10

نورا مونتويا، سونغ صن، مِتسوُو يوماتسو.

الفصل 11

بيتر ليس، إيزابيل ناتاليا غارسيا أريفالو، فاني ساكيلاريادو، بـْيييَـن صن، أندريا وايس.

الفصل 12

جونغميانغ لي، داودجي لي، كارا ل. لاو، أليساندرو تورا.

الفصل 13

جارباس بونيتي فيهو، جورجيوس سيلايوس، غيرت-جان رايكرت.

الفصل 14

كونستانتينا سكانافيس، جان ماري بوبي بوبي لابوونغ.

الفصل 15

سكجون يَـنغ، كريستينا بيتا، رشيد سميلة.

الفصل 16

بتريسيو برنال، ليونيل دابادي.

الفصل 17

آلان كريتشلي، هوانغ هانغهوي.

الفصل 18

إلين بيكر، هانس بيتر-دامْـَين، تشونشنغ وانغ.

الفصل 19

بيتر هاريس، مارك شريمبتن.

الفصل 20

دانيال كوستا، بروس هاو، إيزابيل ناتاليا غارسيا أريفالو.

الفصل 21

كريغ ستيفنز، يوجين روسا.

الفصل 22

أليهاندرو بورتولوس، سينثيا ماكنزي.

الفصل 23

إلفا إسكوبار، كينيث هالانيتش، غابرييل هوينسود سينيابتو.

الفصل 24

لويس بينهيرو، كارولين رابيل.

الفصل 25

كين أنتوني، ناتالي بان، بنجامين هالبرن.

الفصل 26

تشاندا ميك، كاترينا أوتكينا.

الفصل 27

ناتالي بان، ميتي سكيرن-موريتزن.

الفصل 28

دولوريس إلكين، فينيسيوس هالمنشليجر، تشال-أوه شين، ريجينا سلفادور، مريان فان دن بيلت.