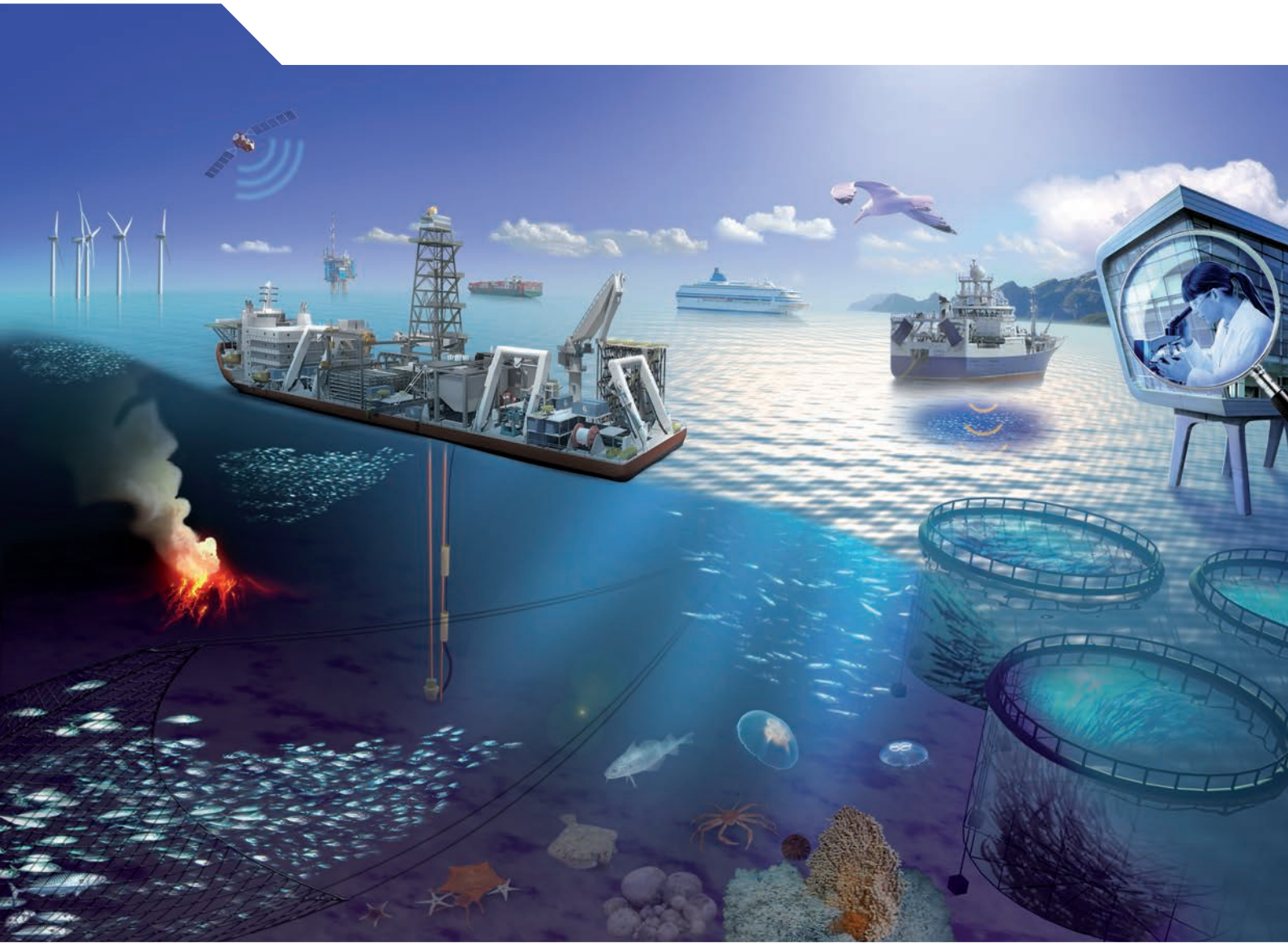
L'économie de la mer en 2030



OCDE

L'économie de la mer en 2030

OCDE
DES POLITIQUES MEILLEURES
POUR UNE VIE MEILLEURE

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :
OCDE (2017), *L'économie de la mer en 2030*, Éditions OCDE, Paris.
http://dx.doi.org/10.1787/9789264275928-fr

ISBN 978-92-64-27591-1 (imprimé)
ISBN 978-92-64-27592-8 (PDF)

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Crédits photo : Couverture © MareLife, réalisée par Arild Saeter

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : *www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm*.

© OCDE 2017

La copie, le téléchargement ou l'impression du contenu OCDE pour une utilisation personnelle sont autorisés. Il est possible d'inclure des extraits de publications, de bases de données et de produits multimédia de l'OCDE dans des documents, présentations, blogs, sites internet et matériel pédagogique, sous réserve de faire mention de la source et du copyright. Toute demande en vue d'un usage public ou commercial ou concernant les droits de traduction devra être adressée à *rights@oecd.org*. Toute demande d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales devra être soumise au Copyright Clearance Center (CCC), *info@copyright.com*, ou au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), *contact@cfcopies.com*.

Avant-propos

L'économie de la mer est essentielle à la prospérité et au bien-être futurs de l'humanité. Elle joue un rôle primordial comme source d'aliments, d'énergie et de minéraux ainsi que dans la santé et les loisirs ou dans les transports, et des centaines de millions de personnes en dépendent. Or, l'industrie maritime est entrée dans une période de profonde transformation. Longtemps considérée comme le domaine naturel du transport maritime, de la pêche et – depuis les années 60 – de l'extraction pétrolière et gazière en mer, elle se trouve aujourd'hui redessinée et diversifiée par l'émergence de nouvelles activités.

La nouvelle « économie de la mer » est déterminée par l'action combinée de la croissance démographique, de la hausse des revenus, de la raréfaction des ressources naturelles, des mesures prises pour faire face au changement climatique et des innovations technologiques. Les secteurs maritimes traditionnels continuent d'innover à un rythme rapide, mais ce sont les activités émergentes qui focalisent l'intérêt : éolien en mer, énergies marémotrice et houlomotrice ; exploration et exploitation pétrolières et gazières en eaux très profondes et dans des milieux particulièrement hostiles ; aquaculture marine ; exploitation minière des fonds marins ; tourisme de croisière ; surveillance maritime et biotechnologie marine. Les perspectives à long terme que ces secteurs ouvrent en matière d'innovation, de création d'emplois et de croissance économique sont impressionnantes.

Cela étant, l'activité économique liée à la mer se caractérise aussi par une diversité complexe de risques qu'il faut prendre en compte et dont les tout premiers sont ceux qui touchent à la santé de la mer, menacée par la surexploitation des ressources marines, la pollution, l'élévation de la température et du niveau des eaux, leur acidification et la perte de biodiversité. Une exploitation non durable de la mer et de ses ressources met en péril la base même sur laquelle repose une grande partie de la prospérité et du bien-être du monde. Aussi la réalisation du plein potentiel de l'économie de la mer exigera-t-elle l'adoption de stratégies propres à assurer un développement économique maritime qui soit responsable et durable.

Cela peut sembler surprenant si l'on considère son rôle primordial, mais ce n'est que récemment que l'économie de la mer a commencé à susciter l'intérêt et à gagner en importance dans les priorités des programmes d'action internationaux.

De nombreuses organisations internationales s'emploient à relever les défis que présente l'exploitation durable de la mer. L'OCDE, bien que ses travaux sur les politiques internationales l'aient conduite jusqu'ici à étudier différents aspects des questions maritimes, tels que la pêche, la construction navale et la biodiversité et la biotechnologie marines, ne s'était jamais intéressée plus largement aux activités économiques tournées vers la mer. Ce rapport est sa première tentative pour aborder la mer sous l'angle économique, l'objectif étant d'étudier sous quelle forme l'Organisation pourrait, à l'avenir, apporter son soutien aux initiatives nationales et internationales qui visent à engager l'économie de la mer sur la voie d'un développement plus durable.

Le projet de trois ans sur lequel repose le présent rapport est né d'une étude exploratoire et prospective menée en 2011 par le Programme international de l'OCDE sur l'avenir (IFP), lequel fait désormais partie de la Direction de la science, de la technologie et de l'industrie (DSTI). La mission exploratoire était financée par une contribution volontaire du Korean Maritime Institute. Ses résultats ont été présentés et débattus lors d'un colloque spécialement organisé durant EXPO 2012, à Yeosu (Corée), puis ont été intégrés dans la déclaration de Yeosu sur la vie océanique et littorale (voir http://eng.expo2012.kr/is/ps/unitybbs/bbs/selectBbsDetail.html?ispsBbsId=BBS001&ispsNttId=0000060031).

Le projet intitulé « Perspectives d'une économie des océans à l'horizon 2030 » visait à étudier les perspectives de croissance d'une économie de la mer ainsi que le potentiel de création d'emplois et d'innovation qu'elle pourrait offrir. Il était conçu comme une étude de prospective intersectorielle et interdisciplinaire. Les nouveaux secteurs d'activité liés à la mer ont été spécialement scrutés en raison de leur capacité particulièrement élevée à générer de la croissance et de l'innovation et à contribuer à relever les défis mondiaux que sont la sécurité énergétique, l'environnement, le changement climatique et la sécurité alimentaire, entre autres. Le présent rapport examine donc les risques et les incertitudes qui entourent le développement futur des activités liées à la mer, les innovations scientifiques et technologiques nécessaires pour soutenir leur avancée, les effets de ces activités sur l'environnement, leur contribution potentielle à la croissance verte et leurs externalités négatives, et quelques-unes des implications pour la planification et de la réglementation. Enfin, considérant la future économie de la mer dans son ensemble, ce rapport étudie les moyens d'action possibles pour élargir les perspectives de développement à long terme de cette économie tout en veillant à une gestion responsable et pérenne de la mer.

Le projet a été mené en étroite collaboration avec d'autres secteurs de l'OCDE, notamment la Direction de l'environnement, la Direction des échanges et de l'agriculture, le Département des affaires économiques, le Centre pour l'entrepreneuriat, les PME et le développement local, le Forum international des transports et l'Agence internationale de l'énergie, et avec des spécialistes de la construction navale et de la biotechnologie rattachés à la Direction de la science, de la technologie et de l'industrie. L'équipe de projet a collaboré en outre avec plus de 200 spécialistes externes (voir l'annexe A).

L'approche intersectorielle de l'économie de la mer repose sur une série de dix ateliers, accueillis et financés en grande partie par des États et des organisations participant au projet, et visant à approfondir des domaines spécialisés. La plupart ont porté sur un secteur spécifique. Les domaines couverts étaient l'éolien en mer, les énergies renouvelables d'origine marine, l'exploitation pétrolière et gazière en eaux profondes, l'aquaculture marine, l'extraction minière en eaux profondes, la sécurité et la surveillance maritimes, le tourisme maritime, la biotechnologie marine et la planification de l'espace maritime, ainsi que l'élaboration de scénarios intéressant l'économie de la mer. Huit de ces ateliers ont produit des documents de travail qui sont publiés avec le présent volume (pour plus de détails, voir l'annexe B).

Le projet a bénéficié de contributions volontaires, financières et en nature, de la part d'un grand nombre de ministères et d'organismes publics, d'entreprises, d'établissements de recherche, de fondations et d'organisations non gouvernementales internationales, qui ont constitué le Groupe de pilotage du projet. Les contributeurs sont répertoriés à l'annexe A. Qu'ils soient chaleureusement remerciés pour leur aide.

Barrie Stevens a dirigé le projet et présidé les réunions du Groupe consultatif du projet ; il est le principal auteur du présent rapport. Torgeir Edvardsen était responsable de la gestion du projet et a co-présidé les ateliers. Anita Gibson a apporté un soutien technique et logistique au projet, aux réunions du groupe consultatif et aux ateliers. Anna-Sophie Liebender a dirigé les travaux de modélisation économique sur les activités maritimes ainsi que les projections relatives à l'économie de la mer, et a contribué à plusieurs chapitres. JongJune Lee et Daniel Mittendorf ont largement participé aux travaux de modélisation. Monique Biady, Mary-Ann Pham, Hayley Ericksen et Andrew Pham ont effectué un précieux travail de recherche aux premiers stades du projet. Jennifer Allain a préparé le rapport en vue de sa publication.

Les auteurs sont particulièrement reconnaissants à Petyo Bonev (École nationale supérieure des mines de Paris) pour le travail préparatoire effectué et pour ses conseils sur la modélisation ; à Carl-Christian Schmidt (ancien chef de la Division des politiques des pêcheries à la Direction des échanges et de l'agriculture de l'OCDE) pour son soutien constant aux premiers stades du projet et pour son analyse critique détaillée du projet de rapport général ; et à Jan-Stefan Fritz (Université de Brême) pour ses observations précieuses et son aide dans la rédaction des chapitres clés. Ils remercient également Andrew Wyckoff, Dirk Pilat et Dominique Guellec pour leurs commentaires constructifs sur les différents projets de rapport.

Les chapitres 1, 2, 4, 5, 7 et 9 du rapport ont été rédigés par Barrie Stevens ; Anna-Sophie Liebender a rédigé la première version des chapitres 3, 6 et 8. Compte tenu du vaste champ couvert par le rapport et de la nature pluridisciplinaire de celui-ci, plusieurs passes de révision ont été nécessaires. Premièrement, les membres du Groupe de pilotage du projet, avec l'aide de leurs collègues dans leurs organisations respectives, ont lu et commenté plusieurs versions préliminaires de tous les chapitres. Deuxièmement, lorsque les compétences spécialisées requises étaient disponibles en interne, les projets de chapitre ont été révisés par des experts de l'OCDE. Troisièmement, à titre complémentaire, des brouillons de plusieurs chapitres ont été révisés par des experts d'établissements et d'organismes spécialisés non représentés dans le Groupe de pilotage, comme l'Ifremer et l'Agence française de développement, entre autres. Le chapitre 3 sur le milieu marin a bénéficié en particulier des commentaires d'experts attachés à la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO et de chercheurs de l'Université de Rostock, en Allemagne.

L'équipe de projet voudrait remercier tous ses collègues de l'OCDE (voir l'annexe A) qui lui ont apporté une aide et des conseils précieux sur les travaux statistiques et de modélisation.

Table des matières

Sigles et abréviations **13**

Résumé **17**

Chapitre 1. **Vue d'ensemble de l'économie de la mer : Évaluations et recommandations** **21**

Présentation de l'économie de la mer 22
L'économie de la mer en 2030 35
Recommandations : Un programme de coopération internationale pour une économie de la mer viable à long terme 41
Annexe 1.A1. Contours des secteurs d'activité liés à la mer 53
Annexe 1.A2. Mesurer la valeur des écosystèmes marins 56
Notes 58
Références 59

Partie I. Tendances mondiales et facteurs macroéconomiques influant sur l'économie de la mer ... **63**

Chapitre 2. **Tendances mondiales et incertitudes à l'horizon 2030-60** **65**

Une population mondiale qui continue de croître, de s'urbaniser et de vieillir 66
Des interactions entre climat et mer 69
Économie mondiale : Ralentissement de la croissance, recentrage géographique et montée en puissance de la classe moyenne 71
Énergie : Des sources fossiles toujours prédominantes, mais un paysage énergétique en transformation 74
Métaux et minéraux : Des pressions permanentes sur l'offre 77
Disponibilités alimentaires mondiales : Persistance des pressions et des incertitudes 79
Évaluations technologiques 82
Évolutions géopolitiques : Un monde multipolaire en perpétuel changement 84
Conclusions 86
Références 87

Chapitre 3. **Évolution probable du milieu marin : Incidences sur l'économie de la mer** **91**

Introduction 92
Température et niveau de la mer 93
Acidification 97
La mer comme mécanisme de régulation de la concentration en oxygène 101
Courants et circulation océaniques 104
La mer et le cycle hydrologique 107
Pêche non durable 109
Pollution 111
Conclusion 115
Notes 117
Références 118

Partie II. Facteurs critiques influant sur les secteurs d'activité émergents liés à la mer 135

***Chapitre 4.* Science, technologie et innovation dans l'économie de la mer de demain 137**

Science : Des connaissances pour l'économie de la mer 139
Évolutions technologiques progressives dans l'économie de la mer 141
Innovations majeures et innovations de rupture combinant plusieurs technologies 146
L'innovation au service d'une économie de la mer durable 153
Conclusions 162
Notes 162
Annexe 4.A1. Projets de plateforme polyvalente de l'UE 163
Références 165

***Chapitre 5.* Réglementation maritime internationale et secteurs émergents liés à la mer 169**

Protection de la biodiversité marine 171
Pollution (air et mer) 175
Sécurité maritime 180
Conclusions 183
Notes 184
Références 185

***Chapitre 6.* Mesure de la contribution économique mondiale des secteurs d'activité liés à la mer 187**

Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer 188
Sources et données utilisées 189
Conclusions 201
Notes 202
Annexe 6.A1. Estimation de la valeur courante 203
Références 206

Partie III. L'avenir de l'économie de la mer : Perspectives et projections 211

***Chapitre 7.* Perspectives de croissance, enjeux et incertitudes dans différents secteurs d'activité liés à la mer 213**

Secteurs présentant des perspectives de croissance modeste de l'activité et de l'emploi 214
Secteurs présentant des perspectives de croissance élevée de l'activité et de l'emploi à long terme 217
Secteurs présentant un net potentiel à long terme, mais dont l'exploitation à l'échelle commerciale prendra quelque temps encore 222
Observations finales 227
Références 228

***Chapitre 8.* Les secteurs maritimes à l'horizon 2030 ..... 231**

Scénario de maintien du statu quo 232
Résumé des résultats 233
Valeur ajoutée et emploi de l'économie de la mer à l'horizon 2030 233
Valeur ajoutée et emploi propres à certains secteurs en 2030 234
Secteurs d'activité liés à la mer à l'horizon 2030 dans deux autres scénarios 241
Observations finales 243
Notes 244
Annexe 8.A1. Méthode employée dans le scénario de maintien du statu quo 245
Références 247

Chapitre 9. **Vers une gestion intégrée de la mer 249**
Évolution du paysage géopolitique et gouvernance de la haute mer 250
Gouvernance des zones économiques exclusives 253
Voies d'action pour une gestion de la mer plus efficace 256
Conclusions 271
Références 272
Annexe A. **Remerciements 277**
Annexe B. **Ateliers 283**

Tableaux

Tableau 1.1. Secteurs d'activité liés à la mer, établis et émergents 28
Tableau 1.2. Vue d'ensemble des taux de croissance estimés de la valeur ajoutée et de l'emploi, par secteur, entre 2010 et 2030 38
Tableau 1.A2.1. Services écosystémiques marins et côtiers 56
Tableau 5.1. Incidence de la législation sur les différentes phases de mise en valeur des énergies renouvelables en mer 174
Tableau 6.A1.1. Sélection d'estimations de la valeur des secteurs d'activité liés à la mer, par pays, par région et dans le monde 205
Tableau 8.1. Vue d'ensemble des taux de croissance estimés de la valeur ajoutée et de l'emploi, par secteur, entre 2010 et 2030 233
Tableau 9.1. Instruments économiques de la gestion de la mer 259

Graphiques

Graphique 1.1. Concept d'économie de la mer 27
Graphique 1.2. Valeur ajoutée des secteurs d'activité liés à la mer en 2010, par secteur 29
Graphique 1.3. Emploi des secteurs d'activité liés à la mer en 2010, par secteur 30
Graphique 1.4. Croissance des échanges mondiaux par voie maritime, 1970-2035 31
Graphique 1.5. Vers le navire autonome de l'avenir 35
Graphique 1.6. Valeur ajoutée de l'économie de la mer en 2030 dans le scénario de maintien du statu quo 36
Graphique 2.1. Scénarios d'évolution démographique à l'horizon 2050 (en centaines de milliers) 68
Graphique 2.2. La croissance mondiale du PIB devrait ralentir au cours des 50 prochaines années (moyenne annuelle, PPA constantes de 2005) 72
Graphique 2.3. Commerce maritime mondial des principaux pondéreux, 1970-2035 79
Graphique 2.4. Pêche aux niveaux trophiques inférieurs pour une production de protéines plus efficiente 81
Graphique 3.1. Profils des émissions de gaz à effet de serre atmosphériques, projections pour la période 2000-2100 94
Graphique 3.2. Courants océaniques mondiaux du système de circulation thermohaline 105
Graphique 3.3. Évolution de la situation des stocks de poissons marins à l'échelle mondiale, 1974-2011 (en pourcentage) 110
Graphique 4.1. Système de prise de décision dans la période propice pour la gestion des interventions consécutives à un déversement d'hydrocarbures 151
Graphique 4.2. Interactions potentielles de l'éolien en mer avec d'autres utilisateurs du milieu marin 154

Graphique 4.3. Processus de la plateforme polyvalente H2OCEAN 159
Graphique 5.1. Évolution de la répartition des carburants, tous types de navires confondus, 2010-30 (en pourcentage) 177
Graphique 6.1. Valeur ajoutée des secteurs d'activité liés à la mer par secteur, en 2010 191
Graphique 6.2. Emploi des secteurs d'activité liés à la mer par secteur, en 2010 192
Graphique 6.3. Valeur ajoutée de la construction et de la réparation navales, par région, en 2010 194
Graphique 6.4. Emploi dans le secteur de la construction et de la réparation navales, par région, en 2010 194
Graphique 6.5. Valeur ajoutée des équipements maritimes, par région, en 2010 195
Graphique 6.6. Valeur ajoutée directe du volume d'activité portuaire mondiale, par région, en 2009 195
Graphique 6.7. Valeur ajoutée du tourisme maritime et côtier, par région, en 2010 196
Graphique 6.8. Valeur ajoutée de la pêche industrielle, par région, en 2010 197
Graphique 6.9. Valeur ajoutée de l'aquaculture marine industrielle, par région, en 2010 198
Graphique 6.10. Valeur ajoutée de la transformation des produits de la pêche, par région, en 2010 199
Graphique 6.11. Valeur ajoutée de l'exploitation de pétrole et de gaz en mer, par région, en 2010 200
Graphique 6.12. Valeur ajoutée de la production de l'éolien en mer, par région, en 2010 200
Graphique 7.1. Production mondiale halieutique : Données et projections, 1984-2030 215
Graphique 7.2. Projection du commerce maritime, 1985-2040 (en millions de tonnes) 217
Graphique 7.3. Construction navale : Navires construits (1995-2014) et besoins à venir (2015-35) 219
Graphique 7.4. Croissance anticipée du tourisme de croisière mondial à l'horizon 2035 221
Graphique 7.5. Plages de profondeurs des activités minières possibles dans l'avenir et juridictions compétentes sur les grands fonds 226
Graphique 8.1. Valeur ajoutée de l'économie de la mer en 2030 dans le scénario de maintien du statu quo 234
Graphique 8.2. Vue d'ensemble de la valeur ajoutée propre à différents secteurs, en 2010 et en 2030 235
Graphique 8.3. Comparaison de l'emploi direct dans l'économie de la mer en 2010 et en 2030 235
Graphique 8.4. Valeur ajoutée de la pêche industrielle en 2030, par région, dans le scénario de maintien du statu quo 238
Graphique 8.5. Valeur ajoutée de l'aquaculture marine en 2030, par région, dans le scénario de maintien du statu quo 239
Graphique 8.6. Répartition de la valeur ajoutée de l'éolien en mer en 2030 241
Graphique 8.7. Valeur ajoutée de l'économie de la mer selon différents scénarios 242

Encadrés

Encadré 1.1. En quoi l'économie de la mer diffère-t-elle d'une économie « terrestre » ? 23
Encadré 5.1. Lacunes dans la réglementation maritime internationale 171
Encadré 9.1. Évolutions des technologies satellitaires susceptibles d'entraîner une rupture et d'influer sur la gestion de la mer 269

Suivez les publications de l'OCDE sur :




http://twitter.com/OECD_Pubs


http://www.facebook.com/OECDPublications


http://www.linkedin.com/groups/OECD-Publications-4645871


http://www.youtube.com/oecdilibrary


http://www.oecd.org/oecddirect/

Ce livre contient des...

StatLinks
Accédez aux fichiers Excel® à partir des livres imprimés !

En bas des tableaux ou graphiques de cet ouvrage, vous trouverez des *StatLinks*. Pour télécharger le fichier Excel® correspondant, il vous suffit de retranscrire dans votre navigateur Internet le lien commençant par : *http://dx.doi.org*, ou de cliquer sur le lien depuis la version PDF de l'ouvrage.

Sigles et abréviations

ABNJ	Zone ne relevant d'aucune juridiction nationale *Area beyond national jurisdiction*
AIE	Agence internationale de l'énergie
AIFM	Autorité internationale des fonds marins
AIS	Système d'identification automatique
AMP	Aire marine protégée
ANN	Réseau neuronal artificiel
API	Interfaces de programmation d'applications *Application programme interface*
ASV	Véhicule autonome ou semi-autonome de surface
AUV	Véhicule autonome sous-marin
BRIICS	Brésil, Fédération de Russie, Inde, Indonésie, Chine et Afrique du Sud
CCHT	Courant continu haute tension
CCZ	Zone de Clarion-Clipperton
CDB	Convention sur la diversité biologique
CETO	Conversion de l'énergie thermique des océans
CITI	Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique
CO_2	Dioxyde de carbone
ECDIS	Système de visualisation des cartes électroniques et d'information *Electronic Chart Display and Information System*
EES	Évaluation environnementale stratégique
EIE	Étude d'impact sur l'environnement
EWEA	Association européenne de l'énergie éolienne *European Wind Energy Association*
FIT	Forum international des transports
FPSE	Unité flottante de production, de stockage et d'expédition
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIZC	Gestion intégrée des zones côtières

GNL	Gaz naturel liquéfié
GNSS	Géolocalisation et navigation par un système de satellites
GOC	Global Ocean Commission
INN	Illicite, non déclarée et non réglementée (pêche)
MFP	Productivité globale des facteurs
MRE	Énergie renouvelable d'origine marine
MSP	Planification de l'espace maritime
NOAA	Administration océanique et atmosphérique nationale *National Oceanic and Atmospheric Administration*
NSR	Voie maritime du Nord
OIT	Organisation internationale du Travail
OMI	Organisation maritime internationale
OMS	Organisation mondiale de la Santé
ONG	Organisation non gouvernementale
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
OPEP	Organisation des pays exportateurs de pétrole
ORGP	Organisation régionale de gestion des pêches
OSV	Navire avitailleur
PIB	Produit intérieur brut
PME	Petites et moyennes entreprises
ppm	Parties par million
PSSA	Zone maritime particulièrement vulnérable
R-DD	Recherche, développement et démonstration
REE	Éléments de terres rares
ROV	Engin sous-marin télécommandé
RSM	Recherche scientifique marine
SCN	Système de comptabilité nationale
SIP	Plan de mise en œuvre de la stratégie
SMOO	Système mondial d'observation de l'océan
SMS	Amas sulfurés des fonds marins
SSN	Système de surveillance des navires
S-T	Science et technologie
STM	Service de trafic maritime
TEEB	L'Économie des écosystèmes et de la biodiversité *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*

TIC	Technologies de l'information et de la communication
UAV	Véhicule aérien sans pilote *Unmanned airborne vehicle*
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources
UNCLOS	Convention des Nations Unies sur le droit de la mer
UNSNA	Système de comptabilité nationale des Nations Unies
VAB	Valeur ajoutée brute
ZCE	Zone de contrôle des émissions
ZEE	Zone économique exclusive

Résumé

Beaucoup voient la mer comme la nouvelle frontière économique. La mer recèle en effet des ressources naturelles d'une immense richesse ainsi qu'un fort potentiel pour la croissance, l'emploi et l'innovation. Il est par ailleurs de plus en plus certain qu'elle aura une importance cruciale face à bon nombre des défis auxquels le monde se verra confronté dans les décennies à venir, de la sécurité alimentaire et du changement climatique à la production d'énergie en passant par l'approvisionnement en ressources naturelles, sans oublier les progrès de la médecine. Cependant, si elle est susceptible d'être d'une aide considérable lorsqu'il s'agira de relever ces défis, la mer se trouve d'ores et déjà soumise à de fortes tensions résultant de la surexploitation de ses ressources, de la pollution, du recul de la biodiversité et du changement climatique. La réalisation de son plein potentiel exigera par conséquent l'adoption de stratégies propres à assurer un développement économique maritime qui soit responsable et durable.

L'économie de la mer s'entend, comme son nom l'indique, des secteurs d'activité ayant un lien avec la mer (transport maritime, pêche, éolien en mer, biotechnologies marines) mais aussi des actifs naturels et des services écosystémiques que l'on doit à celle-ci (ressources halieutiques, voies de navigation, absorption de CO_2, entre autres). Les deux éléments étant intimement liés, le présent rapport traitera de nombreux aspects des services et de la gestion écosystémiques, considérés à travers le prisme des activités en rapport avec la mer.

À en juger par la contribution de ses secteurs d'activité aux résultats économiques et à l'emploi, l'économie de la mer a un poids non négligeable au niveau mondial. D'après les premiers calculs réalisés à partir de la *Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer*, il est possible, sans s'avancer nullement, d'établir cette contribution à 1 500 milliards USD pour l'année 2010, soit approximativement 2.5 % de la valeur ajoutée brute (VAB) mondiale. L'exploitation de pétrole et de gaz en mer représente à elle seule un tiers de la valeur ajoutée créée par les activités liées à la mer ; viennent ensuite le tourisme maritime et côtier, les équipements maritimes et les activités portuaires. Toujours en 2010, le nombre d'emplois directs à temps plein portés par l'économie de la mer avoisinait quant à lui les 31 millions, les principaux employeurs étant le secteur de la pêche industrielle, pour plus d'un tiers du total, et celui du tourisme maritime et côtier, pour pratiquement un quart.

Les activités économiques tournées vers la mer connaissent une expansion rapide, déterminée avant tout par les changements à l'œuvre à l'échelle mondiale en ce qui concerne la démographie, la croissance économique, les échanges et la progression des revenus, le climat et l'environnement ainsi que la technologie. À l'heure actuelle, la dégradation des milieux marins pèse toutefois lourdement sur leur développement. Les émissions anthropiques de carbone s'étant accrues au fil du temps, la mer en a absorbé une bonne partie, ce qui est à l'origine de son acidification. À cela s'ajoutent l'élévation de la température et du niveau de ses eaux ainsi que la modification des courants marins, qui sont la cause d'un recul de la biodiversité et de disparitions d'habitats, de modifications affectant la composition des réserves halieutiques et les habitudes

migratoires des poissons, et, dans le domaine de la météorologie, d'une augmentation de la fréquence des phénomènes océaniques extrêmes. L'avenir du développement maritime est assombri encore par la pollution due aux activités terrestres, et en particulier par les ruissellements d'origine agricole, les produits chimiques, les plastiques et les microplastiques que les rivières drainent jusqu'à leur embouchure, ainsi que par la surpêche et l'épuisement des stocks de poisson en maints endroits du globe.

À l'horizon 2030, de nombreux secteurs d'activité liés à la mer pourraient bien afficher une croissance supérieure à celle de l'économie mondiale prise dans son ensemble, que ce soit en termes de valeur ajoutée ou en termes d'emploi. Les projections indiquent en effet qu'entre 2010 et 2030, à supposer que les évolutions actuelles se poursuivent, l'économie de la mer pourrait largement doubler sa contribution à la valeur ajoutée mondiale et franchir la barre des 3 000 milliards USD. Une croissance particulièrement forte est attendue en ce qui concerne l'aquaculture marine, l'éolien en mer, les activités de transformation du poisson, ainsi que pour la construction et la réparation navales. Les secteurs d'activité liés à la mer promettent également d'apporter une contribution notable à la création d'emplois puisque l'on estime qu'en 2030, ils représenteront approximativement 40 millions d'emplois en équivalent temps plein, toujours dans le cadre d'un scénario au fil de l'eau. La progression la plus soutenue à cet égard est attendue de l'éolien en mer, de l'aquaculture marine, du secteur de la transformation du poisson et des activités portuaires.

Pour les décennies à venir, on fonde de grands espoirs sur les progrès de la science et de la technologie, aussi bien pour trouver le remède à bon nombre des menaces touchant les milieux marins dont il a été question plus haut que pour contribuer au développement des activités économiques liées à la mer. Les innovations dans les domaines des matériaux avancés, de l'ingénierie et de la technologie sous-marines, des capteurs et de l'imagerie, des technologies satellites, de l'informatisation et de l'analytique de données massives, des systèmes autonomes, des biotechnologies et des nanotechnologies auront une incidence sur tous les secteurs de l'économie de la mer.

Dans un tel contexte en mutation rapide, il sera bien difficile pour la réglementation et la gouvernance d'évoluer à un rythme comparable. Le monde devient de plus en plus multipolaire et, quand bien même la COP21 a marqué récemment un tournant, il s'avère toujours plus ardu de réunir un consensus international sur des questions d'envergure mondiale ou régionale qui sont lourdes d'enjeux pour le milieu marin et les activités liées à la mer. Pour autant qu'on puisse prévoir, la réglementation de ces activités devrait conserver pour l'essentiel un caractère sectoriel puisqu'elle tendra avant tout à intégrer les secteurs d'activité émergents dans des cadres existants et distincts.

Une croissance future des secteurs d'activité liés à la mer de l'ordre de celle décrite dans le présent rapport laisse présager une accentuation des pressions exercées sur des ressources marines et des espaces maritimes déjà soumis à d'intenses contraintes, à commercer par les zones économiques exclusives (ZEE), qui concentrent l'essentiel de l'activité. Il n'a encore jamais été possible d'opposer à ces contraintes une action efficace et rapide, ce qui s'expliquerait en grande partie par le fait que la gestion des activités marines obéit depuis toujours à une approche sectorielle. Cependant, on a vu ces dernières années augmenter de façon significative le nombre de pays et de régions ayant mis en place des cadres stratégiques censés leur permettre de mieux gérer l'espace maritime compris dans leur ZEE. Malgré cela, bien des obstacles continuent de s'opposer à une gestion des mers intégrées et efficace qui demanderont à être levés dans un proche avenir.

Afin d'élargir les perspectives de développement à long terme des nouveaux secteurs d'activité liés à la mer et d'en intensifier la contribution à la croissance et à l'emploi tout en veillant à une gestion responsable et pérenne de la mer, différentes recommandations visant à favoriser le développement durable de l'économie de la mer sont mises en avant dans le présent rapport.

- ***Favoriser la coopération internationale dans les domaines des sciences et technologies maritimes en tant que moyen de stimuler l'innovation et d'engager l'économie de la mer plus avant sur la voie du développement durable.*** Cela suppose, entre autres, d'entreprendre des analyses et des examens comparatifs portant sur l'influence que la politique publique exerce sur les clusters maritimes de par le monde, notamment au regard de l'efficacité avec laquelle ces derniers suscitent et encouragent des innovations technologiques intersectorielles intéressant le domaine maritime ; de mettre en place des réseaux internationaux pour le partage d'idées et de données d'expérience au sujet de la création de centres d'excellence, d'incubateurs et d'autres structures dédiées à l'innovation dans le champ des technologies maritimes intersectorielles ; et de renforcer la diffusion des technologies et de l'innovation entre pays à différents stades de développement.
- ***Renforcer la gestion intégrée des mers.*** Cela suppose en particulier de s'appuyer davantage sur les analyses et outils économiques disponibles, à travers par exemple la mise en place de plateformes internationales d'échange de connaissances, de données d'expériences et de bonnes pratiques et l'accentuation des efforts visant à apprécier l'efficacité économique des investissements publics consacrés à la recherche et à l'observation marines. Il conviendrait également de s'employer à promouvoir l'innovation, tant dans les structures et processus de gouvernance que dans l'engagement des parties prenantes, afin que la gestion intégrée des mers soit rendue plus efficace, efficience et inclusive.
- ***Consolider les bases statistiques et méthodologiques nationales et internationales servant à apprécier la taille et la performance des secteurs d'activité liés à la mer et leur contribution à l'économie globale.*** Ce volet pourrait comprendre, entre autres activités, le développement de la *Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer*.
- ***Étoffer les capacités de prospective du secteur maritime***, avec notamment l'évaluation des changements à venir dans les secteurs d'activité liés à la mer et le renforcement des moyens dont l'OCDE dispose actuellement pour modéliser les tendances qui se dessineront demain pour l'économie de la mer à l'échelle mondiale.

Chapitre 1.

Vue d'ensemble de l'économie de la mer : Évaluations et recommandations

Ce chapitre résume les constatations essentielles du rapport et propose un ensemble de recommandations destinées à renforcer la coopération internationale dans le domaine de la gestion et du développement durables de l'économie de la mer du futur. Il donne une définition de travail de cette économie, laquelle ne se limite pas aux secteurs d'activité ayant un lien avec la mer, mais comprend aussi les actifs naturels et les services écosystémiques que ce milieu procure. Centré sur les secteurs d'activité maritimes, ce chapitre reprend dans les grandes lignes les constatations de la Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer et présente brièvement les estimations de la valeur ajoutée et des emplois que cette économie génère à l'échelle mondiale. Il se tourne ensuite vers l'avenir pour décrire les principales forces motrices de l'économie de la mer et estimer, toujours à l'échelle mondiale, la valeur ajoutée et l'emploi que cette économie produira à l'horizon 2030. Les résultats semblent indiquer une croissance rapide de la plupart des secteurs maritimes dans les quelque 20 ans à venir, ce qui accentuera la pression sur le milieu marin et ses ressources, et présentera de sérieux défis de gestion. Le chapitre conclut en proposant aux pouvoirs publics, aux entreprises et aux milieux de la recherche un ensemble de recommandations susceptibles de renforcer notablement la gestion durable des mers.

Il est de plus en plus certain que la mer et ses ressources auront une importance cruciale pour nous permettre de relever les multiples défis auxquels la planète fait face pour les décennies à venir. D'ici au milieu du siècle, il faudra disposer de suffisamment de denrées alimentaires, d'emplois, d'énergie, de matières premières et de croissance économique pour répondre aux besoins d'une population qui devrait compter entre neuf 9 et 10 milliards d'individus. La contribution de la mer aux solutions qui s'imposent est potentiellement immense, mais sa pleine exploitation nécessitera une expansion considérable d'un grand nombre de secteurs économiques maritimes, ce qui constitue une gageure car les milieux marins subissent déjà de fortes tensions du fait de la surexploitation, de la pollution, du recul de la biodiversité et du changement climatique. La réalisation du plein potentiel de la mer passe donc par une approche responsable et durable du développement économique maritime.

Présentation de l'économie de la mer

Dans le présent rapport sur le développement économique de la mer, nous avons centré notre étude sur l'évolution future des activités et des secteurs liés à la mer, nouveaux ou établis. De manière générale, les activités établies comprennent le transport maritime, la construction navale et l'équipement maritime, la pêche et la transformation des produits de la pêche, le tourisme maritime et côtier, l'exploration et la production conventionnelles de pétrole et de gaz en mer, le dragage ainsi que les installations et la manutention portuaires. Les activités et secteurs émergents liés à la mer se caractérisent par le rôle clé qu'y jouent la science et la technologie de pointe. Ils comprennent : l'éolien en mer, les énergies marémotrice et houlomotrice, l'exploitation pétrolière et gazière en eaux très profondes et dans d'autres milieux extrêmes ; l'exploitation minière des fonds marins ; l'aquaculture marine ; la biotechnologie marine ; le suivi, le contrôle et la surveillance maritimes. Dans une perspective plus lointaine, des secteurs naissants ou encore à naître pourraient éventuellement rejoindre cette catégorie, comme ceux du captage et du stockage du carbone (CSC) et de la gestion d'aires protégées à l'échelle océanique.

Rien ne distingue nettement les secteurs établis des secteurs émergents. On peut même dire que ces deux catégories chevauchent partiellement, en particulier lorsque certains segments des secteurs maritimes établis montrent des signes clairs d'une croissance rapide et affichent des taux d'innovation tout à fait spectaculaires. Ainsi, le transport maritime et les activités portuaires s'avancent de plus en plus vers des niveaux d'automatisation extrêmement évolués ; l'aquaculture côtière est bien implantée dans certains pays, mais, à l'échelle industrielle, elle devient une activité à forte intensité scientifique et technologique et tend à progresser vers le large ; le suivi et la surveillance maritimes tirent profit d'avancées massives dans les technologies satellitaires, le repérage et l'imagerie ; quant aux croisiéristes, ils s'intéressent de plus en plus à de nouvelles destinations, telles que l'Arctique et l'Antarctique. Le fait de distinguer secteurs établis et secteurs émergents permet néanmoins une approche pragmatique et gérable du projet.

Le paysage des secteurs maritimes traditionnels va changer de façon notable dans les prochaines décennies. Cette transformation est en partie dictée par la croissance économique mondiale et par une demande en hausse. Dans le secteur du transport maritime, par exemple, le trafic de conteneurs semble parti pour poursuivre sa croissance très rapide, avec un triplement probable des volumes acheminés à l'horizon 2035 (OCDE, 2015). La production mondiale de poisson devrait augmenter d'environ 20 % dans les dix prochaines années, quoique principalement emmenée par l'aquaculture (OCDE et FAO,

2015). Malgré les améliorations apportées ces dernières années, la marge de progression des prises de poissons dans la nature est très faible, voire nulle, sauf à adopter des plans de gestion stricts pour rétablir l'abondance des stocks à un niveau de productivité biologiquement durable. Par ailleurs, dans le secteur du tourisme, le vieillissement des populations, la hausse des revenus et des transports relativement bon marché vont augmenter encore l'attrait des zones côtières. L'évolution des secteurs traditionnellement tournés vers la mer subira aussi, dans le même temps, l'influence du changement climatique, car les variations de température, l'acidification des océans et la montée du niveau des mers modifient les déplacements des stocks de poissons, ouvrent de nouvelles voies maritimes, ont une incidence sur les structures des ports maritimes et créent de nouvelles destinations et attractions touristiques tandis qu'elles en détruisent d'autres.

Les nouveaux secteurs d'activité liés à la mer offrent de vastes possibilités de relever les immenses défis économiques, sociaux et environnementaux auxquels l'humanité va être confrontée dans les années qui viennent. Ces secteurs émergents développent et mettent en application de multiples innovations scientifiques et technologiques qui visent à exploiter les ressources de la mer de façon plus sûre et plus durable, ou à nettoyer les océans, à les rendre plus sûrs et à protéger la richesse de leurs ressources. Les stades de développement de ces activités sont très variables : certaines sont relativement avancées, tandis que d'autres sont encore balbutiantes. Atteindre un niveau et une échelle d'exploitation qui permettent à ces activités de contribuer de manière significative à la prospérité mondiale, au développement humain, à la gestion des ressources naturelles et à la croissance verte demandera une somme considérable de recherche-développement et d'investissements ainsi qu'un soutien actif et cohérent de la part des pouvoirs publics.

Ces initiatives doivent toutefois être modelées et dirigées en tenant compte de l'avenir, ce qui explique pourquoi le présent projet s'est fixé comme horizon 2030 et au-delà.

Activités économiques en mer

La gestion des activités économiques en mer doit être replacée dans le contexte physique dans lequel elle opère : un milieu fluide, florissant et tridimensionnel couvrant les deux tiers environ de la surface de la Terre. Les différences manifestes – et parfois moins évidentes – entre la terre et la mer ont des conséquences importantes sur la manière dont les activités humaines sont gérées dans ces deux milieux. Pourtant, et bien que ces différences influent sur le contexte et les résultats des opérations maritimes, nombre des techniques et concepts utilisés dans la planification et la gestion de l'espace maritime sont souvent empruntés aux pratiques terrestres.

Encadré 1.1. **En quoi l'économie de la mer diffère-t-elle d'une économie « terrestre » ?**

Première différence : L'océan est beaucoup plus vaste que les terres émergées.

Conséquence : les espèces, les écosystèmes et les processus marins ne s'arrêtent pas aux frontières maritimes. Une même activité est soumise à des régimes juridiques différents selon l'endroit où elle est exercée, même lorsque ces endroits relèvent de la juridiction d'un seul pays côtier (eaux territoriales, zone contiguë, zone économique exclusive), et cette situation est encore compliquée par les intérêts des autres pays dans les zones situées au-delà de la juridiction nationale (eaux internationales).

Encadré 1.1. **En quoi l'économie de la mer diffère-t-elle d'une économie « terrestre » ?** (*suite*)

Deuxième différence : L'eau est moins transparente que l'air.

Conséquence : la portée des technologies de télédétection ou de télémesure ne dépasse pas une certaine profondeur. Il est donc beaucoup plus difficile et onéreux de savoir ce qui se passe dans la colonne d'eau et sur les fonds marins. Le coût de la recherche et du suivi marins sont extrêmement élevés, ce qui explique en partie pourquoi les phénomènes marins sont beaucoup moins bien connus que les phénomènes terrestres.

Troisième différence : La troisième dimension est beaucoup plus importante en mer que sur terre.

Conséquence : la vie marine s'étend de la surface de la mer jusqu'au fond de la fosse océanique la plus abyssale, alors que le nombre d'espèces susceptibles de se maintenir au-dessus de la surface de la terre (en d'autres termes, capables de voler) est bien moindre comparativement. On peut en dire autant, dans une certaine mesure, des activités humaines. Cet aspect des choses rend les cartes en deux dimensions moins utiles et accroît la complexité de la planification et de la gestion de l'espace maritime. Cela complique également l'étude du milieu marin, de son fonctionnement, de l'impact des activités humaines sur ce milieu (voir la deuxième différence) et de la façon dont la mer profite à l'économie et au bien-être des humains.

Quatrième différence : La mer est fluide et forme un continuum.

Conséquence : ce qui se produit à un endroit peut avoir une incidence ailleurs, car les polluants et les espèces allogènes sont transportés par les courants ou par les navires sur des distances beaucoup plus considérables que ce n'est le cas sur terre.

Cinquième différence : Les espèces marines sont susceptibles de parcourir des distances beaucoup plus grandes que les espèces terrestres.

Conséquence : la gestion des activités humaines utilisant les ressources marines est particulièrement difficile parce que celles-ci sont accessibles à presque tout le monde.

Sixième différence : Les regroupements ou les agrégats d'animaux dans la colonne d'eau peuvent passer rapidement d'un endroit à un autre.

Conséquence : la cartographie de ces espèces et de leurs déplacements est plus difficile, et les mesures permettant de les protéger ou de les gérer doivent suivre aussi ces mouvements dans le temps et l'espace.

Septième différence : Les éléments nutritifs et polluants peuvent être retenus pendant plusieurs décennies, avant d'être restitués par la circulation océanique.

Conséquence : le délai entre les périodes auxquelles certaines activités humaines ont eu lieu et le moment où leurs effets se font sentir est parfois long, le risque étant alors d'alourdir le fardeau qui pèsera sur les générations futures.

Encadré 1.1. **En quoi l'économie de la mer diffère-t-elle d'une économie « terrestre » ?** (*suite*)

Huitième différence : l'absence de propriété et de responsabilité est encore plus préjudiciable au développement durable dans les activités maritimes que dans les activités terrestres.

Conséquence : l'utilisation privée de la mer et de ses ressources dépend généralement de concessions ou de permis octroyés par les pouvoirs publics. Les autorités d'un pays côtier ont le pouvoir d'autoriser des activités privées dans les zones relevant de leur juridiction nationale ; l'Autorité internationale des fonds marins peut délivrer des permis dans cette zone. Dans les eaux internationales, en revanche, les activités privées sont soumises à bien moins de contrôles. Les régimes de propriété commune sont encore plus rares que sur terre, compte tenu de la mobilité de nombreuses ressources marines, qui rend l'exclusion des utilisateurs non autorisés extrêmement difficile.

Neuvième différence : Les humains ne vivent pas dans la mer.

La mer n'étant pas notre milieu naturel, notre présence dans cet élément dépend de l'utilisation et du développement de technologies. Notre présence clairsemée sur la mer complique aussi considérablement la bonne application des mesures visant à faire respecter la loi, et en alourdit beaucoup le coût.

Source : Crowder et Norse (2008) ; Douvere et al. (2007) ; Douvere (2008) ; Ehler et Douvere (2007) ; Grilo (2015) ; Norse et Crowder (2005).

L'économie de la mer sous l'angle d'un regroupement de secteurs interdépendants

Les secteurs maritimes ne se développent pas isolément les uns des autres ni indépendamment du milieu marin dont ils participent : ils sont liés entre eux et interagissent avec d'autres activités et avec leur milieu marin de mille et une manières. Mais tant que les secteurs liés à la mer et l'exploitation des ressources marines seront appréhendés comme des activités isolées et distinctes, les approches adoptées pour les développer et les gérer de façon durable risquent de demeurer fragmentaires et d'une efficacité limitée.

Le passé récent a montré à maintes reprises que, dès que l'on commence à percevoir les groupes d'activités économiques étroitement interdépendantes comme un système économique ou « une économie », plutôt que comme un ensemble fragmenté de secteurs isolés, l'attention qu'on leur porte grandit et leur développement bénéficie d'approches stratégiques plus cohérentes.

Les exemples ne manquent pas. Avec l'arrivée et la rapide expansion des technologies de l'information et des communications (TIC), dans la seconde moitié du XX^{e} siècle, la notion d'« économie de l'information » est devenue monnaie courante. À cette même époque, la plupart des gouvernements dans le monde élaboraient des plans distincts pour la construction et la modernisation des systèmes de transport – rail, route, air, eau, distribution d'énergie, réseaux informatiques, distribution et traitement de l'eau, etc. Il a fallu attendre qu'il devienne de plus en plus évident que ces systèmes et ces réseaux étaient étroitement interconnectés pour que l'idée d'une planification plus intégrée des « infrastructures » commence à se faire jour (OCDE, 2007). Plus récemment, les différents sous-secteurs de l'espace, avec leurs chaînes de valeur extrêmement

complexes et toujours plus mondialisées, ont commencé à se penser en tant qu'« économie de l'espace », intégrant aussi bien les lanceurs que la construction et l'exploitation des satellites ou que les applications du quotidien dans l'agriculture, le transport, la météorologie et les communications mondiales (OCDE, 2011). De la même façon, on perçoit de plus en plus les différentes branches du secteur, relativement jeune, de la biotechnologie – santé et médecine, agriculture et alimentation, industrie – comme formant une « bioéconomie » (OCDE, 2009), à telle enseigne que plus de 30 pays dans le monde ont désormais inscrit celle-ci dans leurs objectifs stratégiques (German Bioeconomy Council, 2015)

Terminologie

La terminologie relative à l'économie de la mer est très variable dans le monde, avec des différences notables selon les traductions. Les termes couramment utilisés incluent : l'industrie océanique, l'économie maritime, l'industrie maritime ou marine, ou le secteur maritime. Le terme « océanique » est souvent utilisé en Irlande et aux États-Unis, tandis que « marin » ou « maritime » sont largement utilisés en Australie, au Canada, en France, en Nouvelle-Zélande et au Royaume-Uni. « Maritime » est plus fréquemment utilisé par l'Union européenne, la Norvège et l'Espagne. Souvent, les terminologies en japonais, coréen ou mandarin sont également traduites différemment en anglais. Le présent rapport distingue « maritime » et « marin » comme suit: «maritime» sera entendu comme étant « liée à la mer », notamment en relation avec les activités commerciales ou militaires, alors que« marin »sera compris comme « provenant de, trouvé dans, ou produit par la mer », comme plantes marines ou biologie marine.

Dans le présent rapport le terme « secteur (d'activité) » comprend exclusivement les activités des secteurs public et privé qui sont axées sur le marché (font appel au jeu de l'offre et de la demande), tandis que le terme « économie » permet de restituer plus justement la notion de biens et services marchands et non marchands.

Définition du concept d'économie de la mer

Il n'existe encore aucune définition universellement acceptée de l'économie de la mer. Ainsi, pour la Commission européenne (Ecorys, 2012), « [l]'économie de la mer se compose de l'ensemble des activités économiques sectorielles et transsectorielles liées aux océans, aux mers et aux côtes. [...] [C]ette définition inclut également les activités auxiliaires directes et indirectes les plus proches qui sont nécessaires au fonctionnement des secteurs économiques marins. Ces activités peuvent être localisées n'importe où, même dans des pays sans littoral. »

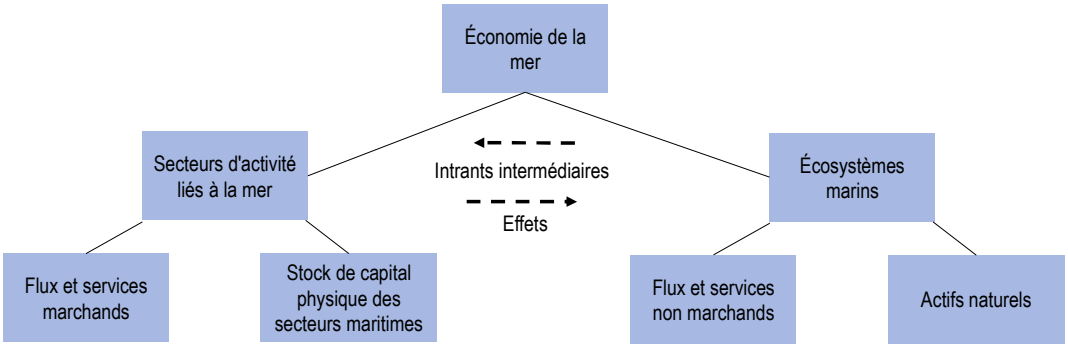
Après avoir réalisé une méta-étude des différentes définitions et perceptions de l'économie de la mer qui existent dans le monde, Park (2014) propose une définition similaire : « L'économie de la mer englobe les activités économiques qui se déroulent en mer, reçoivent des extrants issus de ce milieu et lui fournissent des biens et des services. En d'autres termes, l'économie de la mer peut se définir comme comprenant les activités économiques qui se déroulent directement ou indirectement en mer, utilisent la production de la mer ou fournissent les biens et les services nécessaires aux activités liées à la mer.»

Le présent rapport, en revanche, considère comme incomplète toute définition de l'économie de la mer qui ne comprend pas les stocks naturels non quantifiables et les biens et services non marchands. Autrement dit, l'économie de la mer peut être définie

comme la somme des activités économiques des secteurs liés à la mer d'une part, et des actifs, biens et services des écosystèmes marins d'autre part.

Le graphique 1.1 résume ce concept. Les secteurs d'activité liés à la mer peuvent être scindés en flux et services marchands et en stock de capital physique de ces secteurs. Les écosystèmes marins représentent un capital naturel et des flux et services non marchands. Dans bien des cas, ils fournissent des intrants intermédiaires aux secteurs d'activité liés à la mer. Les récifs coralliens en sont un exemple. Ils fournissent un abri et un habitat d'alevinage aux poissons et des ressources génétiques uniques, tout en présentant une valeur récréative pour le tourisme maritime. Inversement, les secteurs liés à la mer peuvent avoir des effets sur la santé des écosystèmes marins, par le rejet en mer des déchets des navires ou par la pollution liée aux marées noires, par exemple.

Graphique 1.1. **Concept d'économie de la mer**



La prise en compte précise de la valeur des actifs et des services écosystémiques dans les évaluations quantitatives, en d'autres termes la comptabilité environnementale, constitue un nouveau champ de recherche qui n'a commencé que récemment à susciter un intérêt plus marqué (voir plus loin).

Contours de l'économie de la mer

Secteurs d'activité liés à la mer

Les études sur l'économie de la mer montrent à l'évidence (voir chapitre 6) que les contours sectoriels de celle-ci varient considérablement selon les pays. Le nombre des catégories choisies peut aller de 6, dans le cas des États-Unis, à 33 pour le Japon. Certains secteurs peuvent être exclus de l'économie de la mer dans un pays, mais pas dans un autre. La définition des classifications et des catégories utilisées diffère elle aussi nettement entre pays. Il n'existe pas encore de définitions ni de terminologie statistique internationalement reconnues pour les activités liées à la mer (Park, 2014).

Le présent rapport propose d'adopter les contours suivants (tableau 1.1) pour le classement catégoriel des activités maritimes établies et nouvelles, en gardant à l'esprit ce qui a été dit précédemment sur les chevauchements de définitions et l'existence d'activités émergentes extrêmement dynamiques dans des secteurs traditionnels. On trouvera des éclaircissements sur chaque secteur à l'annexe 1.A1.

On notera toutefois qu'en raison du manque d'ensembles de données complets et cohérents, tous les secteurs mentionnés ci-dessus ne sont pas couverts en détail dans le présent rapport (voir chapitre 6).

Tableau 1.1. **Secteurs d'activité liés à la mer, établis et émergents**

Établis	Émergents
Pêche de capture	Aquaculture marine
Transformation et distribution des produits de la mer	Pétrole et gaz en eaux profondes et très profondes
Transport maritime	Éolien en mer
Activités portuaires	Énergies renouvelables d'origine marine
Construction et réparation navales	Exploitation minière de l'eau de mer et des fonds marins
Pétrole et gaz en eaux peu profondes	Sécurité et surveillance maritimes
Fabrication et construction maritimes	Biotechnologie marine
Tourisme maritime et côtier	Produits et services maritimes de haute technologie
Services aux entreprises des secteurs maritimes	Autres
R-D marine/maritime et enseignement maritime	
Dragage	

Écosystèmes marins

Outre les flux et services marchands et le stock de capital physique des secteurs d'activité maritimes, l'économie de la mer comprend aussi les écosystèmes marins. Ceux-ci englobent les mers, les marais salés et les estrans, les estuaires et les lagunes, les mangroves et les récifs coralliens, la colonne d'eau, y compris les eaux profondes, et le fond de la mer (Kaiser et Roumasset, 2002). Tous fournissent des services intermédiaires utiles aux secteurs d'activité liés à la mer.

Les interactions entre la société, l'économie et l'environnement exercent une forte influence sur les écosystèmes marins par le jeu des forces qui les animent et par leur cycle biogéochimique plus large. Cela tient au fait que les services écosystémiques dépendent les uns des autres et sont liés par un ensemble complexe de relations réciproques qui génèrent des compensations entre la fourniture d'un service et celle des autres services. Cet aspect joue sur l'économie de la mer, car ces interactions déterminent indirectement la viabilité des secteurs d'activité concernés. Pour illustrer ce propos : le ruissellement d'éléments nutritifs vers les zones côtières et l'eutrophisation qui en résulte, l'acidification due à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) et la mauvaise qualité de l'eau du fait de la pollution entraînent des changements dans les habitudes migratoires des poissons et parfois même une extinction des stocks. Tous ces exemples montrent comment l'activité humaine agit indirectement sur le fonctionnement des écosystèmes marins, sapant ainsi la viabilité économique de l'économie de la mer.

Mesurer la valeur de ces écosystèmes est une tâche ardue et complexe, mais les efforts de recherche dans ce domaine se sont beaucoup intensifiés ces dernières années. Les estimations de l'importance des avantages que procurent les services écosystémiques marins indiquent qu'ils sont considérables (pour une analyse de certaines de ces études, voir l'annexe 1.A2), mais il reste beaucoup à faire. C'est pourquoi, comme indiqué précédemment, si de nombreux aspects des services écosystémiques sont ici pris en compte, le travail de quantification de ce rapport porte essentiellement sur les secteurs d'activité liés à la mer.

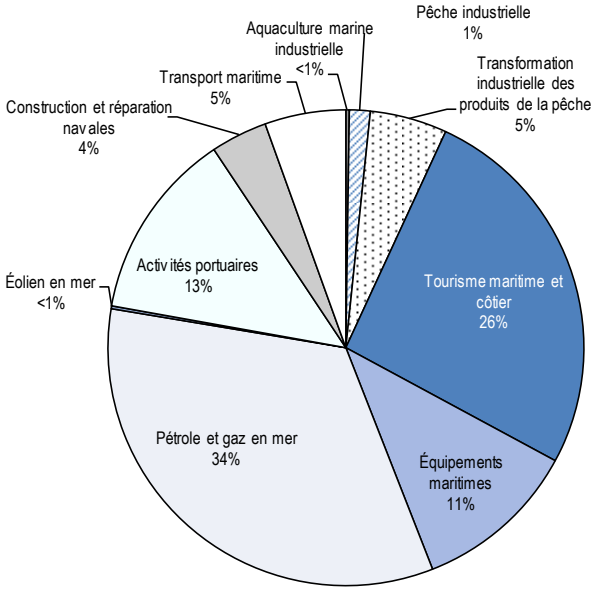
Les secteurs d'activité liés à la mer contribuent à hauteur de 1 500 milliards USD approximativement (2.5 %) à la valeur ajoutée brute mondiale

À en juger par la contribution de ses secteurs d'activité aux résultats économiques et à l'emploi, l'économie de la mer a un poids non négligeable au niveau mondial.

Les calculs réalisés à partir de la Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer établissent cette contribution à 1 500 milliards USD pour l'année 2010 (année de base des calculs et des scénarios à l'horizon 2030 qui suivent), soit approximativement 2.5 % de la valeur ajoutée brute (VAB) mondiale. La comparaison entre pays de la contribution économique d'un secteur à cette économie se fait en part de VAB, de préférence à la part de PIB. Le Système de comptabilité nationale (SCN) recommande d'utiliser la VAB aux prix de base à cet effet. La différence entre la VAB sectorielle totale et le PIB total est égale aux impôts diminués des subventions sur les produits, un chiffre qui varie d'un pays à l'autre. Cet ajustement est effectué au niveau agrégé (total de l'économie), parce que les séries chronologiques des impôts moins subventions sur les produits sont parfois disponibles par produit, mais généralement pas par secteur. En outre, il faut noter que cette étude a pris comme points de référence l'année 2010 et la révision 3 de la Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique (CITI), afin de disposer des données les plus complètes, cohérentes et comparables possible.

Le pétrole et le gaz en mer représentaient à eux seuls un tiers de la valeur ajoutée créée par les activités liées à la mer ; venaient ensuite le tourisme maritime et côtier (26 %), les activités portuaires (13 %) – évaluées à la valeur ajoutée totale du volume d'activité portuaire mondiale – et l'équipement maritime (11 %). La part de chacun des autres secteurs était inférieure ou égale à 5 % (graphique 1.2). La part de la pêche industrielle était faible (1 %), mais il faut savoir que la prise en compte des estimations de la valeur ajoutée générée par la pêche artisanale (principalement en Afrique et en Asie) aurait ajouté des dizaines de milliards de dollars au total des pêches de capture (pour des estimations détaillées, voir le chapitre 6).

Graphique 1.2. **Valeur ajoutée des secteurs d'activité liés à la mer en 2010, par secteur**



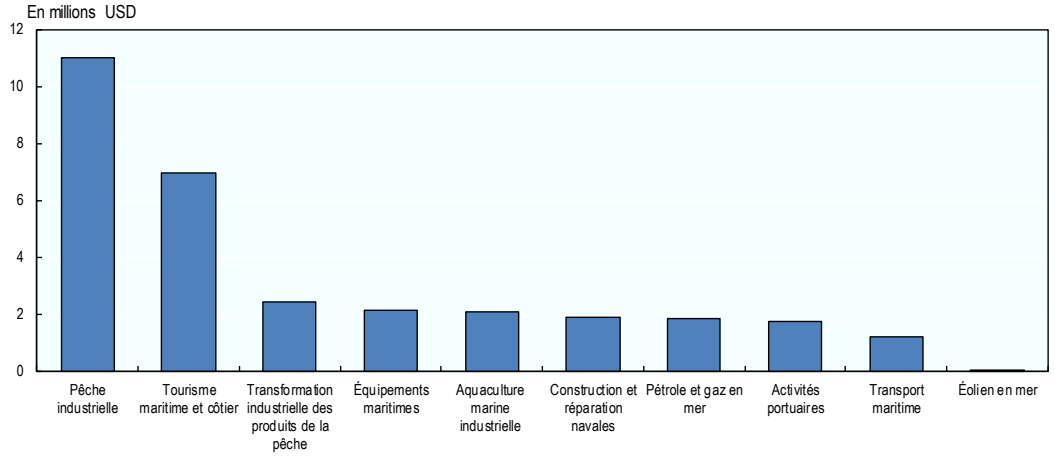
StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334614

Note : La pêche artisanale n'est pas prise en compte dans cette vue d'ensemble.

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014) ; OCDE (2014) ; et différents rapports sectoriels.

Les secteurs d'activité liés à la mer ont fourni quelque 31 millions d'emplois directs à temps plein en 2010, ce qui représente 1 % environ de la main-d'œuvre mondiale (et 1.5 % environ de la population active mondiale occupée). Comme on le voit sur le graphique 1.3, les principaux employeurs étaient la pêche industrielle (36 %) et le tourisme maritime et côtier (23 %). La part de chacun des autres secteurs était comprise entre moins de 1 % et 8 %.

Graphique 1.3. **Emploi des secteurs d'activité liés à la mer en 2010, par secteur**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334627

Note : La pêche artisanale n'est pas prise en compte dans cette vue d'ensemble.

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014) ; OCDE (2014) ; et différents rapports sectoriels.

Un certain nombre de précisions s'imposent. Premièrement, la part en pourcentage de l'emploi total attribuée à la pêche de capture augmenterait considérablement si l'on prenait en compte le nombre total d'emplois de la pêche artisanale, ce qui ajouterait environ 100 millions de pêcheurs (pêche de capture et aquaculture, y compris les activités continentales) au total général. Deuxièmement, le secteur de la transformation industrielle des produits de la pêche ne prend pas en compte les millions de personnes (principalement des femmes) qui contribuent à des activités de transformation artisanales de ces produits (pour plus d'informations sur la pêche, l'aquaculture et la transformation des produits de la pêche, voir le chapitre 6).

Il est donc intéressant de noter ici que les estimations de la valeur ajoutée et du nombre d'emplois de l'économie de la mer qui figurent dans ce rapport sont extrêmement prudentes. Ajoutons aux précisions qui précèdent que plusieurs secteurs importants de l'économie de la mer (négoce et finance liés à la mer, surveillance maritime ou biotechnologie marine, par exemple) ne sont pas pris en compte, faute de données.

Déterminants de l'évolution de l'économie de la mer jusqu'en 2030

L'économie de la mer de ces vingt prochaines années sera déterminée avant tout par l'évolution démographique, économique, climatique, environnementale et technologique mondiale, ainsi que par la réglementation et la gestion maritimes (voir chapitre 2).

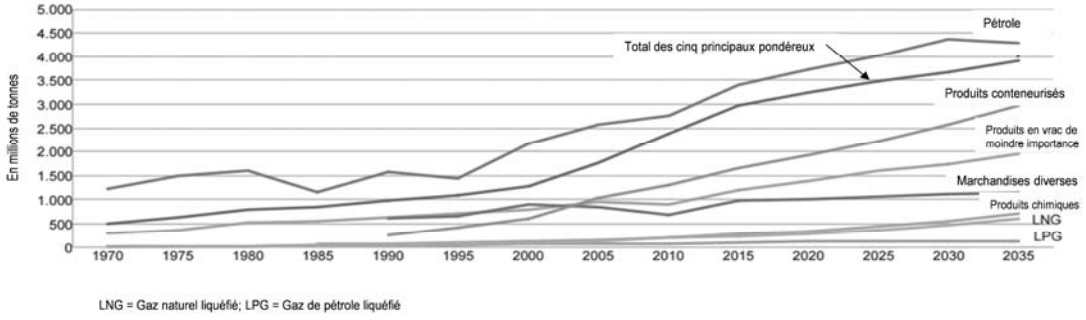
Démographie

L'accroissement de la population, l'urbanisation et l'aménagement du littoral sont au cœur de la croissance de l'économie de la mer. À l'horizon 2050, la planète devra nourrir au moins deux milliards de personnes supplémentaires, ce qui va accroître la demande de poisson, de mollusques et d'autres produits de la mer issus de la pêche et de l'aquaculture ; ces nouveaux consommateurs viendront aussi stimuler le transport maritime de marchandises et de voyageurs, la construction navale et la fabrication d'équipements maritimes, ainsi que l'exploration des réserves pétrolières et gazières en mer. Les populations vieillissantes continueront de plébisciter les vacances au bord de la mer, les croisières et les déménagements au bord du littoral. Ces populations constitueront également, pour les milieux médicaux et pharmaceutiques du monde, une incitation à accélérer la recherche biotechnologique marine pour trouver de nouveaux médicaments et traitements.

Croissance économique mondiale et commerce international

Avec la démographie, l'économie est l'un des facteurs les plus dynamiques qui déterminent les changements à l'œuvre dans l'économie de la mer. Les perspectives à long terme de la croissance économique mondiale, et de celle de la zone OCDE dans son ensemble, demeurent modestes, mais le PIB par habitant devrait progresser notablement au cours des prochaines décennies. Les échanges mondiaux de marchandises pourraient plus que tripler d'ici à 2050. Sachant que 90 % environ du fret international est transporté par mer, cette progression des échanges donnera au transport maritime et aux activités portuaires un souffle considérable.

Graphique 1.4. **Croissance des échanges mondiaux par voie maritime, 1970-2035**



Source : SEA (2015).

Si l'on considère la part croissante (près de 40 % en 2030 et autour de 50 % à l'horizon 2050) de la production mondiale qui revient à la République populaire de Chine (ci-après « la Chine »), à l'Inde et à l'Indonésie, ainsi que les augmentations concomitantes des revenus et de la richesse, en particulier dans la classe moyenne en plein essor des économies émergentes et de quelques-uns des pays en développement rapide, le décalage progressif de la structure des échanges vers l'est est inévitable. Les conséquences pour les secteurs d'activité liés à la mer sont énormes. Les compagnies maritimes et les entreprises de construction navale sont déjà très attentives aux changements dans les marchés, les itinéraires, les types de cargaisons et les types de navires qui vont probablement s'imposer. La progression du niveau des revenus et la consommation en hausse laissent prévoir une plus forte demande de tourisme maritime, et

en particulier du tourisme de croisière. Elles laissent aussi présager de grands changements dans les habitudes alimentaires, ce qui devrait accroître encore la demande de poisson et d'autres produits de la mer.

Alimentation

Compte tenu de l'accroissement prévu de la population mondiale et de la demande de denrées alimentaires d'ici à 2050, il ne fait aucun doute que la mer a un rôle essentiel à jouer pour compléter les disponibilités alimentaires fournies par l'agriculture. De fait, dans de nombreuses parties du monde, les produits de la mer continueront d'être, pour des millions de personnes, une source primordiale de protéines et de vitamines, et ce d'autant plus que les classes moyennes en expansion se tourneront vers des protéines de haute qualité. Or la capacité de la mer à assumer ce rôle est de plus en plus minée par la surpêche et l'épuisement des stocks dans de nombreuses régions du monde, ainsi que par les effets de la pollution due aux activités terrestres, et notamment au ruissellement d'engrais et de rejets agricoles vers les zones côtières et les estuaires, qui menace les habitats de la vie marine, les stocks de poissons et les mollusques, entre autres. On prévoit donc que la croissance mondiale de la pêche demeurera plus ou moins nulle dans les quelque dix ans à venir. Pour répondre à l'augmentation de la demande mondiale de produits comestibles de la mer, il faudra donc développer l'aquaculture, et notamment l'aquaculture marine. Cependant, la montée en puissance de l'aquaculture marine imposera de relever une série de défis : trouver des sites supplémentaires et mieux gérer les problèmes liés aux maladies et aux fugitifs, mais aussi faire face aux effets du changement climatique et réduire la part des protéines animales provenant de populations naturelles de poissons dans les aliments d'élevage.

Énergie

L'énergie est omniprésente dans tous les secteurs maritimes, que ceux-ci l'utilisent ou la fournissent. Les niveaux de prix et l'instabilité des marchés ont un effet déterminant sur la viabilité de l'exploration et de l'exploitation des réserves de pétrole et de gaz en mer, comme l'ont souligné de récentes décisions de réduction, de report ou d'abandon de projets de ce type, qui requièrent d'importants investissements. Cela étant, malgré la faiblesse des prix du pétrole, un bon nombre de projets en mer très en vue ont continué de se développer. Contrairement à ce qui se passe pour les producteurs d'hydrocarbures, le maintien des prix du pétrole et du gaz à un niveau élevé est un ingrédient indispensable à la croissance continue de l'éolien en mer et des énergies renouvelables d'origine marine. Il en va de même du développement des biocarburants algaux fondés sur l'aquaculture. L'éolien en mer devrait toutefois continuer de bénéficier de subventions publiques dans les années à venir et, à mesure que la puissance installée croît, des mesures prises pour réduire le coût de production et les dépenses de fonctionnement. Ces deux aspects devraient aider l'éolien en mer à renforcer sa capacité de résistance aux fluctuations des marchés du pétrole et du gaz. En ce qui concerne le marché mondial des systèmes énergétiques marins (exploitant le mouvement des marées, la houle, les courant marins, etc.), on ne prévoit pas d'expansion significative à moyen terme, mais le potentiel à plus longue échéance est énorme. Au bout du compte, la puissance installée de l'éolien en mer comme des énergies marines devrait bénéficier de l'accord historique de la COP21 et du soutien que celui-ci apporte aux énergies renouvelables (voir, par exemple, les recommandations présentées à Paris à la COP21 par la Plateforme océan et climat[1]).

1. Consultable en ligne à l'adresse suivante : www.ocean-climate.org/?page_id=2876.

Milieu marin

Le fait que, selon toute vraisemblance, la santé des océans va continuer de se dégrader pourrait s'avérer un important facteur limitant du développement de l'économie de la mer (pour une analyse détaillée, voir le chapitre 3). La mer joue un rôle essentiel dans la régulation du climat de la planète et est inextricablement liée à la masse continentale et à l'atmosphère de la Terre. Ses services écosystémiques comprennent la régulation des concentrations atmosphériques et marines en dioxyde de carbone, la fourniture d'oxygène, le cycle de convection hydrothermal, le cycle hydrologique, la protection des côtes et les contributions vitales de la biodiversité marine. Au fil de temps, la mer a absorbé une grande partie des émissions anthropiques de carbone en hausse, ce qui a entraîné, entre autres, une acidification et une montée des températures et des niveaux de ses eaux ainsi que des modifications dans les courants océaniques. Les effets à venir du changement climatique sur la santé des mers suscitent aujourd'hui une inquiétude générale et croissante. D'ailleurs, dans le prolongement de la Conférence de Paris (COP21), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) publiera un rapport spécial sur la mer, traitant en particulier des effets du changement climatique sur la biodiversité, du fonctionnement des écosystèmes marins et du rôle de ces écosystèmes dans la régulation du climat.

Les conséquences sur la biodiversité et les écosystèmes marins sont considérables et se traduisent par un recul de la biodiversité et des disparitions d'habitats, par des modifications affectant la composition des réserves halieutiques et les habitudes migratoires des poissons, et, dans le domaine de la météorologie, par une augmentation de la fréquence des phénomènes océaniques extrêmes. Les communautés vulnérables des zones littorales de faible altitude en subissent déjà – et continueront d'en subir – les conséquences, lesquelles sont également sensibles – et continueront de l'être – dans la pêche et l'aquaculture, l'exploitation de pétrole et de gaz en mer, le transport maritime, le tourisme côtier et maritime et la prospection biologique marine à des fins médicales et industrielles. L'avenir de la santé et de l'utilisation des mers est assombri encore par la pollution due aux activités terrestres, et en particulier par les ruissellements d'origine agricole, les produits chimiques et les plastiques et microplastiques que les cours d'eau drainent jusqu'à leur embouchure. Sur ces aspects, les pays en développement sont généralement beaucoup plus durement touchés que les pays industrialisés.

D'un autre côté, les changements du climat océanique commencent à créer de nouveaux débouchés, comme on peut le voir, par exemple, dans l'Arctique, où la calotte glaciaire devrait continuer à fondre dans les années qui viennent, ouvrant la Voie maritime du Nord à un transport maritime commercialement viable. D'après les plus récents résultats des modélisations (Bekkers, Francois et Rojas-Romagosa, 2015), le fait de raccourcir les temps de navigation entre le nord-est de l'Asie et le nord-ouest de l'Europe d'un tiers environ par rapport à l'actuelle Route du Sud passant par le canal de Suez ferait de la Voie maritime du Nord l'une des routes maritimes les plus empruntées du monde, entraînerait une réorientation majeure des flux commerciaux bilatéraux entre l'Asie et l'Europe et déclencherait une réorganisation des chaînes d'approvisionnement à la fois entre ces deux continents et à l'intérieur de l'Europe. Par ailleurs, le recul de la banquise ouvrirait de nouveaux débouchés économiques allant de l'exploration pétrolière et gazière à l'extraction minière, à la pêche et au tourisme, non sans générer toutefois des risques potentiels pour l'environnement vulnérable de l'Arctique.

Science, technologie et innovation

Pour les décennies à venir, on fonde de grands espoirs sur les progrès de la science et de la technologie, aussi bien pour trouver le remède à bon nombre des menaces touchant les milieux marins dont il a été question plus haut que pour contribuer au développement des activités économiques liées à la mer. Les innovations dans les domaines des matériaux avancés, de l'ingénierie et de la technologie sous-marines, des capteurs et de l'imagerie, des technologies satellitaires, de l'informatisation et de l'analytique de données massives, des systèmes autonomes, des biotechnologies et des nanotechnologies auront une incidence sur tous les secteurs de l'économie de la mer. Quelques exemples pour illustrer ce propos : dans la navigation commerciale, on semble sur le point d'introduire des navires autonomes et d'accroître l'utilisation de nouveaux carburants ; toutes les compagnies pétrolières, gazières et minières opérant sur les fonds marins recherchent des solutions robotiques pour leurs opérations sous-marines ; l'aquaculture marine s'appuie sur les avancées de la biotechnologie pour améliorer la santé et le bien-être des poissons et réduire la part des populations naturelles de poissons dans l'aliment d'élevage ; les énergies renouvelables d'origine marine profitent de plus en plus des progrès accomplis dans les nouveaux matériaux et les capteurs ; la pêche, la sécurité maritime, l'observation de l'océan et l'évaluation environnementale continueront de profiter du développement rapide des technologies satellitaires (communications, télédétection et télémesure, navigation) ; quant au tourisme de croisière, il porte à des niveaux sans précédent les installations numériques disponibles à bord pour les passagers et l'équipage.

Certaines de ces innovations devraient normalement générer des avantages supplémentaires ; d'autres, en revanche, vont vraisemblablement provoquer des transformations, voire des perturbations, surtout lorsqu'elles combinent plusieurs innovations issues de domaines technologiques différents.

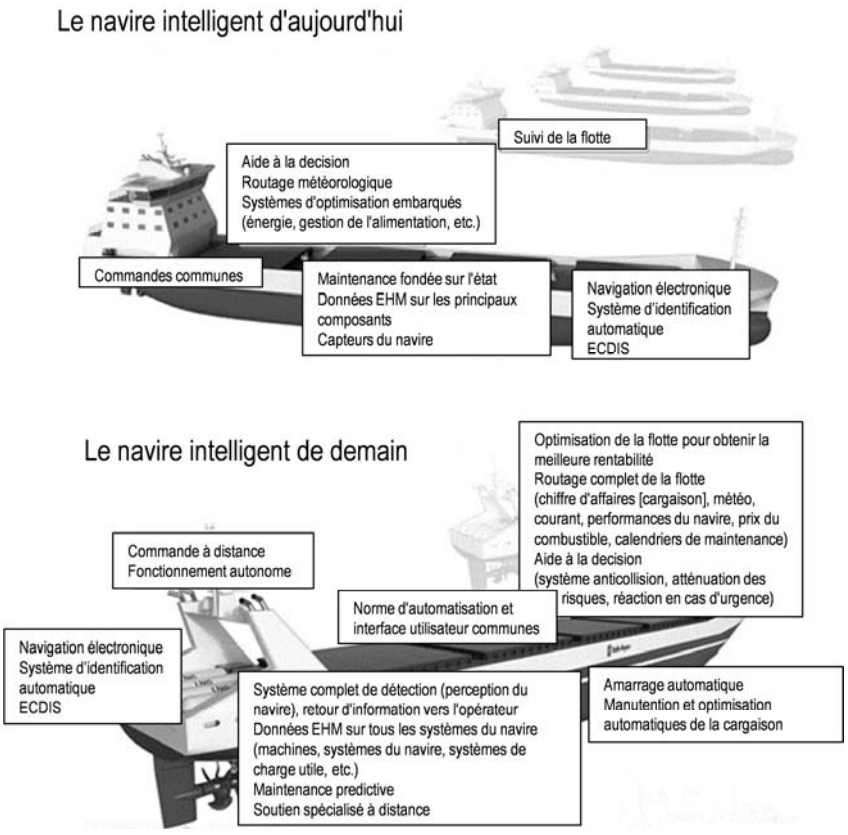
On peut ainsi citer : les perspectives à court terme de la mise en œuvre d'une navigation électronique dans le transport maritime ; la convergence de plusieurs technologies (biotechnologie, technologies satellitaires, technologies des capteurs) révolutionnant la lutte contre la pollution par les hydrocarbures en mer ; les grandes avancées attendues dans la cartographie des fonds marins ; l'utilisation croissante prévue de plateformes en mer polyvalentes ; et le déploiement à l'échelle de l'océan d'observatoires sous-marins (pour plus d'informations sur ces exemples, voir le chapitre 4).

Réglementation et gouvernance internationales de l'économie de la mer

Dans le contexte en mutation rapide présenté plus haut, il sera bien difficile pour la réglementation et la gouvernance d'évoluer à un rythme comparable (voir chapitre 5). La structure des rapports de force dessine un monde de plus en plus multipolaire : de nombreux pays et régions émergent, rivalisant pour acquérir un pouvoir économique et les avantages que peut apporter la projection de leur pouvoir économique grandissant sur la scène internationale ; de nouveaux acteurs font la démonstration de leur force, en particulier dans des secteurs vitaux – tels que l'énergie et les autres ressources naturelles, les technologies de l'espace, les TIC –, ce qui leur permet d'acquérir, sur la scène mondiale, une importance stratégique souvent bien supérieure à leur taille ; et de nouveaux acteurs non étatiques apparaissent, tels que des zones métropolitaines, des pôles urbains, des organisations non gouvernementales et des fondations internationales, ayant vu leur influence mondiale croître à mesure que leur forte concentration de connaissances, de compétences et de pouvoir financier ainsi que leur efficience d'échelle

et l'efficience de leurs réseaux augmentaient leur notoriété internationale. Ces évolutions aboutissent à un émiettement du pouvoir et à des difficultés croissantes pour réunir un consensus international sur les questions d'envergure mondiale ou régionale qui sont lourdes d'enjeux pour le milieu marin et les activités liées à la mer. Qu'il s'agisse du changement climatique et du niveau des émissions de gaz à effet de serre ou de la gouvernance de la haute mer et des zones ne relevant pas de la juridiction nationale, de la protection de la biodiversité marine ou des conventions internationales sur la sécurité maritime, il semble qu'il soit de plus en plus ardu et laborieux de parvenir à un accord international. Pour autant qu'on puisse le prévoir, la réglementation des activités tournées vers la mer devrait conserver pour l'essentiel un caractère sectoriel puisqu'elle tendra avant tout à intégrer les secteurs d'activité émergents dans les cadres existants.

Graphique 1.5. **Vers le navire autonome de l'avenir**



Source : Levander (2015).

L'économie de la mer en 2030

À l'évidence, l'avenir de l'économie de la mer est déterminé par un grand nombre de facteurs. Ceux-ci sont plus ou moins repris dans une pléthore de prévisions et de projections, produites ces dernières années sur les secteurs maritimes par un grand nombre d'organisations internationales, d'organismes publics, d'associations professionnelles et d'établissements de recherche. Brosser un tableau cohérent de l'avenir probable de l'économie de la mer est extrêmement ardu, car ces études diffèrent dans les méthodes, les horizons temporels et les hypothèses (sur la croissance économique et le commerce

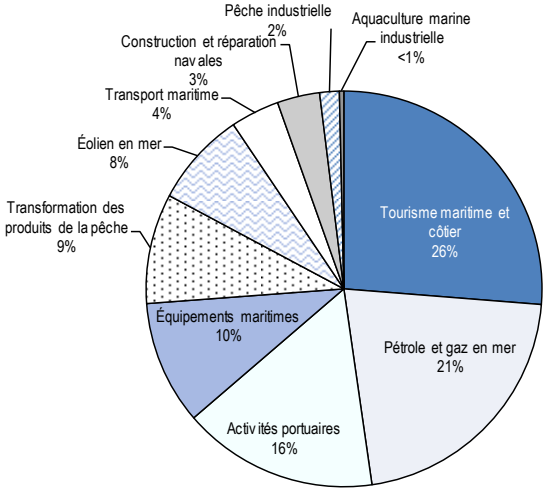
mondiaux, par exemple) qu'elles retiennent. De plus, il s'agit le plus souvent d'études monosectorielles, qui ne permettent pas de saisir les relations croisées entre les différentes branches d'activité liées à la mer.

La modélisation des secteurs de l'économie de la mer permet de penser que certains d'entre eux ont les moyens de faire mieux que la croissance économique moyenne mondiale

Le projet consacré aux perspectives d'une économie de la mer s'efforce de réduire ces insuffisances en effectuant une projection d'ensemble du développement de l'économie mondiale de la mer à l'horizon 2030, à partir d'une base de données améliorée sur les secteurs liés à la mer et d'un modèle reposant sur des hypothèses et des paramètres globalement cohérents. Cette projection est un scénario de maintien du statu quo (ou scénario de référence), qui fait l'hypothèse d'une continuation des tendances observées jusqu'ici, sans modification majeure des politiques, sans évolution technologique ni environnementale soudaine et sans grandes surprises. La valeur ajoutée et l'emploi des secteurs tournés vers la mer continuent de progresser jusqu'en 2030 au même rythme que sur la période de référence passée. Le modèle conçu pour ce projet demande d'extrapoler l'emploi et le stock de capital physique propres au pays et au secteur, en faisant l'hypothèse que les taux de croissance enregistrés précédemment demeureront constants jusqu'en 2030.

Dans ce scénario de maintien du statu quo, on estime que la valeur ajoutée mondiale de l'économie de la mer augmentera pour atteindre plus de 3 000 milliards USD (en USD constant de 2010) d'ici à 2030 (graphique 1.6) et maintiendra à environ 2.5 % sa part de la VAB totale mondiale (dont on prévoit qu'elle atteindra 120 000 milliards USD en 2030). Le tourisme maritime et côtier, croisières comprises, devrait se tailler la plus grande part (26 %), suivi par l'exploration et l'exploitation pétrolières et gazières en mer (21 %) et les activités portuaires (16 %) (pour plus d'informations, voir le chapitre 8).

Graphique 1.6. **Valeur ajoutée de l'économie de la mer en 2030 dans le scénario de maintien du statu quo**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334632

Note : La pêche artisanale n'est pas prise en compte dans cette vue d'ensemble.

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; Lloyd's Register (2014, 2013) ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014).

Là encore, ces estimations sont considérées comme extrêmement prudentes. Tout d'abord, elles ne comprennent pas encore un bon nombre de secteurs liés à la mer, pour lesquels on ne dispose toujours pas de données adéquates. Ensuite, elles sous-estiment l'activité de certains secteurs (tels que le transport maritime), puisque de nombreux pays ont dû en être exclus, là encore faute de données. Enfin, la croissance modeste prévue dans quelques branches d'activité importantes (pétrole et gaz en mer, par exemple) masque les taux de croissance comparativement élevés attendus dans d'autres (telles que l'aquaculture marine, l'éolien en mer, la transformation des produits halieutiques ou les activités portuaires) et freine la croissance moyenne globale de l'économie de la mer dans son ensemble (voir tableau 1.2).

Ces résultats portent à croire que de nombreux segments de l'économie de la mer sont en mesure de faire mieux que le taux de croissance de l'ensemble de l'économie mondiale. D'ailleurs, cette conclusion est corroborée par un grand nombre de prévisions et de projections sectorielles effectuées par une série d'organisations et d'organismes internationaux, d'associations professionnelles et d'établissements de recherche (voir chapitre 7). Ces études font état d'une forte croissance en volume sur les 15 prochaines années dans le transport maritime, la construction et la réparation navales, les activités portuaires, les fournitures marines, l'aquaculture marine, l'éolien en mer et le tourisme maritime. En revanche, elles prévoient une croissance moins forte pour la pêche et pour l'exploitation de pétrole et de gaz en mer. Les énergies renouvelables d'origine marine, la biotechnologie marine ainsi que le captage et le stockage du carbone sont également considérés comme des secteurs à fort potentiel, mais il est peu probable de les voir se développer avant 2030.

Les secteurs d'activité liés à la mer promettent également d'apporter une contribution notable à la création d'emplois

Dans le scénario de maintien du statu quo, on prévoit qu'en 2030, les secteurs liés à la mer emploieront plus de 40 millions de personnes, un niveau à peu près inchangé par rapport à 2010, à plus de 1 % de la main-d'œuvre mondiale (3.8 milliards de personnes environ). Les deux plus gros employeurs seront le secteur de la pêche industrielle et celui du tourisme maritime et côtier. À l'exception de la pêche de capture, tous les secteurs liés à la mer sélectionnés ici devraient voir leur niveau mondial d'emploi augmenter à un rythme plus soutenu que celui de la main-d'œuvre mondiale prise dans son ensemble. La majorité des emplois de l'économie de la mer seront proposés dans le tourisme maritime et côtier et dans la pêche. Les données du transport maritime couvrent les pays à revenu élevé, les pays émergents et les pays en développement, mais doivent être interprétées avec prudence car elles ne comprennent que les emplois directs à temps plein (pour plus d'informations sur l'emploi, voir le chapitre 8).

Le taux de croissance annuel composé de la valeur ajoutée générée par l'ensemble des secteurs d'activité liés à la mer entre 2010 et 2030 est estimé à 3.5 %, un chiffre à peu près similaire au taux de croissance de la VAB totale de l'économie mondiale. À presque 30 %, on estime que la croissance de l'emploi dans les secteurs d'activité liés à la mer sur une période de 20 ans distancera celle de la main-d'œuvre mondiale (19 % environ). Le tableau 1.2 présente la comparaison par secteur des résultats de la projection à l'horizon 2030 des taux moyens annuels de croissance de la valeur ajoutée et de l'emploi de l'économie de la mer.

Tableau 1.2. **Vue d'ensemble des taux de croissance estimés de la valeur ajoutée et de l'emploi, par secteur, entre 2010 et 2030**

Secteur	Taux de croissance annuel composé de la VAB entre 2010 et 2030	Variation totale de la VAB entre 2010 et 2030	Variation totale de l'emploi entre 2010 et 2030
Aquaculture marine industrielle	5.69 %	303 %	152 %
Pêche industrielle	4.10 %	223 %	94 %
Transformation des produits de la pêche	6.26 %	337 %	206 %
Tourisme maritime et côtier	3.51 %	199 %	122 %
Pétrole et gaz en mer	1.17 %	126 %	126 %
Éolien en mer	24.52 %	8 037 %	1 257 %
Activités portuaires	4.58 %	245 %	245 %
Construction et réparation navales	2.93 %	178 %	124 %
Équipements maritimes	2.93 %	178 %	124 %
Transport maritime	1.80 %	143 %	130 %
Moyenne de l'ensemble des secteurs d'activité liés à la mer	3.45 %	197 %	130 %
Économie mondiale entre 2010 et 2030	3.64 %	204 %	120 %(1)

1. D'après les projections de la main-d'œuvre mondiale, extrapolées à partir de l'hypothèse « intermédiaire » de taux de fécondité de l'ONU.

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; Lloyd's Register (2014, 2013) ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014) ; FAO (2015).

Il semble que la valeur ajoutée totale estimée selon d'autres scénarios ne s'écarterait que faiblement des estimations obtenues à partir du scénario de maintien du statu quo

Deux autres scénarios sont proposés – croissance durable et croissance non durable – qui placent la future économie de la mer sous deux jours différents : dans un cas, le développement à venir des secteurs d'activité liés à la mer d'ici à 2030 est accéléré, et dans l'autre, il est ralenti (voir chapitre 8). Les principaux paramètres de ces deux scénarios substitutifs ont été définis lors d'un atelier interne avec le Groupe de pilotage du projet en 2014. Ce sont notamment la croissance économique, le développement technologique, les règlements adoptés par les pouvoirs publics et l'état du climat et du milieu marin d'ici à 2030.

- Le « scénario durable » fait l'hypothèse d'une croissance économique forte, mais d'une faible dégradation de l'environnement grâce au développement de technologies économes en ressources et sans incidence sur le climat, combinées à un cadre gouvernemental porteur, qui déploie les incitations souhaitables pour que l'économie de la mer puisse prospérer sur le plan économique tout en respectant les normes environnementales.
- Le « scénario non durable », quant à lui, suppose une croissance économique faible et une grave détérioration de l'environnement. Associée à un changement climatique plus rapide que prévu et à de faibles taux d'innovation technologique, l'économie de la mer fait face à des perspectives périlleuses après 2030.

Dans le scénario de maintien du statu quo, la valeur ajoutée de l'économie de la mer est égale à 1 500 milliards USD en 2010 et 3 000 milliards en 2030. Dans le scénario « durable », elle s'élève à plus de 3 200 milliards USD en 2030. Dans le scénario « non durable », elle s'établit à 2 800 milliards USD environ. L'écart entre ces deux derniers

scénarios devrait se creuser au fil du temps. De même, le nombre d'emplois en 2030 dans l'économie de la mer est de presque 43 millions dans le scénario durable, mais il est inférieur à ce chiffre d'environ 7 millions dans le scénario non durable. Dans tous les cas, il s'agit là d'estimations prudentes car tous les secteurs liés à la mer ne sont pas pris en compte et seuls l'emploi et la valeur ajoutée directs sont compris.

Une économie de la mer en expansion conduit à une accentuation des pressions exercées sur les ressources marines et les espaces maritimes

Une croissance future des secteurs d'activité liés à la mer de l'ordre de celle décrite dans le présent rapport laisse présager une accentuation des pressions exercées sur des ressources marines et des espaces maritimes déjà soumis à d'intenses contraintes, en particulier dans les zones économiques exclusives (ZEE), qui concentrent l'essentiel de l'activité. Il n'a encore jamais été possible d'opposer à ces contraintes une action efficace et rapide, ce que l'on attribue en grande partie au fait que la gestion des activités marines obéit depuis toujours à une approche sectorielle (voir chapitre 9).

Soucieux de soulager ces pressions croissantes, toutefois, de plus en plus de pays et de régions ont élaboré des cadres stratégiques, ces dernières années, afin de mieux gérer l'espace maritime compris dans leur ZEE. Ces cadres reposent principalement sur des approches écosystémiques et sur l'emploi de différents instruments de planification et de gestion de l'espace maritime, comme la gestion intégrée des zones côtières (GIZC), la planification spatiale marine et les aires marines protégées (AMP). Certains de ces pays ont déjà mis en place leur cadre d'action stratégique, tandis que d'autres en sont encore aux phases de conception et de mise en œuvre. À l'origine de ce changement de cap, on trouve l'idée, de plus en plus répandue, que la gestion des mers doit reposer sur une approche écosystémique. L'interdépendance des utilisations et des processus, sur les côtes et en mer, impose une gouvernance de la mer qui soit intégrée, régie par le principe de précaution et à caractère anticipatif.

À l'heure actuelle, quelque 50 pays ont amorcé une forme ou une autre de gestion de l'espace maritime. Huit pays disposent de plans maritimes approuvés par les autorités nationales, qui couvrent 8 % environ des ZEE du monde. D'ici à 2025, plus de 25 pays posséderont un plan de ce type, ce qui représentera 25 % de la superficie totale des ZEE mondiales.

L'échelle et la portée de ces différentes initiatives diffèrent toutefois considérablement d'un pays à l'autre. Par ailleurs, compte tenu de l'expansion rapide que l'on prévoit pour ces secteurs dans le monde et du fait que les espaces maritimes sont de plus en plus occupés, il est urgent de parvenir à une gestion intégrée et efficace associant autant de pays côtiers que possible. Les obstacles qui se dressent sur cette voie sont encore nombreux et vont devoir être levés dans un proche avenir. On peut ainsi citer : un manque de connaissances et de données scientifiques sur le milieu marin – aggravé par la complexité et l'incertitude qui caractérisent ce milieu ; un usage insuffisant des outils scientifiques et technologiques pour collecter, traiter et analyser les données effectivement disponibles ; le manque de données socioéconomiques pertinentes ; et la difficulté de concilier les intérêts des parties prenantes tels qu'on les perçoit, les effets redistributifs et les questions d'équité. S'ajoute à cela le fait que la science a mis du temps à se mettre au diapason de l'action à mener pour évaluer et faire connaître les équilibres à respecter entre les utilisations que les humains font de la mer, et pour définir les stratégies d'arbitrage correspondantes.

La gestion intégrée des mers offre de réelles possibilités de résoudre ces problèmes, mais a besoin de meilleurs outils

Trois axes, en particulier, sont possibles pour remédier aux insuffisances mentionnées ci-dessus et améliorer l'efficacité et la diffusion de la gestion intégrée des mers :

- faire un plus grand usage de l'analyse économique (analyse coût-avantages, par exemple – détermination et chiffrage des types de coûts, des types d'avantages, des techniques d'évaluation) et des instruments économiques (taxes, redevances, permis négociables, entre autres)
- mieux utiliser les innovations scientifiques et technologiques (comme les progrès dans les applications satellitaires, surtout combinées à d'autres innovations dans des applications telles que les drones, les véhicules aériens sans pilote [UAV], les capteurs, la cartographie, l'imagerie), en particulier pour collecter davantage de données et des données de meilleure qualité
- innover en matière de gouvernance et d'association des parties prenantes aux processus (coordination entre organismes publics, et consultation des parties prenantes à une échelle plus vaste, mais de façon plus efficace et avec un meilleur rapport coût-efficacité).

L'analyse et les instruments économiques font partie de la boîte à outils indispensable pour améliorer la mesure et l'évaluation des services écosystémiques. Ils sont particulièrement utiles lorsque l'espace maritime est l'enjeu de demandes rivales et qu'on recherche un juste équilibre entre l'utilisation de cet espace et la protection des milieux marin et côtier. Cela étant, le manque de données sur les paramètres économiques (tels que la valeur non marchande des principaux services écosystémiques) et sur les phénomènes environnementaux (comme l'état d'habitats particuliers de la faune marine et les interactions entre ceux-ci) conjugué à une mise en œuvre toujours lacunaire de la planification de l'espace maritime se sont traduits jusqu'ici par une sous-utilisation des instruments économiques appliqués au milieu marin.

La science, la technologie et l'analytique de données ne sont ni pleinement ni efficacement exploitées dans le processus de gestion de la mer. Les défis liés aux données qu'il va falloir relever pour être efficace dans la planification de l'espace maritime et la gestion de la mer sont considérables. De nombreuses incertitudes demeurent sur ce que l'on trouve dans la mer ; on en sait très peu sur les effets interactifs des différentes utilisations et des différents utilisateurs de ce milieu ; et celui-ci est un environnement dynamique en pleine transformation du fait du changement climatique. De vastes lacunes d'information subsistent. Les données sur les ressources marines sont fragmentées, difficiles à localiser, et font la part belle aux caractéristiques physiques et écologiques. Cela s'explique en partie par l'approche monosectorielle de la planification de l'espace maritime qui a prévalu par le passé et par l'accent mis jusqu'ici sur les processus biophysiques plutôt qu'économiques et sociaux associés au milieu marin. Lorsque des données sont disponibles, il reste encore aux décideurs publics, aux chercheurs et au public à s'orienter dans la diversité des sources et des formats.

Au premier rang des conditions d'une gestion efficace de la mer figurent la gouvernance et la participation des parties prenantes, en d'autres termes la coordination entre administrations et l'association au processus de tous les acteurs concernés – scientifiques, entreprises, secteurs utilisateurs et associations. Une longue tradition d'approches sectorielles explique cependant pourquoi les structures de gouvernance actuelles ne sont

généralement pas très adaptées pour assumer ces tâches de coordination et de consultation de manière efficace entre les différents secteurs, en particulier quand les ressources sont mobiles et renouvelables (dans la pêche, par exemple) ou fixes et en grande partie non renouvelables (gisements de pétrole et de gaz, par exemple). Le plus souvent, des administrations distinctes sont responsables de la délivrance des permis aux différents utilisateurs, mais ne coopèrent pas très bien, quand elles coopèrent. Passer d'une gestion par secteur à une gestion intégrée des mers est un changement institutionnel majeur.

Les trois voies susceptibles d'aider à améliorer la gestion de la mer sont exposées plus en détail au chapitre 9.

Recommandations : Un programme de coopération internationale pour une économie de la mer viable à long terme

Quelles sont les conditions requises pour élargir les perspectives de développement à long terme des nouveaux secteurs d'activité liés à la mer et intensifier la contribution de ces secteurs à la croissance et à l'emploi, tout en gérant les mers de façon responsable et pérenne ? Le présent rapport insiste sur l'importance d'une vision globaliste de l'économie de la mer, une orientation qui transparaît à la fois dans les principales constatations et dans la structure et l'orientation des propositions formulées ci-après. Plutôt que d'aborder chaque branche d'activité séparément, les recommandations dépassent la notion de discipline et de secteur pour tenter de fournir une perspective plus intégrée sur ce qui pourrait être fait afin d'atteindre un équilibre souhaitable entre le développement économique et la viabilité environnementale des domaines de la mer dans les prochaines années.

Les recommandations sont divisées en quatre groupes :

1. Favoriser la coopération internationale dans le domaine des sciences et technologies de la mer en tant que moyen de stimuler l'innovation et d'engager cette économie plus avant sur la voie du développement durable.
2. Renforcer la gestion intégrée des mers.
3. Consolider les bases statistiques et méthodologiques nationales et internationales servant à apprécier la taille et la performance des secteurs d'activité liés à la mer ainsi que leur contribution à l'économie globale.
4. Étoffer les capacités d'évaluation prospective des secteurs maritimes.

1. Favoriser la coopération internationale dans le domaine des sciences et technologies de la mer en tant que moyen de stimuler l'innovation et d'engager cette économie plus avant sur la voie du développement durable

L'innovation dans les sciences et technologies de la mer jouera un rôle essentiel pour assurer un développement durable de cette économie, et ce pour deux raisons intimement liées.

Premièrement, l'économie de la mer est un champ mondial dans lequel un très grand nombre d'entreprises, et même de pays, se disputent âprement les marchés. La façon dont ces forces concurrentielles vont évoluer dans l'avenir dépend énormément de la capacité des entreprises à constamment renouveler, ajuster, mettre à niveau et réinventer leurs produits, leurs procédés de production et leurs services. L'innovation est la clé de leur survie et de leur réussite économique.

Deuxièmement, la poursuite, sans changement, de l'expansion des activités économiques de la mer n'est pas une option, car elle mettrait toujours plus en péril la santé et les ressources de ce milieu, sapant la base même sur laquelle reposent les activités que l'on cherche à développer. La recherche de solutions pour développer les débouchés commerciaux tout en réduisant à un minimum l'impact sur le milieu marin et ses ressources passe par l'innovation. L'ampleur et la complexité des défis à relever sont telles qu'une coopération internationale sur l'innovation technologique dans les secteurs maritimes va devenir de plus en plus indispensable.

L'importance du rôle que les pouvoirs publics pourraient jouer pour promouvoir l'innovation dans l'ensemble des secteurs liés à la mer et entre eux pourrait être considérable et mérite d'être étudiée de plus près. Trois axes sont proposés ci-après.

1. Mieux exploiter les effets de synergie potentiels entre secteurs tournés vers la mer dans le domaine de la technologie et de l'innovation

Pourquoi est-ce important ?

Une très forte synergie est possible entre certaines activités liées à la mer – l'éolien en mer et les énergies renouvelables d'origine marine avec l'exploitation de pétrole et de gaz en mer ; l'aquaculture marine, le tourisme, la recherche marine et la biotechnologie marine avec les structures et plateformes en mer –, mais aussi entre les technologies mises en œuvre dans ces activités. Les avantages que l'on peut en attendre peuvent prendre la forme, par exemple, d'une baisse des coûts favorisée par la mutualisation d'infrastructures, d'un brassage fécond des technologies et des procédés innovants, d'un impact réduit sur le milieu marin et d'une planification plus efficace de l'utilisation d'un espace maritime limité.

Ces tâches sont souvent accomplies par des pôles d'activité liée à la mer, qui font office d'agents de transfert intersectoriel de technologie et de catalyseurs des effets de synergie dans l'innovation, en particulier parmi les petites et moyennes entreprises (PME). Cependant, si l'on observe la situation dans le monde, de nombreux pôles ne couvrent qu'une petite partie des sous-secteurs maritimes ; quelques-uns sont publics, d'autres privés ou mixtes ; certains pôles interagissent peu avec d'autres secteurs et ne peuvent pas assumer les tâches de coordination et d'échange intersectoriels ; d'autres encore n'ont aucun mandat pour mener des initiatives d'innovation scientifique et technologique plurisectorielles. Enfin, nombre de pays et de régions du monde ne possèdent aucun pôle d'activité maritime actif. Les politiques publiques peuvent aider à créer, renforcer, soutenir et développer ce type d'instruments, mais il n'existe pas de stratégie universelle, et les cas de figure dépendent en grande partie des circonstances locales et nationales.

Si l'on se tourne davantage vers l'avenir, on constate que, ces dernières années, de nombreuses initiatives ont vu le jour dans le monde, qui, pour beaucoup, sont encore en phase de planification ; leur but est de créer des centres d'excellence particuliers visant à exploiter les possibilités de synergie des innovations technologiques entre branches d'activité tournées vers la mer, souvent en liaison avec des pôles d'activité maritime. On peut ainsi citer les initiatives suivantes : S.E.A. Lab Innovation Centre (Méditerranée), Blue Tech Incubator de San Diego (États-Unis), Ocean Space Centre (Norvège) et Ocean Technology Alliance (Canada). Nombre d'entre elles constituent des partenariats public-privé, ce qui permet aux pouvoirs publics de varier les formes de soutien de l'innovation dans le secteur maritime.

Que faut-il faire ?

- Mener les analyses et les examens comparatifs qui s'imposent sur les pôles d'activité maritime de par le monde, en particulier pour apprécier l'efficacité avec laquelle ces derniers suscitent et encouragent des innovations technologiques intersectorielles intéressant le domaine maritime Des enseignements précieux pourraient notamment être tirés d'un examen du rôle des administrations centrales et régionales dans les activités d'innovation des pôles, examen qui porterait sur les aspects suivants : approche d'ensemble (interventionniste, non interventionniste, habilitante) ; mesures effectivement prises, telles que soutien financier, incitations ou limitation des risques ; participation à la création des infrastructures de recherche requises ; ou appui à la coopération et aux réseaux public/privé et interentreprises afin de favoriser une utilisation plus efficace des ressources et compétences publiques et privées dans les activités d'innovation.
- Étudier comment on peut transposer à une échelle internationale les programmes d'innovation des pôles d'activité maritime nationaux, en favorisant la création de réseaux et la collaboration entre ces réseaux sur des programmes technologiques liés à la mer intéressant spécifiquement les bassins maritimes communs et les océans partagés ; encourager en outre les accords bilatéraux et les alliances, sans les limiter aux pôles d'activité voisins, mais en les étendant aussi à d'autres pôles, plus éloignés, si ceux-ci présentent des possibilités de coopération particulièrement riches.
- Amorcer la création de réseaux internationaux d'échange de vues et de données d'expérience sur la mise en place de centres d'excellence ou d'incubateurs d'innovation, entre autres, dans le domaine des technologies maritimes intersectorielles, en s'intéressant particulièrement aux technologies génériques et habilitantes clés.

2. Soutenir les initiatives qui visent à accélérer une cartographie plus détaillée du fond des mers

Pourquoi est-ce important ?

Le manque de connaissance des fonds marins, en particulier aux grandes profondeurs, est un obstacle majeur à notre compréhension et notre suivi des changements environnementaux liés au climat, de la dynamique des écosystèmes marins et du milieu marin plus généralement. Les récentes avancées technologiques de l'altimétrie satellitaire et de la gestion de données ont permis d'établir la topographie du fond des mers sur toute la planète, mais à une faible résolution (1.5 km), qui n'offre donc guère de détail. Augmenter nettement la précision de ces cartes est une tout autre histoire. Jusqu'ici, seulement 5 % environ des fonds marins de la planète ont été cartographiés en haute résolution (généralement à l'aide de sonars multifaisceaux), et la majeure partie se trouve dans les eaux nationales (ZEE), et non dans les eaux internationales. La cartographie des caractéristiques biochimiques et biologiques, des habitats et des reliefs abyssaux est bien moins développée et moins générale. Des cartes plus détaillées constituent pourtant un outil crucial à bien des égards : pour détecter et observer, à des échelles et à des niveaux de précision plus fins, les ondulations et la composition des fonds marins ; pour affiner nos connaissances sur l'ensemble des écosystèmes marins ; pour protéger et pister la vie marine ; pour recenser les ressources naturelles et réglementer l'exploration des ressources sous-marines, leur extraction et les équipements utilisés ; pour installer des fermes éoliennes en mer et des sites d'aquaculture marine ; ou pour préparer des

opérations de forage d'hydrocarbures. Plusieurs initiatives majeures de cartographie sont en cours ou programmées, mais les 95 % de fonds marins qui restent à cartographier représentent une tâche herculéenne, qui prendra probablement des années. Une cartographie à plus vaste échelle présente des avantages potentiels énormes, mais définir les priorités de ce processus est extrêmement délicat.

Que faut-il faire ?

- Soutenir les actions internationales, menées en collaboration par des organisations internationales (l'Organisation hydrographique internationale et la Commission océanographique intergouvernementale, par exemple), et les collaborations multilatérales (telles que l'Alliance pour la recherche sur l'Océan Atlantique) qui visent à cartographier le fond des mers, notamment dans les eaux internationales et dans les grands fonds, l'objectif ultime étant de mieux comprendre les conséquences physiques et écologiques du changement climatique sur la biodiversité marine et les principaux services océaniques.
- Encourager les initiatives tendant à déterminer, étudier et atténuer les obstacles – économiques, techniques, juridiques, politiques – qui freinent la coopération internationale en matière de partage des cartes de fonds marins déjà établies par les institutions publiques, les établissements de recherche et les entreprises (pétrole et gaz, éolien en mer, exploitation minière des fonds marins, etc.) qui sont actifs dans ce domaine, et étudier les possibilités d'un regroupement des données bathymétriques et des données connexes dans des centres accessibles au public.

3. Améliorer le partage des technologies et des innovations entre pays de niveaux de développement différents

Pourquoi est-ce important ?

Dans toutes les régions et à tous niveaux de développement, la science, la technologie et l'innovation sont des conditions *sine qua non* d'un développement durable. Les secteurs maritimes n'échappent pas à la règle, surtout lorsqu'ils représentent une composante stratégique du développement économique et social d'un pays. Ainsi, pour les pays en développement dont l'activité est en partie tournée vers la mer, la création, l'acquisition et l'adaptation d'innovations scientifiques et technologiques dans le domaine maritime jouent un rôle vital dans l'action menée pour relever les défis du développement. Partant, les pays avancés ont l'importante responsabilité de soutenir les pays en développement – et, dans certains cas, les économies émergentes – pour que ceux-ci puissent mettre en place les infrastructures scientifiques et renforcer les capacités en matière de politiques dont ils ont besoin dans leurs activités liées à la mer. En réalité, d'ailleurs, le processus est susceptible de fonctionner dans les deux sens. Les pays développés peuvent tirer parti de l'expérience des économies émergentes, par exemple, moins limitées dans la mise en place de leurs systèmes de science et d'innovation par des structures institutionnelles et d'autres organisations héritées du passé ; ou de celle de pays en développement, dont les pratiques centenaires renferment parfois un savoir précieux pour réorganiser les produits et les procédés dans l'environnement dans lequel opèrent les entreprises modernes. L'accent doit être mis sur le renforcement des capacités et la création de débouchés commerciaux viables à long terme en partenariat avec les pays en développement, et sur le développement de technologies appropriées aux enjeux de durabilité auxquels ces pays sont confrontés. Les marchés du savoir et les réseaux de connaissance peuvent jouer un rôle essentiel dans le transfert de technologie.

Que faut-il faire ?

- Recenser les mécanismes et les lieux d'échange efficaces pour un partage international des bonnes pratiques de gouvernance, de conception et de mise en œuvre des politiques de l'innovation dans le domaine des sciences de la mer et des technologies marines, entre pays parvenus à différents stades de développement. Ce type de mécanismes comprend, par exemple, les accords bilatéraux, les dispositifs de cofinancement, les projets menés en collaboration, la recherche contractuelle et l'échange de chercheurs. Il devient crucial également de mieux comprendre comment les marchés du savoir et les réseaux de connaissance peuvent faciliter l'accès à ces mêmes marchés en cours de mondialisation, en soutenant les flux de connaissances et les transferts de propriété intellectuelle au moyen d'institutions telles que les bureaux de transfert de technologie, les pépinières d'entreprises et les centres de services multisectoriels.
- Encourager la collaboration entre pôles d'activité maritime régionaux et nationaux, comme moyen de transfert des connaissances et des bonnes pratiques. Quand les pays maritimes en développement ne possèdent aucun pôle d'activité liée à la mer, les gouvernements devraient étudier les avantages qu'ils pourraient avoir à contribuer à la création de tels pôles, en collaboration avec le secteur considéré et les milieux de la recherche, aux fins d'encourager l'innovation et l'échange de technologie à la fois dans le pays concerné et avec des pays partenaires.

2. Renforcer la gestion intégrée des mers

Comme il a été souligné précédemment, les activités liées à la mer sont considérées comme essentielles pour résoudre les problèmes auxquels le monde fait face. Pourtant, les pressions qui s'exercent sur le milieu marin – surpêche, pollution et destruction des habitats, pour ne citer que celles-ci – ont continué de s'accentuer, notamment du fait d'une utilisation croissante de l'océan. Ces pressions peuvent être imputées en partie au manque de connaissances et de données sur les processus océaniques et sur l'impact de l'activité des secteurs maritimes, en partie à un manque d'outils de gestion efficaces et en partie à la gestion sectorisée traditionnellement appliquée aux activités liées à la mer.

Comme indiqué plus haut, on a vu ces dernières années augmenter de façon significative le nombre de pays et de régions mettant en place des cadres stratégiques censés leur permettre de mieux gérer l'espace maritime compris dans leur ZEE. Compte tenu de l'accélération prévue de l'utilisation de la mer et de ses ressources dans les prochaines années, toutefois, il va devenir vital de renforcer l'efficacité et d'étendre rapidement le champ géographique d'application d'une gestion intégrée des mers.

Trois axes d'action sont possibles pour parvenir à une gestion intégrée des mers plus efficace et plus étendue : 1) faire un meilleur usage de l'analyse et des instruments économiques ; 2) améliorer la collecte, la gestion et l'intégration des données ; 3) encourager une plus grande innovation dans les structures de gouvernance, les processus et l'association des parties prenantes à ces processus.

1. Faire un meilleur usage de l'analyse et des instruments économiques dans la gestion intégrée des mers

Les actifs naturels et les services écosystémiques des mers font partie intégrante de l'économie de la mer. Malgré le nombre croissant d'études menées pour en dresser l'inventaire et pour comprendre et quantifier leur contribution au bien-être et à la prospérité

de l'humanité, nos connaissances dans ces domaines sont toujours insuffisantes. De la même manière, les travaux de recherche sur les complexités du milieu marin et de l'activité humaine qui s'y rattache se sont intensifiés ces dernières années, mais le choix des priorités d'investissement dans ces travaux a généralement été guidé par l'intérêt scientifique, sans plus de considération pour leur utilité économique potentielle, en raison notamment d'une analyse coût-avantages encore peu développée en matière d'investissements dans l'observation des océans et la recherche marine/maritime. Par ailleurs, la gestion des activités menées dans l'espace maritime n'a pas optimisé son recours aux instruments économiques pour tenter d'obtenir de meilleurs résultats et de désamorcer les conflits potentiels entre utilisateurs de la mer et de ses ressources. Au contraire, la gestion du milieu marin s'est faite jusqu'ici selon une approche essentiellement réglementaire. Les économistes soutiennent pourtant depuis longtemps que les incitations fondées sur le marché, qui appliquent des valeurs monétaires, sont parfois plus efficientes que les approches contraignantes en matière de gestion de l'environnement (voir chapitre 9).

Des mesures permettant de s'attaquer à ces problèmes sont proposées ci-après.

Améliorer la mesure et l'évaluation des ressources naturelles et des services écosystémiques de la mer

Pourquoi est-ce important ?

Un grand nombre de services écosystémiques jouent un rôle capital dans le bien-être, la santé, les moyens d'existence et la survie des humains. La dégradation des écosystèmes et la perte de biodiversité compromettent la capacité de ces écosystèmes à maintenir leur flux de services pour les générations actuelles et futures. Il est donc essentiel d'attribuer à ces services une valeur monétaire pour concrétiser l'importance des écosystèmes et de la biodiversité aux yeux des décideurs publics. Cela peut contribuer à une utilisation plus efficiente de fonds limités et donner des indications sur les préférences des utilisateurs et sur la valeur relative que les générations actuelles attachent aux services écosystémiques. Cela peut également aider à étayer les décisions d'affectation de ressources entre utilisations concurrentes. La définition et l'évaluation du rôle des secteurs maritimes dans l'économie de la mer ne cessent de s'améliorer, mais l'estimation des ressources naturelles et des services écosystémiques marins et la mesure de leur contribution économique se révèlent infiniment plus complexes. Plus spécifiquement, les obstacles à l'évaluation des services écosystémiques de la mer sont les suivants : un manque de disponibilité et de fiabilité des données, la priorité accordée à des régions et des biomes spécifiques, l'hétérogénéité des modèles conceptuels de données et les différences dans les méthodes de calcul des coûts.

Que faut-il faire ?

- Œuvrer pour une collecte de données plus complète et une meilleure comptabilité des biens et services publics fournis par les écosystèmes marins comme moyen de renforcer la prise de décision et la gestion durable de ces écosystèmes.
- Examiner les améliorations méthodologiques possibles pour mieux cerner la valeur des actifs naturels et des services écosystémiques marins.
- Étudier comment d'autres modèles de développement économique pourraient aider à trouver un meilleur équilibre entre utilisation en hausse des océans et préservation de leur santé, sachant que l'on dispose d'une somme croissante de connaissances sur les relations d'interdépendance entre les activités économiques tournées vers la mer d'une part et les actifs et services écosystémiques marins d'autre part.

Évaluer l'efficacité économique des investissements publics dans la recherche et l'observation marines

Pourquoi est-ce important ?

La connaissance scientifique fondamentale de la mer – ses propriétés et son comportement, sa santé, son rôle dans le changement climatique et son influence sur les conditions météorologiques, etc. – est essentielle pour comprendre et gérer les écosystèmes marins. Elle constitue aussi une condition préliminaire vitale pour la durabilité de toutes les activités liées à la mer. L'observation marine est donc une pierre angulaire des sciences de la mer. Dans sa version moderne, elle nécessite une série d'infrastructures, notamment : des navires de haute mer équipés pour la recherche et des systèmes autonomes de collecte de données *in situ* ; des dispositifs satellitaires de télédétection, de communication et de localisation ; des plateformes et des systèmes flottants, submersibles et fixes ; une infrastructure de modélisation et une infrastructure informatique, ainsi que des systèmes de stockage et de gestion de données massives. À l'échelon international, beaucoup travaillent déjà activement dans ce sens, à travers des initiatives et des organismes tels que l'UNESCO et la Commission océanographique intergouvernementale, le Système mondial d'observation de l'océan (SMOO) des Nations Unies ou le Recensement de la vie marine, et dans le cadre d'initiatives régionales (Euro-Argo, *European Multidisciplinary Seafloor and water-column Observatory* et AtlantOS, par exemple). Une grande partie des investissements dans la recherche, la collecte de données et les infrastructures est financée avec de l'argent public. Or, si de nombreuses initiatives d'observation marine ont évalué l'efficacité de leur contribution aux domaines d'activité scientifiques (météorologie marine, mesure de l'acidification, etc.), peu d'efforts ont été faits pour apprécier la valeur économique des données produites. Ce calcul contribuerait pourtant à susciter un bien plus grand intérêt pour la recherche sur les océans et à mobiliser une participation financière beaucoup plus importante à cette fin, et aiderait aussi à orienter les travaux de recherche et, dans certains cas, à établir des priorités.

Que faut-il faire ?

- Lancer des projets pilotes, en s'assurant de la collaboration internationale des organismes de recherche marine, des parties prenantes et des utilisateurs, pour étudier les possibilités d'évaluer la valeur économique des données liées à la mer. Dans un premier temps, une série d'études de cas pourraient être réalisées à partir d'une sélection de chaînes de valeur des données.

Renforcer l'usage des instruments économiques et de la planification de l'espace maritime et côtier

Pourquoi est-ce important ?

Les instruments économiques sont conçus pour remédier aux externalités associées à l'utilisation de ressources naturelles. Il peut s'agir par exemple d'instruments fondés sur les prix, comme les taxes, les redevances, les droits d'utilisation, les quotas individuels transférables, les subventions, les paiements pour services écosystémiques ou les compensations des atteintes à la biodiversité (réserves d'habitats, par exemple). Ces instruments économiques sont particulièrement utiles lorsque l'espace maritime est l'enjeu de demandes rivales et qu'on recherche un juste équilibre entre l'utilisation de cet espace et la protection des milieux marin et côtier. Ils ont pourtant été sous-utilisés dans ce contexte en raison d'un manque de données sur les paramètres économiques et environnementaux, conjugué à un coût élevé de traitement des données et à une mise en

œuvre toujours lacunaire de la gestion de l'espace maritime. D'où une prise de décision et une gestion moins efficaces et d'un moins bon rapport coût-efficacité que cela aurait pu être.

Cette situation est en train d'évoluer, car des méthodes d'évaluation non marchandes (méthode des choix multiattributs ou méthode du coût du trajet, par exemple) ont commencé à associer aux services écosystémiques des valeurs de plus en plus fiables. Malgré les nombreux exemples d'application fructueuse de ces méthodes, toutefois, elles restent globalement sous-utilisées dans le contexte de la planification de l'espace maritime.

Que faut-il faire ?

- Encourager la diffusion et la mise en œuvre des instruments économiques dans la planification de l'espace maritime, en créant des plateformes internationales permettant d'échanger connaissances et bonnes pratiques et de confronter les expériences. Outre les économistes de la mer, ces plateformes devraient réunir les scientifiques qui étudient le milieu marin et des représentants des organismes publics, des autorités de réglementation et des utilisateurs.
- Améliorer la prise en compte de la dimension temporelle dans la gestion de la mer grâce à des techniques prospectives, et ainsi faire en sorte de renforcer la planification et la gestion par une connaissance préalable des changements probables du milieu marin comme des activités économiques liées à la mer.

2. Améliorer la collecte, la gestion et l'intégration des données

Pourquoi est-ce important ?

Pour concevoir et évaluer les processus de gestion de la mer et communiquer sur le sujet, les scientifiques et les décideurs publics ont besoin d'indicateurs efficaces et mesurables qui leur permettent de comparer les résultats obtenus aux finalités et aux objectifs initialement déclarés ; et pour élaborer et exploiter ces indicateurs, ils ont besoin de données. L'efficacité de la mise en œuvre dépend fortement des connaissances scientifiques disponibles sur le milieu marin et sur les conséquences réelles et potentielles des activités humaines sur ce milieu. Il est donc d'autant plus nécessaire de collecter des données et d'effectuer un suivi et une évaluation afin d'améliorer la connaissance d'un environnement mal compris.

Au cours de la dernière décennie, la somme de données générée sur tous les aspects de la vie a littéralement explosé. Le coût de traitement des données est en baisse, tandis que les infrastructures infonuagiques s'étoffent, ouvrant un accès modulable aux technologies *open source*. Parallèlement, les avancées dans le domaine des interfaces de programmation d'application (API), des algorithmes de traitement de données et de l'apprentissage automatique permettent de transformer les données en éléments de compréhension susceptibles d'aboutir à une action.

La gestion intégrée des mers doit toutefois relever d'immenses défis concernant les données. Cela va d'un manque de connaissances sur ce que l'on trouve effectivement dans l'océan ou sur les effets interactifs des différentes utilisations et des différents utilisateurs de la mer, au rôle des océans dans la dynamique du changement climatique et à la fragmentation des données. La palette d'outils disponibles pour collecter des données et effectuer un suivi des océans s'est considérablement élargie ces dix dernières années : missions de navigation, envoi de sondes et observatoires, véhicules, notamment véhicules autonomes sous-marins (AUV) et satellites. Cependant, si ces outils sont à l'avant-garde des techniques de suivi de la mer, le coût relativement élevé de ces plateformes limite

leur densité spatiale et temporelle, ce qui fait que les avantages des données ainsi acquises – à l'aide des technologies spatiales, par exemple – n'ont jamais atteint le seuil à partir duquel la valeur de leur contribution les aurait rendues indispensables à ce suivi. Il faut donc trouver de nouvelles méthodes et technologies de collecte de données présentant un meilleur rapport coût-efficacité et susceptibles d'appréhender l'incertitude, la complexité et la variabilité qui caractérisent le milieu marin.

Que faut-il faire ?

- Élaborer des cadres de collecte de données efficaces, mais souples, ce qui suppose : une participation régulière et soutenue de spécialistes dont le champ de compétences couvre un large éventail de sciences naturelles et sociales ainsi que les connaissances des utilisateurs ; la détermination des échelles les plus appropriées pour la collecte et la diffusion des données ; un cadre d'analyse cohérent ; le développement d'outils *open source* conviviaux, efficients et transparents pour visualiser, intégrer et partager les données ; et un ensemble d'indicateurs clairs, fiables et mesurables pour suivre l'efficacité de la gestion de la mer en comparant les résultats obtenus aux objectifs fixés en phase de planification.
- Instituer la mise en commun, selon des modalités souples, des données destinées aux processus de suivi et d'évaluation. Cela implique, par exemple, une intégration plus poussée et un meilleur partage des données, un accès facilité, des données géoréférencées, et une interopérabilité et une interconnexion virtuelle des systèmes. Les objectifs mesurables du plan, définis à partir des meilleures données disponibles, doivent être associés à des indicateurs et des cibles distincts à chaque étape, le tout pouvant être affiné au fil du temps.
- Suivre le monde de la recherche, du développement et de l'innovation pour repérer les évolutions technologiques imminentes susceptibles d'être utilisées dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des dispositifs de gestion intégrée des mers. Les projets à l'étude dans le domaine maritime, en particulier, comprennent une série de technologies extrêmement pointues qui pourraient entraîner des améliorations majeures dans la collecte et la gestion des données. Cela comprend, par exemple, des capteurs à haute performance, des véhicules sous-marins, des technologies d'imagerie et de cartographie en progrès rapide, des outils de traçabilité issus des biotechnologies et l'usage croissant de microsatellites personnalisés à bas prix. Il est probable cependant que des évolutions majeures de certaines technologies de pointe se produiront en dehors des sciences et technologies marines. D'où la nécessité de demeurer particulièrement attentif à la recherche-développement interdisciplinaire, qui jouera un rôle essentiel pour mieux intégrer la technologie de collecte des données dans la planification et le suivi de l'espace maritime.

3. Encourager une plus grande innovation dans les structures de gouvernance, les processus et l'association des parties prenantes à ces processus afin d'améliorer la gestion intégrée des mers

Pourquoi est-ce important ?

Pour l'essentiel, la gestion intégrée des mers est un processus politique. Elle nécessite une coordination entre administrations et l'association au processus de tous les acteurs concernés – scientifiques, entreprises, secteurs utilisateurs et associations. Or, du fait

d'une longue tradition d'approches sectorielles, les structures de gouvernance actuelles ne sont généralement pas très adaptées pour gérer ces tâches de coordination et de consultation de manière efficace sur l'ensemble des secteurs, en particulier quand les ressources sont mobiles et renouvelables ou, au contraire, fixes et en grande partie non renouvelables. Le plus souvent, des administrations distinctes sont responsables de la délivrance des permis aux différents utilisateurs, mais ne coopèrent pas très bien, quand elles coopèrent. Comme on l'a déjà indiqué, passer d'une gestion par secteur à des modes intégrés de gestion des mers constitue un changement institutionnel majeur.

Certains éléments du processus de gestion des mers sont largement acceptés. Ainsi, en matière de planification de l'espace maritime, les directives publiées par l'UNESCO en 2009 et récemment actualisées prévoient un processus systématique, qui commence par des étapes préparatoires, telles que la définition des objectifs du plan, l'analyse des conditions existantes, y compris la cartographie des activités liées à la mer, le choix d'un scénario d'aménagement à privilégier et l'approbation du plan définitif. La consultation des parties prenantes est intégrée dans le processus général. De même, le protocole de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) défini pour la Méditerranée est en cours d'adaptation et d'application à d'autres bassins maritimes.

En revanche, il n'existe pas de processus unique reconnu pour assurer la gestion intégrée des mers, la coordination des administrations, ou la participation des parties prenantes. Les pratiques varient selon l'endroit, en raison des différences dans la géographie, les pressions exercées sur la mer, les contraintes juridiques ou les cultures de planification, entre autres.

Par ailleurs, consulter les parties prenantes plus largement et de façon plus approfondie est un exercice à double tranchant, qui peut renforcer considérablement la légitimité de la planification, mais aussi allonger notablement le délai de planification et de délivrance des permis. Or, pendant ce temps, l'espace maritime va rapidement se charger, l'économie de la mer continuant à croître à un rythme soutenu.

Que faut-il faire ?

- S'employer plus activement à améliorer la communication et la coopération entre départements et entités de l'administration participant à la gestion intégrée des mers. Même s'ils ne sont pas toujours intégralement transposables, il est néanmoins possible de tirer des enseignements des réformes structurelles et organisationnelles que certains pays ont menées avec succès pour accélérer leurs processus de planification de l'espace maritime, de gestion intégrée des zones côtières et de création d'aires marines protégées. Si l'on sort du domaine maritime, certains gouvernements ont aussi beaucoup avancé sur la question d'une administration décloisonnée (dans la gestion des risques majeurs, par exemple) et sur celle du renforcement des rôles stratégiques du centre de gouvernement, offrant ainsi un vaste réservoir d'expériences dans lequel puiser.
- Soutenir l'efficacité de l'association des parties prenantes à une gestion de la mer fondée sur les écosystèmes à l'aide des meilleures connaissances scientifiques disponibles. Différents moyens permettent d'y parvenir : organisation de groupes d'experts ouverts, examen de documents par les pairs et orientations scientifiques claires, à même d'intégrer et d'organiser l'examen minutieux, et nécessaire, des contributions des groupes de recherche, des organisations non gouvernementales (ONG), des acteurs du secteur privé et des collectivités locales.

- Concevoir des mécanismes innovants pour accélérer la mise en œuvre d'un cadre de consultation des parties prenantes qui ne cesse de se complexifier. Là encore, la confrontation à l'échelle internationale des expériences et des bonnes pratiques dans ce domaine offre d'importantes possibilités, étant donné que la durée d'une consultation de grande ampleur semble varier considérablement en fonction du pays et de la situation. Pour les grands groupes de parties prenantes, l'utilisation de technologies de diffusion évoluées, d'outils de consultation en ligne, de réseaux sociaux et de plans d'action locaux ouvre des perspectives prometteuses.
- Porter une attention particulière à la gouvernance des bas-fonds et des zones abyssales, qui offre d'importantes possibilités de gestion et de protection interdisciplinaires, multisectorielles et multipartites, à la fois dans des zones relevant d'une juridiction nationale et dans d'autres situées hors de cette juridiction.

3. Consolider les bases statistiques et méthodologiques nationales et internationales servant à apprécier la taille et la performance des secteurs d'activité liés à la mer et leur contribution à l'économie globale

Pourquoi est-ce important ?

En donnant une valeur aux activités liées à la mer, on permet au public de prendre conscience de l'importance de ces secteurs et à ceux-ci de retenir l'attention. Les décideurs publics sont ainsi sensibilisés, et les branches d'activité concernées sont alors plus en vue dans le champ de l'action publique ; cela permet aussi de suivre dans le temps les progrès de leur développement ainsi que leur contribution, en termes monétaires et en nombre d'emplois, à l'économie globale ; enfin, cela corrobore l'idée que les secteurs liés à la mer constituent un ensemble d'activités de plus en plus interdépendantes ayant comme dénominateur commun la mer, son utilisation et ses ressources. Par ailleurs, étant donné que les activités liées à la mer, et en particulier les secteurs maritimes émergents, continuent de croître, la concurrence à l'échelle planétaire va aller en s'intensifiant ; il deviendra donc indispensable que les pouvoirs publics et les entreprises puissent établir des comparaisons et des classements internationaux entre les économies nationales de la mer. Or les ensembles de données officiels, cohérents et harmonisés à l'échelle internationale, sur les secteurs maritimes dans le monde ne sont guère développés et n'existent que pour un nombre limité d'activités. Dans le cas des secteurs maritimes émergents, la couverture statistique mondiale est particulièrement insuffisante.

Que faut-il faire ?

- Encourager les administrations et les organismes publics à redoubler d'efforts pour améliorer les ensembles de données statistiques nationaux, en particulier ceux relatifs aux secteurs maritimes émergents, y compris en collaborant plus étroitement avec des sources non officielles (pôles d'activité liée à la mer, associations professionnelles, établissements de recherche, ONG) dans l'optique de corriger les données et d'en incorporer de nouvelles dans les cadres statistiques nationaux.
- Poursuivre le développement de la Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer par les moyens suivants : 1) centraliser et actualiser les données pertinentes relatives aux secteurs maritimes dans un cadre permettant les comparaisons internationales ; 2) améliorer les méthodes de vérification et de calcul des données ; 3) étendre, lorsque c'est possible, la série d'activités liées à la mer pour englober, entre autres, l'éducation et la recherche dans ces domaines, la

biotechnologie marine, les énergies renouvelables d'origine marine, les services aux entreprises et les services financiers destinés aux secteurs maritimes, la sécurité et la surveillance maritimes ; 4) cartographier la demande actuelle et future de compétences propres aux secteurs maritimes ; 5) affiner les méthodes utilisées pour les scénarios ; et 6) mettre les données à la disposition des parties prenantes par le biais d'un guichet unique.

- Recenser les activités d'avenir, nouvelles et originales, liées à la mer (gestion d'aires marines protégées à l'échelle océanique ou démantèlement des plateformes pétrolières et gazières en mer, par exemple).

4. Étoffer les capacités d'évaluation prospective des secteurs maritimes

Pourquoi est-ce important ?

Parce qu'elles appartiennent à un ensemble de secteurs économiques interdépendants opérant à l'échelle régionale et mondiale, il est essentiel que les entreprises des secteurs maritimes soient en mesure de détecter les débouchés et les risques à long terme qui s'ouvrent à elles ou auxquels elles sont exposées à travers le monde, et qu'elles puissent prendre leurs décisions d'investissement en conséquence. De la même manière, comprendre ce qu'implique une économie de la mer en expansion sur le plan de la conception et de la mise en œuvre des politiques est d'un intérêt vital pour les pouvoirs publics des États côtiers, mais aussi de nombreuses économies enclavées, car ces politiques façonnent la compétitivité de leurs secteurs maritimes nationaux et influent sur la santé des mers relevant de leur juridiction et au-delà. Plus largement, d'autres acteurs de la science, de la recherche et de la société ont des besoins d'information similaires. Projections, scénarios, prévisions et études prospectives, tous ces outils ont leur place lorsqu'il s'agit de cerner les questions qui vont se poser, d'anticiper les problèmes ou les possibilités à venir et d'étayer la prise de décision.

Que faut-il faire ?

- Prendre acte de l'utilisation économique croissante de la mer et recourir plus régulièrement et à plus grande échelle à la prospective et à d'autres techniques d'étude de l'avenir pour tenter d'anticiper avec 10 à 20 ans d'avance comment les secteurs maritimes vont se développer, en évaluant les impacts probables de ce développement sur le milieu marin et en tenant compte non seulement des secteurs existants, mais aussi des activités liées à la mer qui commencent à apparaître.
- Réciproquement, continuer à utiliser la prospective et d'autres techniques d'étude de l'avenir pour évaluer les impacts probables à long terme des changements à venir du milieu marin – hausse des températures et des niveaux des mers, acidification, diminution des taux d'oxygène, modifications des courants et de la circulation océanique, perte de biomasse et de biodiversité, pollution, en particulier d'origine terrestre, etc. – sur les secteurs d'activité liés à la mer.
- Maintenir et affiner encore les capacités actuelles de l'OCDE à modéliser les tendances futures de l'économie de la mer à l'échelle mondiale et faire en sorte que les résultats produits soient accessibles aux États, aux entreprises et aux milieux de la recherche.

Annexe 1.A1.
Contours des secteurs d'activité liés à la mer

Le présent rapport propose de circonscrire les activités établies et émergentes liées à la mer comme suit, en gardant à l'esprit ce qui a été dit précédemment sur les chevauchements de définitions.

Secteurs établis :

- « Pêche (de capture) » : activité économique associée à la production halieutique.
- « Transformation et distribution des produits de la mer (y compris microalgues et macroalgues) » : activité économique liée à la préparation et à la conservation du poisson, des crustacés et des mollusques ; à la production de farine de poisson pour la consommation humaine et l'alimentation des animaux ; ainsi qu'à la transformation des algues.
- « Pétrole et gaz en eaux peu profondes » : exploration et exploitation des réserves de pétrole brut et de gaz naturel situées dans des zones de hauts-fonds ; cette activité économique comprend également l'exploitation et la maintenance des équipements, ainsi que les services d'exploration qui y sont associés.
- « Transport maritime » : activité économique comprenant le transport de marchandises et de passagers par mer, la manutention des cargaisons, la location et la location en crédit-bail d'équipements de transport par eau et d'autres services accessoires au transport maritime et au transport par eau.
- « Activités portuaires » : exploitation et gestion des ports, ce qui comprend notamment les activités de stockage, de chargement et de déchargement.
- « Construction et réparation navales » : construction, réparation et entretien des navires de toutes tailles, des plateformes en mer et des navires avitailleurs. Les plateformes en mer sont les installations à partir desquelles s'effectuent l'exploration et l'exploitation pétrolières et gazières en mer ; cela comprend notamment des unités flottantes de production, de stockage et d'expédition (FPSE), des plateformes fixes, des plateformes de type Spar et des plateformes à câbles tendus. Les navires avitailleurs ou navires de ravitaillement sont des navires spécialement conçus pour assurer l'appui de l'exploration et de la production pétrolière et gazière en mer. La prise en compte des plateformes en mer et des navires avitailleurs dans ce secteur tient au fait que certains constructeurs de navires produisent aussi des plateformes.
- « Fabrication et construction maritimes » : secteur fournissant des biens à de nombreux autres secteurs. Il peut être défini comme l'activité économique regroupant la fabrication des équipements et matériels maritimes : machines, vannes, câbles, capteurs, accastillage, fournitures pour l'aquaculture, etc. La construction maritime désigne l'activité économique liée à la construction en mer (pose de câbles, de canalisations) et à l'ingénierie navale (extension et construction de ports).

- « Tourisme maritime et côtier, croisières comprises » : secteur regroupant toutes les installations matérielles et directes nécessaires au tourisme maritime et aux activités de loisir liées à la mer – sports marins, pêche de loisir, aquariums, excursions sur des sites archéologiques sous-marins, etc. –, les restaurants, les hôtels et autres lieux d'hébergement, et les campings situés en bord de mer ou non loin de la mer. Sont également comprises dans ce secteur les nouvelles formes et destinations de tourisme maritime, comme les croisières dans l'Arctique et l'Antarctique.
- « Services aux entreprises des secteurs maritimes » : activité économique générée par les services d'appui fournis aux secteurs maritimes. Elle regroupe, entre autres, les sous-secteurs suivants : assurance et finance, conseil, location, services techniques, inspection et visite, et services de placement, tous spécialisés dans les activités liées à la mer.
- « R-D marine/maritime et enseignement maritime » : activités de recherche-développement, d'éducation et de formation. Malgré les différences entre recherche-développement et enseignement, ces deux activités forment un seul et même secteur car elles sont généralement exercées au sein des mêmes établissements, tels que les universités et les instituts de recherche.
- « Protection contre les inondations côtières » : activités de construction et de gestion visant à protéger le littoral contre l'érosion croissante et les inondations de plus en plus fréquentes dues à l'évolution du niveau des mers. Il ne s'agit pas là, à proprement parler, d'activités menées en mer ou destinées à appuyer des secteurs maritimes, aussi sont-elles souvent exclues des définitions de l'économie de la mer.

Secteurs émergents :

- « Aquaculture marine » : production de produits de la mer (y compris microalgues et macroalgues) sur des exploitations spécialement aménagées.
- « Pétrole et gaz en eaux profondes et très profondes » : activité économique liée à l'exploration et à l'exploitation des réserves de pétrole brut et de gaz naturel situées dans des zones de bas-fonds et des zones abyssales ; elle comprend également l'exploitation et la maintenance des équipements, ainsi que les services d'exploration qui y sont associés.
- « Éolien en mer » : production d'électricité à partir de turbines éoliennes installées en mer. La construction des parcs éoliens en mer est comprise dans le secteur de la construction navale, car ces parcs sont produits par des entreprises qui construisent des navires.
- « Énergies renouvelables d'origine marine » : énergies renouvelables produites à partir de mouvements ou de caractéristiques de la mer – énergie marémotrice, énergie houlomotrice, énergie osmotique, conversion de l'énergie thermique des océans (CETO).
- « Exploitation minière de l'eau de mer et des fonds marins » : production, extraction et traitement des ressources non biologiques présentes dans l'eau de mer et dans les fonds marins. Cela comprend l'exploitation des gisements de minéraux et de métaux des fonds marins (bas-fonds et abysses), des diamants

présents dans les eaux des estuaires, des granulats d'origine marine (calcaire, sable et gravier) et des minéraux dissous dans l'eau de mer.

- « Sécurité et surveillance maritime » : activité économique liée aux produits et services fournis par l'État et par des organismes publics ou des entreprises du secteur privé dans différents domaines maritimes, tels que la lutte contre la pollution, le contrôle des pêches, les opérations de recherche et de sauvetage en mer, les contrôles douaniers en mer ou encore les opérations de sécurité intérieure dans les zones côtières.
- « Biotechnologie marine » : activité économique liée à « [l]'application de la science et de la technologie à des organismes vivants, de même qu'à ses composantes, produits et modélisations, pour modifier des matériaux vivants ou non vivants aux fins de la production de connaissances, de biens et de services »[1].
- « Produits et services maritimes de haute technologie » : activité économique regroupant divers domaines tels que la détection et les communications de pointe, la gestion et le traitement électronique des données, la robotique marine et l'intelligence artificielle, les sciences des matériaux et l'ingénierie marine. Ces technologies viennent à l'appui d'un certain nombre de secteurs maritimes : pétrole et gaz, transport et transport maritime, pêche et aquaculture, tourisme côtier et sécurité du littoral, sécurité et surveillance. Elles sous-tendent également le développement de secteurs émergents tels que les énergies renouvelables d'origine marine ou le suivi environnemental et la gestion des ressources du milieu marin.
- « Autres » : activités économiques non classées dans les catégories précédentes, mais en plein développement, comme le dessalement de l'eau de mer à diverses fins – irrigation, utilisation par le consommateur et usage commercial – et le captage et le stockage du carbone.

1. La définition générale de l'OCDE de la biotechnologie, consultable à l'adresse www.oecd.org/health/biotech/statisticaldefinitionofbiotechnology.htm, est en passe de devenir une norme mondiale si l'on en croit l'atelier sur le potentiel à long terme des biotechnologies marines.

Annexe 1.A2. Mesurer la valeur des écosystèmes marins

Les estimations des avantages des services écosystémiques marins portent à croire que ceux-ci sont considérables. De Groot et al. (2012) fournissent des estimations mondiales d'un certain nombre d'écosystèmes et de services, y compris la haute mer, les récifs coralliens, les systèmes côtiers et les zones humides littorales et intérieures. Ils constatent que la valeur annuelle totale des services écosystémiques varie de 490 USD[1], pour l'ensemble des services susceptibles d'être fournis par un hectare « moyen » de haute mer, à 350 000 USD, pour ceux que peut fournir un hectare « moyen » de récif corallien. Même la valeur mondiale de certains actifs naturels pris individuellement, tels que les coraux, est évaluée à près de 797.4 milliards USD (Cesar, Burke et Pet-Soede, 2003). Pour certaines destinations touristiques, telles que Hawaii, la valeur des récifs coralliens peut monter jusqu'à 1 million USD par hectare et par an (Cesar, Burke et Pet-Soede, 2003). Le piégeage du carbone fournit un autre exemple d'appréciation de la valeur des services écosystémiques. La Global Ocean Commission (GOC) estime que la valeur économique mondiale de cette fonction des mers et des océans est comprise entre 74 milliards USD et 222 milliards USD par an (GOC, 2014). Ces chiffres donnent une idée claire de l'ampleur de la contribution des écosystèmes marins et côtiers à la valeur globale de l'économie de la mer.

Les services écosystémiques sont de nature plus ou moins tangible, puisqu'ils peuvent aller de la production d'aliments à une valeur purement esthétique, par exemple, ce qui conduit parfois à les scinder en « biens » et en « services ». Comme il est indiqué dans le tableau 1.A2.1, les services écosystémiques marins et côtiers peuvent être répartis en quatre catégories : services de soutien, services de régulation, services d'approvisionnement et services culturels (De Groot, Wilson et Boumans, 2002).

Tableau 1.A2.1. **Services écosystémiques marins et côtiers**

Catégorie	Définition	Exemples marins et côtiers
Services de soutien	Fonctions écosystémiques soutenant et permettant le maintien et la fourniture d'autres services	Photosynthèse, cycle des éléments nutritifs, formation des sols, des sédiments et du sable
Services de régulation	Régulation naturelle des processus écosystémiques et des cycles de la nature	Régulation du cycle de l'eau, régulation des événements météorologiques et des aléas naturels, piégeage du carbone, stabilisation des rivages
Services d'approvisionnement	Matières premières, aliments et énergie	Matières premières (gîtes sous-marins – tels que les nodules de manganèse, les encroûtements cobaltifères et les amas sulfurés –, sable, perles, diamants), denrées alimentaires (pêche, aquaculture), énergie (éolien en mer, énergie marine, pétrole et gaz en mer) Ressources génétiques (source de matériels biologiques uniques et procédés présentant un intérêt industriel)
Services culturels	Avantages liés à des expériences vécues dans des milieux naturels	Tourisme, loisirs, spiritualité, éducation, esthétique

Source : D'après De Groot, Wilson et Boumans (2002).

Chiffrer la valeur de la contribution des secteurs d'activité liés à la mer n'est déjà guère aisé, mais recenser et évaluer les écosystèmes et leur apport de biens et de services est plus difficile encore (Barbier et al., 2011 ; Polasky et Segerson, 2009). Les valeurs attribuées aux services écosystémiques dépendent des acteurs qui tirent profit de ces services (Vermeulen et Korziell, 2002). Elles se composent de valeurs d'usage et de non-usage.

Les valeurs d'usage correspondent aux cas d'utilisation directe des services écosystémiques, soit de façon extractive (pour en tirer un revenu ou des aliments, par exemple), soit de façon non extractive (à des fins d'observation ou de loisir, par exemple). Les valeurs de non-usage, quant à elles, résultent de l'évaluation de services indirects, en particulier ceux assurant des fonctions de soutien et de régulation des écosystèmes, comme le maintien de la qualité de l'eau et la perpétuation de traditions communautaires (usage indirect). Les valeurs de non-usage comprennent aussi ce que l'on appelle la « valeur d'option » et la « valeur d'existence » ; la première mesure la valeur liée au fait de savoir maintenant que nous conservons la possibilité de fournir des services écosystémiques ultérieurement, tandis que la seconde correspond à la valeur liée à l'existence même des systèmes écosystémiques, indépendamment des usages présents ou futurs que quiconque fait ou pourrait faire de ces services.

La quantification des valeurs de non-usage est particulièrement ardue, mais les économistes ont élaboré une palette de méthodes permettant d'évaluer des biens dont le marché est soit imparfait, soit inexistant. Cela comprend notamment la méthode des préférences révélées et celle des préférences déclarées[2]. L'ouvrage édité par Brink, TEEB (2011), constitue une référence utile sur les évaluations économiques d'écosystèmes réalisées dans le cadre de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire et de l'étude intitulée « L'Économie des écosystèmes et de la biodiversité » (TEEB). Depuis lors, toute une série de documents d'information, d'études sectorielles et d'études de pays ont été publiés (Kubiszewski et al., 2013 ; McVittie et Hussain, 2013 ; Russi et al., 2013).

Malgré les initiatives évoquées ci-dessus, l'évaluation des services écosystémiques demeure épineuse. Le domaine est encore peu développé et les types de techniques auxquels il est fait référence ici ne sont ni largement déployés à l'échelle mondiale ni bien intégrés dans les procédures d'appréciation et d'évaluation. Il faut donc se réjouir des mesures récemment prises au niveau national (en France, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni, par exemple) pour combler ces manques. Si l'on se tourne vers l'avenir, l'évaluation des services écosystémiques doit être considérée comme la base de toute stratégie efficace visant à ménager à la fois l'activité humaine et la santé des mers. Comme l'affirme la directive-cadre « stratégie pour le milieu marin » de l'Union européenne, appliquer à la gestion des activités humaines une approche fondée sur les écosystèmes permet « de garantir que la pression collective résultant de ces activités soit maintenue à des niveaux compatibles avec la réalisation du bon état écologique et d'éviter que la capacité des écosystèmes marins à réagir aux changements induits par la nature et par les hommes soit compromise, tout en permettant l'utilisation durable des biens et des services marins par les générations actuelles et à venir. »

En conclusion, si le présent rapport porte principalement sur les secteurs d'activité liés à la mer, il importe toutefois de garder à l'esprit que les actifs naturels et les services écosystémiques marins font partie intégrante de l'économie de la mer. Le projet témoigne de leur importance en mettant en lumière certains aspects des écosystèmes marins tout au long du rapport, sans se dissimuler qu'il est nécessaire de redoubler d'efforts pour mieux comprendre et évaluer ces écosystèmes.

Notes

1. Valeurs converties dans une unité monétaire commune, en l'occurrence, le dollar international de 2007 à parité de pouvoir d'achat.

2. Les méthodes fondées sur les préférences révélées estiment la demande pour les biens et services d'un écosystème en effectuant une analyse statistique du consentement des individus à assumer les coûts correspondant aux avantages que procurent les biens et services considérés. Elles comprennent la méthode du coût du trajet (MCT), celle des prix hédonistes et celle du comportement d'évitement (Koundouri, 2009). Le point commun fondamental entre ces méthodes est une dépendance fonctionnelle entre les avantages environnementaux et la consommation d'un bien marchand donné (faible substituabilité). Ce sont souvent les valeurs culturelles et récréatives qui sont mesurées à l'aide de cette méthode. La méthode des préférences déclarées s'appuie sur des enquêtes et des questionnaires pour mesurer, sur un marché « construit » ou hypothétique, le consentement de la partie prenante à payer pour jouir d'un écosystème ou le protéger (Koundouri, 2009). Les méthodes fondées sur les préférences déclarées comprennent la méthode d'évaluation contingente et celle des choix multiattributs.

Références

AIE (2014), « World oil statistics », IEA Oil Information Statistics, http://dx.doi.org/10.1787/oil-data-en.

Banque mondiale (2013), « Fish to 2030: Prospects for fisheries and aquaculture », *Agriculture and Environmental Services Discussion Paper 03*, Banque mondiale, Washington, DC, disponible à l'adresse : http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/12/18882045/fish-2030-prospects-fisheries-aquaculture.

Barbier, E. et al. (2011), « The value of estuarine and coastal ecosystem services », *Ecological Monographs*, vol. 81, nº 2, pp. 169-193, http://dx.doi.org/10.1890/10-1510.1.

Bekkers, E., J.F. Francois et H. Rojas-Romagosa (2015), « Melting ice caps and the economic impact of opening the Northern Route », *CPB Discussion Paper 307*, CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, www.cpb.nl/en/publication/melting-ice-caps-and-the-economic-impact-of-opening-the-northern-sea-route.

Cesar, H., L. Burke et L. Pet-Soede (2003), « The economics of worldwide coral reef degradation », Cesar Environmental Economics Consulting (CEEC), Arnhem, Pays-Bas.

Crowder, L. et E. Norse (2008), « Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning », *Marine Policy*, vol. 32, n° 5, septembre, pp. 772-778, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.012.

De Groot, R. et al. (2012), « Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units », *Ecosystem Services*, vol. 1, n° 1, pp. 50-61, http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005.

De Groot, R., M.A. Wilson et R.M.J. Boumans (2002), « A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods, and services », *Ecological Economics*, vol. 41, n° 3, pp. 393-408, http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7.

Douvere, F. (2008), « The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management », *Marine Policy*, vol. 32, n° 5, septembre, pp. 762-771, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.021.

Douvere, F. et al. (2007), « The role of marine spatial planning in sea use management: The Belgian case », *Marine Policy*, vol. 31, n° 2, mars, pp. 182-191, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2006.07.003.

Ecorys (2012), « Blue growth: Scenarios and drivers for sustainable growth from the oceans, seas and coasts », Third Interim Report, Rotterdam/Bruxelles, 13 mars, disponible à l'adresse : http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/documentation/studies/documents/blue_growth_third_interim_report_en.pdf.

Ehler, C. et F. Douvere (2007), *Visions for a Sea Change. Report of the First International Workshop on Marine Spatial Planning,* Commission océanographique intergouvernementale et Programme sur l'Homme et la biosphère, UNESCO COI, Paris.

FAO (2015), base de données sur la production mondiale de l'aquaculture, www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/fr.

German Bioeconomy Council (2015), « International bioeconomy strategies », www.biooekonomierat.de/en.

GOC (2014), « From decline to recovery, rescue package for the global ocean », Global Ocean Commission, Oxford, United Kingdom, www.globaloceancommission.org/wp-content/uploads/GOC_Report_20_6.FINAL_.spreads.pdf.

Grilo, C. (2015), « Land versus sea », note prepared for Projet de l'OCDE sur les perspectives d'une économie des océans.

Kaiser, B. et J. Roumasset (2002), « Valuing indirect ecosystem services: The case of tropical watersheds », *Environment and Development Economics*, n° 4, pp. 701-714, http://dx.doi.org/10.1017/S1355770X02000426.

Koundouri, P. (dir. pub.) (2009), *The Use of Economic Valuation in Environmental Policy: Providing Research Support for the Implementation of EU Water Policy Under Aquastress*, Routledge, Taylor and Francis Group.

Kubiszewski, I. et al. (2013), « An initial estimate of the value of ecosystem services in Bhutan », *Ecosystem Services*, vol. 3, mars, pp. e11-e21, http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.11.004.

Levander, O. (2015), « Towards unmanned ships », presentation for Rolls-Royce at « Ship Efficiency the Event 2015 », Londres, 8 septembre 2015, www.globalmaritimehub.com/custom/domain_2/extra_files/attach_639.pdf.

Lloyd's Register (2014), « Global marine fuel trends 2030 », Lloyd's Register Global Technology Centre, Londres, www.lr.org/en/_images/213-34172_Global_Marine_Fuel_Trends_2030.pdf.

McVittie A. et S.S. Hussain (2013), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity – Valuation Database Manual*, The Economics of Ecosystems & Biodiversity, décembre.

Norse, E. et L. Crowder (dir. pub.) (2005), *Marine Conservation Biology: The Science of Maintaining the Sea's Biodiversity*, Island Press.

OCDE (2015), « *Oversupply in the shipbuilding industry* », www.oecd.org/sti/ind/shipbuilding.htm.

OCDE (2014), *Tendances et politiques du tourisme de l'OCDE*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/tour-2014-fr.

OCDE (2011), *The Space Economy at a Glance 2011*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264111790-en.

OCDE (2009), *La bioéconomie à l'horizon 2030 : Quel programme d'action ?*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264056909-fr.

OCDE (2007), *Les infrastructures à l'horizon 2030 (vol. 2) : Électricité, eau et transports : Quelles politiques ?*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264031340-fr .

OCDE et FAO (2015), *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2015*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-fr .

OCDE STAN, *Base de données STAN de l'OCDE pour l'analyse structurelle*, http://stats.oecd.org/Index.aspx?lang=fr&SubSessionId=7eb3f1cf-5b70-449e-9121-70e1cd220cec&themetreeid=10.

ONUDI INDSTAT, *Base de données* INDSTAT 4, *CITI Rev. 3*, https://stat.unido.org.

Park, K.S. (2014), « A study on rebuilding the classification system of the ocean economy », Center for the Blue Economy in Monterey Institute of International Studies, Monterey, Californie, http://centerfortheblueeconomy.org/wp-content/uploads/2014/11/10.29.14.park_.kwangseo.the_ocean_economy_classification_systemfinal_21.pdf.

Polasky S. et K. Segerson (2009), « Integrating ecology and economics in the study of ecosystem services: Some lessons learned », *Annual Review Resource Economics*, vol. 1, pp. 409-434, http://dx.doi.org/10.1146/annurev.resource.050708.144110.

Russi, D. et al. (2013), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands*, IEEP, Londres et Bruxelles, Secrétariat de Ramsar, Gland, http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/04/TEEB_WaterWetlands_Report_2013.pdf.

SEA (2015), *2014 Market Forecast Report*, SEA Europe, Ships & Maritime Equipment Association, disponible à l'adresse : www.seaeurope.eu/template.asp?f=publications.asp&jaar=2015.

TEEB (2011), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Making*, edited by Patrick ten Brink, Earthscan, Londres et Washington.

UNSD, National Accounts Official Country Data, http://data.un.org.

Vermeulen, S. et I. Korziell (2002), « Integrating global and local values: A review of biodiversity assessment », *IIED Natural Resource Issues Paper n° 3*, *Biodiversity and Livelihoods Issues Paper n° 5*, Institut international pour l'environnement et le développement, Londres, http://pubs.iied.org/pdfs/9100IIED.pdf.

Partie I.

Tendances mondiales et facteurs macroéconomiques influant sur l'économie de la mer

Chapitre 2.

Tendances mondiales et incertitudes à l'horizon 2030-60

L'économie de la mer est un élément clé de la prospérité et du bien-être futurs de l'humanité, mais une exploitation non durable de ce milieu et de ses ressources met en péril la base même sur laquelle repose une grande partie de ces avantages. Ce chapitre décrit brièvement une série de facteurs et de changements profonds à l'échelle mondiale qui revêtent une importance critique et qui, seuls ou combinés, déterminent le contexte global dans lequel s'inscrira vraisemblablement, dans les décennies à venir, la recherche d'un compromis entre utilisation de la mer et durabilité. Il n'a pas pour but de prévoir l'avenir ni de présenter un scénario particulier – les projections et les scénarios sont détaillés ailleurs dans le présent rapport –, mais de fournir une toile de fond à l'examen des évolutions à venir du milieu marin et de l'économie de la mer, qui est l'objet du présent rapport. Il s'inspire principalement, mais pas exclusivement, de documents de l'OCDE pour étudier les principales tendances démographiques, économiques, sociales, environnementales, technologiques et relatives à la gouvernance ainsi que les grandes incertitudes et les risques majeurs susceptibles d'influer sur l'évolution de la situation mondiale et, par extension, sur celle de l'économie de la mer.

Les tendances mondiales et les facteurs macroéconomiques susceptibles d'influer sur le développement à plus long terme de l'économie de la mer sont nombreux. Leur effet combiné devrait jouer dans les deux sens. D'un côté, nombre d'entre eux promettent une utilisation de la mer toujours plus riche de possibilités, tant sur le plan économique et social que sur le plan de la santé, mais, de l'autre, ils annoncent que les pressions qui s'exercent déjà sur la santé des mers vont encore s'alourdir. Il est plus que probable que les tendances et les déterminants les plus importants seront ceux qui se rapportent à l'accroissement, à la structure et aux types d'habitat de la population mondiale ; à l'évolution des témoins de la situation économique mondiale, tels que la croissance, la hausse des revenus et le commerce international ; aux effets du changement climatique ; et aux progrès de la science, de la technologie et de l'innovation. Toutefois, les facteurs géopolitiques et la gouvernance joueront probablement aussi un rôle important à plus long terme.

Une population mondiale qui continue de croître, de s'urbaniser et de vieillir

Les tendances

D'après la variante intermédiaire de la projection 2015 de l'ONU, la population mondiale devrait gagner environ 1 milliard de personnes au cours des 15 prochaines années, ce qui la portera à 8.5 milliards en 2030, puis plus de 1 milliard supplémentaire, pour atteindre 9.7 milliards en 2050 (ONU, 2015). Cet accroissement concernera presque exclusivement les pays en développement et quelques économies émergentes. Dans le monde développé, la population va croître dans certains pays, décliner dans d'autres, mais devrait rester globalement stable. L'Afrique enregistrera plus de la moitié de l'accroissement total de population entre aujourd'hui et 2050, suivie de l'Asie, puis de l'Amérique du Nord, de l'Amérique latine, des Caraïbes et de l'Océanie. Comparée à celle de 2015, la population de l'Europe devrait diminuer d'ici au milieu du siècle.

Plus de la moitié de la population mondiale vit désormais dans des zones urbaines. À l'horizon 2050, la population des villes aura doublé, pour atteindre 6.5 milliards, ce qui représentera quelque 66 % de la population mondiale. Cette urbanisation se fera toutefois de façon inégale sur la planète : elle concernera presque intégralement des villes des régions en développement et, à près de 90 %, l'Asie et l'Afrique. Les agglomérations urbaines qui grossiront le plus vite sont les villes de taille moyenne et celles qui comptent moins de 1 million d'habitants, toujours en Afrique et en Asie. Dans les pays à revenu élevé, en revanche, les projections indiquent que les populations urbaines resteront largement inchangées au cours des quelque 20 années à venir (ONU, 2015).

La majorité des mégapoles du globe (soit 13 des 20 villes les plus peuplées en 2005) se situent en bord de mer. Ces villes portuaires concentrent de grands pans de la population et des actifs mondiaux, et sont une composante vitale de l'économie mondiale. Leur poids économique dans le commerce international s'est nettement accru, en particulier dans les pays en développement, au rythme de la mondialisation et du développement rapide des pays nouvellement industrialisés (Nicholls et al., 2008).

En retour, l'accroissement de la population dans les zones côtières pèse sur les écosystèmes et les ressources naturelles du littoral, plus utilisés et plus pollués. La tendance migratoire vers les zones côtières est allée croissant depuis le début du siècle. L'Atlas de l'ONU de 2010 note qu'aujourd'hui, sur la planète, une personne sur trois environ vit à moins de 100 km de la mer et 44 % de la population mondiale (soit plus d'habitants qu'il n'y en avait sur l'ensemble du globe en 1950) vit à moins de 150 km des

côtes. Globalement, la densité moyenne de peuplement des zones côtières est trois fois plus élevée que la moyenne mondiale et, au cours des dernières décennies, l'accroissement de l'ensemble des populations du littoral a dépassé celui des populations continentales (Crawford Heitzmann, 2006). Les projections laissent penser que ces tendances vont se maintenir au cours des années qui viennent. Dans les deltas et les plaines alluviales, c'est-à-dire les zones les plus exposées aux risques d'inondation, on prévoit également un accroissement rapide de la population, de 50 % entre 2000 et 2030 d'après Neumann et al. (2015).

Le vieillissement des populations est une autre tendance démographique. Dans les pays de l'OCDE, la part des plus de 65 ans dans la population totale augmente depuis quelques décennies. En 1960, 9 % de la population de la zone OCDE avait plus de 65 ans, mais la proportion était de 15 % environ en 2010 (OCDE, 2011a). Cette tendance devrait se maintenir, ce qui fait qu'en 2050, la part des 65 ans ou plus devrait atteindre 26 % de la population totale de la zone OCDE. L'allongement de l'espérance de vie et l'amélioration des soins de santé permettront aux citoyens les plus âgés de rester actifs plus longtemps et, dans de nombreux cas, de continuer à travailler bien au-delà de l'âge légal de la retraite.

Hors de la zone OCDE, la situation est nuancée. Globalement, la population des régions du monde les moins développées est encore jeune, et cela ne devrait pas changer beaucoup d'ici à 2020 ; ce n'est qu'ensuite que le vieillissement deviendra un facteur plus significatif. Dans certaines des plus grandes économies émergentes, en revanche, la pyramide des âges devrait se rapprocher de celle de la zone OCDE vers le milieu du siècle. Les projections à l'horizon 2050 indiquent que la part des plus de 65 ans devrait tourner autour de 25 % en République populaire de Chine (ci-après « la Chine ») et de 23 % au Brésil et dans la Fédération de Russie, suivis de près par l'Argentine, la Colombie et l'Indonésie à 18-19 % (ONU, 2011).

Risques et incertitudes

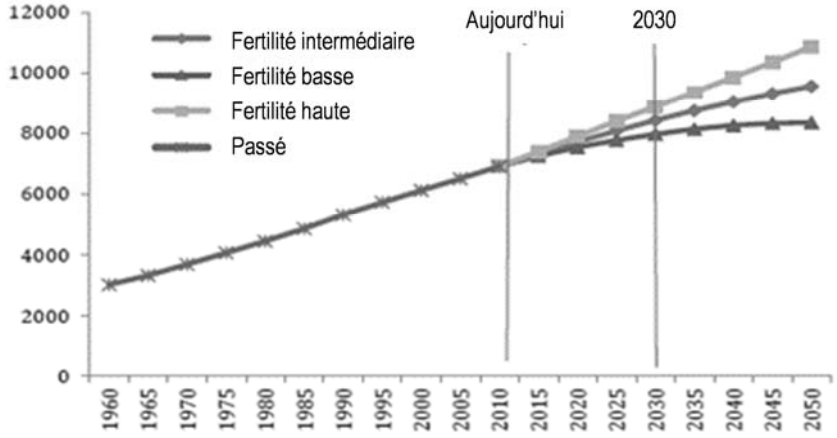
Les projections démographiques à long terme contiennent inévitablement une part d'incertitude, d'où les nombreux scénarios nécessaires pour tenter d'anticiper les cas de figure susceptibles d'influer sensiblement sur l'évolution de la population au cours d'une période de 50 ans par exemple. La projection démographique mondiale de l'ONU la plus largement utilisée est la variante intermédiaire. En fait, l'ONU élabore plusieurs scénarios décrivant des résultats démographiques très différents sur la période considérée ici. Ainsi, selon la variante basse de leurs projections de 2010, la population mondiale atteindrait son point le plus haut juste avant 2030, puis déclinerait. La variante haute, à l'inverse, prévoit une très forte hausse de la population mondiale au cours des prochaines décennies (graphique 2.1).

L'un des facteurs clés de cette série de projections est l'hypothèse de taux de fertilité retenue sur la période 2025-30 : 2.79 enfants par femme pour la variante haute, 2.29 pour la variante intermédiaire et 1.79 pour la variante basse. Entre les deux extrêmes, la différence de population totale est d'environ 1 milliard de personnes en 2030, avec presque 9 milliards pour le scénario correspondant à la variante haute et 8 milliards environ pour celui qui explore la variante basse.

De la même manière, les chocs mondiaux touchant la population totale ne peuvent pas être entièrement écartés. Les pandémies en témoignent. Il n'est pas possible de prévoir le calendrier exact ni la nature d'une pandémie future, mais il semble que les spécialistes soient d'accord pour dire que le virus qui présente la plus forte probabilité d'atteindre une échelle pandémique est une nouvelle forme de grippe A. L'Organisation

mondiale de la Santé (OMS) estime qu'une pandémie de grippe aviaire H5N1 pourrait provoquer entre 2 millions et 7.4 millions de décès dans le monde (OCDE, 2011e). Il est évident que toute variation de l'échelle indiquée dans ces exemples pourrait avoir des conséquences importantes sur la demande alimentaire et la consommation des ressources naturelles.

Graphique 2.1. **Scénarios d'évolution démographique à l'horizon 2050 (en centaines de milliers)**



Source : ONU (2011), *World Population Prospects, 2010 Revision,* Département des affaires économiques et sociales, Division de la population © 2011 Nations Unies. Reproduit avec l'autorisation de l'Organisation des Nations Unies.

Quelques conséquences sur l'économie de la mer

L'accroissement et l'urbanisation de la population mondiale, comme la densification du peuplement côtier (le littoral étant le lieu de résidence préféré de nombreuses personnes âgées), font peser une menace croissante sur la santé des mers et sur l'état de leurs ressources naturelles. La pollution de plus en plus importante des mers du fait des eaux usées, du ruissellement des engrais agricoles, de l'élimination des déchets de plastique ou de l'exploitation croissante des ressources marines, pour ne citer que ces facteurs, pèse lourdement sur le milieu marin, et les perspectives d'une inversion de tendance sont faibles. À titre d'exemple, on estime qu'en l'absence d'amélioration des infrastructures de gestion des déchets, la quantité cumulée des déchets de plastique générés à terre et susceptibles de finir en mer pourrait être multipliée par dix d'ici à 2025 (Jambeck et al., 2015). D'un autre côté, ces mêmes facteurs démographiques sont au cœur de la croissance de l'économie de la mer, car ils comptent parmi les moteurs des activités maritimes. Les populations supplémentaires devront être nourries, ce qui accroîtra la demande de poisson, de mollusques et d'autres produits de la mer ; les nouveaux consommateurs qu'elles représentent viendront aussi stimuler le transport maritime de marchandises et de passagers, la construction navale et la fabrication d'équipements maritimes, ainsi que l'exploration des réserves pétrolières et gazières en mer. Les populations vieillissantes continueront d'inciter les milieux médicaux et pharmaceutiques du monde à accélérer la recherche biotechnologique marine pour trouver de nouveaux médicaments et traitements.

Des interactions entre climat et mer

Les tendances

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) indique non seulement qu'il existe une interaction physique intense entre le climat et la mer, mais aussi que les effets de cette interaction pourraient bien avoir de graves conséquences sur le développement économique et humain au cours du siècle à venir.

Le cinquième Rapport d'évaluation du GIEC conclut : « Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies, voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, le niveau des mers s'est élevé et les concentrations des gaz à effet de serre ont augmenté » (GIEC, 2013). Sur le réchauffement de la mer spécifiquement, le GIEC observe : « Le réchauffement océanique constitue l'essentiel de l'augmentation de la quantité d'énergie emmagasinée au sein du système climatique et représente plus de 90 % de l'énergie accumulée entre 1971 et 2010 (*degré de confiance élevé*). Il est *quasiment certain* que l'océan superficiel (jusqu'à 700 m de profondeur) s'est réchauffé entre 1971 et 2010 [...], et ce dernier s'est probablement réchauffé entre les années 1870 et 1971. » (GIEC, 2013). Sur la question du niveau des mers, le GIEC observe : « Depuis le milieu du XIX^{e} siècle, le rythme d'élévation du niveau moyen des mers est supérieur au rythme moyen des deux derniers millénaires (*degré de confiance élevé*). Entre 1901 et 2010, le niveau moyen des mers à l'échelle du globe s'est élevé de 0.19 m [de 0.17 à 0.21 m] » (GIEC, 2013). Les opinions sur les changements auxquels on s'attend d'ici à 2100 sur ces différents points – température et niveau des mers, acidification, etc. – sont exposées au chapitre 3 du présent rapport.

En l'absence de nouvelles mesures, et sauf recul économique majeur, les émissions de gaz à effet de serre devraient continuer d'augmenter d'ici à 2050 (OCDE, 2012). Celles liées à l'énergie et à l'industrie devraient plus que doubler sur cette même période, comparé aux niveaux de 1990. Les émissions des pays du groupe BRIICS (Brésil, Fédération de Russie, Inde, Indonésie, Chine et Afrique du Sud) représenteront probablement la majeure partie de cette augmentation, alimentées par l'accroissement de population et la croissance économique. Dans la zone OCDE, on prévoit que les émissions croîtront à un rythme inférieur, en grande partie du fait du déclin démographique, du ralentissement de la croissance économique et des effets des politiques climatiques déjà en place. S'agissant des émissions par habitant, toutefois, les pays de l'OCDE garderont leur première place. Les *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 – Les conséquences de l'inaction* notent : « Si le réchauffement dépassait les 2 °C, il entraînerait une altération des régimes pluviométriques ; une fonte accrue des glaciers et du permafrost ; une montée du niveau de la mer et une augmentation de l'intensité et de la fréquence d'événements météorologiques extrêmes tels que les vagues de chaleur, les inondations et les ouragans ; il deviendrait en outre le plus important moteur de la perte de biodiversité. » (OCDE, 2012).

Dans ce contexte, l'Accord de Paris adopté lors de la COP21 marque une avancée historique dans la réponse au changement climatique. Les principales caractéristiques de cet accord – une cible ambitieuse de limitation de la hausse mondiale des températures, un cycle de révision quinquennal, des règles de transparence explicites, un objectif mondial en matière de résilience et de réduction de la vulnérabilité, et un cadre d'appui des pays en développement – portent à croire qu'un tournant décisif a été atteint.

Cependant, si cet accord constitue effectivement un cadre d'action vital, il est aussi largement considéré comme la simple amorce d'un chemin long et difficile vers un avenir durable.

Risques et incertitudes

Les interactions climat-mer évoquées précédemment laissent planer d'immenses incertitudes sur les mers et les océans. Trois exemples méritent d'être cités ici, mais il ne fait aucun doute qu'il y en aura de nombreux autres. Premièrement, dans les zones côtières, les conséquences de l'élévation du niveau des mers varieront en fonction de l'ampleur et de la vitesse du phénomène.

Deuxièmement, les répercussions sur la faune et la flore des régions concernées par le réchauffement des mers et des océans dépendront du niveau et de la vitesse de ce réchauffement. Dans certaines régions, on observe déjà des modifications rapides des espèces. Ainsi, la menace que le réchauffement climatique et le rétrécissement de la banquise qui en résulte font planer sur l'ours polaire, le plus grand prédateur terrestre, a fait largement la une de l'actualité. Or, des travaux de recherche laissent entendre que de nombreuses espèces de par le monde pourraient être pareillement touchées (Doney et al., 2012). Troisièmement, les conséquences météorologiques, en particulier les phénomènes extrêmes observés dans les zones côtières et en mer, pourraient avoir des incidences sur de nombreuses activités humaines exercées dans ces secteurs.

Pourtant, ces phénomènes et d'autres liés aux interactions climat-mer sont toujours aussi mal compris par la communauté scientifique et leurs répercussions économiques demeurent difficiles à évaluer. Ainsi, parlant de la connectivité des écosystèmes dans une mer en plein changement, Cunha (2016) note que « le manque de connaissance des types et des schémas de connectivité fait qu'il est impossible de déterminer les effets que le changement climatique et l'exploitation des écosystèmes marins par l'homme ont sur ces derniers ».

Quelques conséquences sur l'économie de la mer

Malgré les nombreuses incertitudes, les conséquences directes de l'évolution des interactions climat-mer sur l'économie de la mer seront à coup sûr très importantes. Comme on l'explique en détail au chapitre 3, les effets sur la biodiversité et les écosystèmes marins sont considérables et se traduisent par un recul de la biodiversité et des disparitions d'habitats, par des modifications affectant la composition des réserves halieutiques et les habitudes migratoires des poissons, et, sur le plan météorologique, par une augmentation de la fréquence des phénomènes océaniques extrêmes. Les communautés vulnérables des zones littorales de faible altitude en subissent déjà – et continueront d'en subir – les conséquences, lesquelles sont également sensibles – et continueront de l'être – dans la pêche et l'aquaculture, l'exploitation de pétrole et de gaz en mer, le transport maritime, le tourisme côtier et maritime et la prospection biologique marine à des fins médicales et industrielles.

L'un des effets indirects du changement climatique sur l'ensemble des activités liées à la mer provient des mesures (cibles d'émission, règlements, normes ou incitations, par exemple) prises par les pouvoirs publics, les organismes intergouvernementaux ou les associations professionnelles, entre autres, pour lutter contre la hausse des émissions de gaz à effet de serre, les pertes de biodiversité, etc. Certaines de ces activités, comme le transport maritime, les plateformes pétrolières et gazières en mer et l'exploitation minière des fonds marins, vont très probablement continuer à faire l'objet d'une réglementation

plus stricte, de règles de sécurité renforcées et d'un suivi plus étroit. D'autres, comme les fermes éoliennes en mer et les dispositifs d'exploitation des énergies marines renouvelables, ont toutes les chances de voir des accords tels que celui conclu lors de la récente COP21, qui visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre, agir comme une incitation opportune à intensifier la recherche et l'investissement.

Économie mondiale : Ralentissement de la croissance, recentrage géographique et montée en puissance de la classe moyenne

Les tendances

Malgré les effets de récents événements, tels que la chute brutale des prix du pétrole, la volatilité enregistrée sur les places boursières mondiales et la faiblesse de la reprise économique dans de nombreuses parties du monde, ce qui importe à l'horizon 2030 et au-delà, ce sont les perspectives de performance économique à long terme.

Les travaux récents de l'OCDE pour établir des projections à l'horizon 2060 (Braconier, Nicoletti et Westmore, 2014) laissent penser que la croissance réelle possible de certaines économies de l'OCDE et du G20 devrait ralentir jusqu'en 2060, une tendance qui sera compensée, dans une certaine mesure, par la croissance plus rapide de quelques économies partenaires de l'OCDE. En conséquence, le scénario central des travaux de l'OCDE prévoit que le PIB mondial n'augmentera que de 3 % par an entre 2010 et 2060, contre une hausse annuelle de 3.4 % au cours de la période 1996-2010.

Les économies de marché émergentes ont toutes les chances de connaître une croissance plus soutenue que celles de l'OCDE sur cette période de 50 ans. Le résultat sera un déplacement majeur du centre de gravité économique, de la zone OCDE vers ces économies émergentes, et en particulier celles situées en Asie. La part des économies partenaires de l'OCDE dans le PIB mondial devrait donc augmenter, passant de 45 % en 2012 à presque 70 % en 2060.

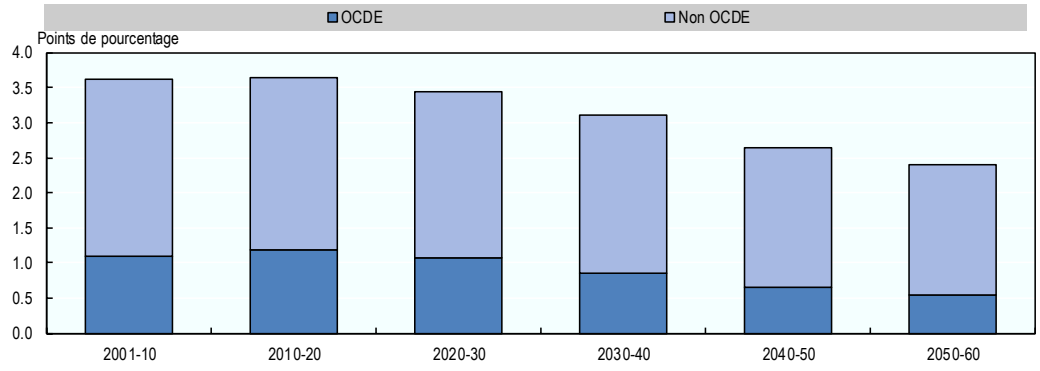
Cependant, au fil du temps, la croissance économique des économies émergentes va elle aussi marquer le pas, à mesure que se feront sentir les effets de conditions démographiques moins favorables et d'un essoufflement du rattrapage de productivité. Le vieillissement de la population entraînera une baisse de la main-d'œuvre disponible, qui ne sera que partiellement compensée par la hausse des taux de participation au marché du travail et des niveaux d'emploi.

Dans les décennies qui viennent, l'intégration des échanges mondiaux va également se poursuivre à un rythme rapide, quoique moins soutenu que dans les dernières décennies. Les facteurs clés de cette évolution seront le maintien d'une tendance à la baisse des coûts de transport et une réduction des obstacles au commerce du fait des accords commerciaux déjà en place. La part des exportations des économies partenaires de l'OCDE dans le commerce mondial pourrait passer de 35 % en 2012 à 56 % en 2060 (Braconier, Nicoletti et Westmore, 2014).

Dans la zone OCDE, le PIB par habitant potentiel à l'horizon 2060, au niveau agrégé, devrait augmenter à un rythme légèrement plus élevé que l'augmentation annuelle de 1.5 % enregistrée au cours de la période précédant immédiatement la crise. Cela étant, les variations entre pays de l'OCDE seront considérables. Parmi les économies partenaires de l'OCDE, la croissance des revenus devrait être nettement plus forte que celle des pays de l'OCDE, s'établissant en moyenne à 4.3 % par an entre 2010 et 2030, avant de baisser assez fortement à 2.8 % sur la période 2030-60. La dégradation de la croissance du PIB

par habitant est particulièrement marquée en Chine, puisqu'elle sera quasiment divisée par deux jusqu'en 2030, avant de diminuer de nouveau de moitié jusqu'en 2060. Dans d'autres pays, comme l'Indonésie et l'Afrique du Sud, on prévoit une progression des revenus en chiffres agrégés par rapport aux niveaux d'avant la crise (Braconier, Nicoletti et Westmore, 2014).

Graphique 2.2. **La croissance mondiale du PIB devrait ralentir au cours des 50 prochaines années (moyenne annuelle, PPA constantes de 2005)**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933094412

Note : Ce graphique combine les projections à long terme publiées dans les *Perspectives économiques de l'OCDE* n° 95 pour 42 pays et les projections données par le modèle ENV-Croissance de la Direction de l'environnement de l'OCDE pour tous les autres pays.

Source : OCDE (2014), « Perspectives macro-économiques à long terme : Scénario de référence, nº 95 (Éditions 2014) », *Perspectives économiques de l'OCDE : Statistiques et projections* (base de données), http://dx.doi.org/10.1787/data-00690-fr.

Les constatations qui précèdent sur les augmentations générales du PIB par habitant dans les décennies à venir sont globalement en phase avec les projections effectuées par d'autres institutions, qui, pour certaines, font apparaître l'essor de la classe moyenne comme un phénomène économique particulièrement important au cours des prochaines décennies. De fait, dans la quasi-totalité du monde en développement, les classes moyennes devraient s'étoffer considérablement. À l'heure actuelle, elles représentent 1 milliard de personnes environ à l'échelle mondiale. Selon la projection et la définition de « classe moyenne » retenues (Gros et Alcidi, 2013 ; Kharas, 2010, par exemple), elles pourraient croître jusqu'à un effectif mondial compris entre 2 milliards et 5 milliards déjà en 2030, puis poursuivre leur progression jusqu'au milieu du siècle. Les études indiquent généralement que l'Inde et la Chine seront les pays où l'expansion des classes moyennes sera la plus forte.

Risques et incertitudes

Le tableau brossé ci-dessus donne du progrès de l'économie mondiale dans les quelque 50 prochaines années une vue relativement rassurante. Plusieurs facteurs économiques, seuls ou combinés, pourraient toutefois infléchir, voire compromettre, cette trajectoire de croissance, notamment :

- Il est probable que les pressions budgétaires continueront à monter dans de nombreux pays, compte tenu de l'évolution défavorable de la démographie, et que les pressions sur les dépenses liées au paiement des retraites, à la santé, à l'éducation et aux investissements infrastructurels continueront à s'intensifier.

- Le rythme futur de la productivité globale des facteurs est extrêmement incertain, et quelques spécialistes émettent des doutes quant au futur taux de croissance des idées « à la frontière » et quant à la capacité des économies à soutenir les niveaux d'innovation et de productivité (Fernald et Jones, 2014). Dans l'ensemble de la zone OCDE, on prévoit que la croissance de la productivité globale des facteurs va baisser, passant de 1.1 % par an dans les dix ans précédant 2030 à 1 % au cours de la décennie suivante, puis à 0.9 % au cours de celle se terminant en 2050 (Braconier, Nicoletti et Westmore, 2014). L'avenir incertain de la productivité, toutefois, est au cœur d'un vaste débat entre deux camps : les pessimistes et les optimistes. Robert Gordon et ses partisans prétendent que le récent ralentissement de la productivité est un phénomène permanent, arguant que les formes d'innovation qui se sont produites dans la première moitié du XX^{e} siècle, comme l'électrification, étaient bien plus importantes que celles qui ont eu lieu depuis (TIC, par exemple) ou auxquelles on peut s'attendre dans l'avenir. Les optimistes, comme Brynjolfsson et McAfee, soutiennent que le rythme du progrès technologique qui sous-tend la productivité ne s'est pas ralenti et que, bien au contraire, les innovations en matière de TIC continueront à déterminer et à transformer les économies de pointe. De récents travaux de l'OCDE semblent indiquer qu'en fait, le ralentissement de la productivité tient davantage à un fléchissement du rythme auquel les innovations se diffusent dans l'économie et la société qu'à une perte de vitesse de l'innovation dans les entreprises les plus avancées du monde (OCDE, 2015b).
- Le changement climatique pourrait coûter cher en croissance économique avant même le milieu du siècle. Les projections récentes de l'OCDE portent à croire que, d'ici à 2060, le PIB mondial pourrait avoir perdu entre 0.7 % et 2.5 %, écorné par une série de conséquences du changement climatique. Les pays en développement, plus que les économies avancées, sont ceux qui risquent les pertes économiques (relatives) les plus importantes, car la dégradation de l'environnement agit de plus en plus comme un frein à la croissance. En Asie du Sud et du Sud-Est, par exemple, on prévoit que, d'ici 2060, les dommages environnementaux pourraient entraîner une baisse du PIB allant jusqu'à 5 %, comparativement au scénario central utilisé (Braconier, Nicoletti et Westmore, 2014).

Quelques conséquences sur l'économie de la mer

Avec la démographie, l'économie est l'un des facteurs les plus dynamiques déterminant les changements à l'œuvre dans l'économie de la mer. Les perspectives à long terme de la croissance économique mondiale, et de celle de la zone OCDE dans son ensemble, demeurent modestes, mais le PIB par habitant devrait progresser notablement au cours des prochaines décennies, donnant un élan certain à une série de secteurs d'activité liés à la mer. Les projections récentes semblent indiquer, par exemple, que les échanges mondiaux de marchandises pourraient croître dans une proportion comprise entre 330 % et 380 % d'ici à 2050. Sachant que 90 % environ du fret international est transporté par mer, cette progression des échanges donnera au transport maritime et aux activités portuaires un souffle considérable. De ce fait principalement, l'activité portuaire en volume devrait presque quadrupler d'ici au milieu du siècle (OCDE et FIT, 2015). En revanche, la détérioration des finances publiques dans les domaines évoqués précédemment, le tassement de la productivité et les dommages dus au changement climatique pourraient venir ralentir la croissance mondiale des revenus.

Au vu de la part croissante (près de 40 % en 2030 et autour de 50 % à l'horizon 2050) de la Chine, de l'Inde et de l'Indonésie dans la production mondiale et compte tenu des augmentations concomitantes des revenus et de la richesse, en particulier dans les économies émergentes et quelques-uns des pays en développement rapide, le décalage progressif de la structure des échanges vers l'est est inévitable, Les conséquences pour les secteurs d'activité liés à la mer sont énormes. Les compagnies maritimes et les entreprises de construction navale sont déjà très attentives aux changements dans les marchés, les itinéraires, les types de cargaisons et les types de navires qui vont probablement s'imposer.

Enfin, la montée en puissance des classes moyennes dans les économies émergentes et dans certains pays en développement laisse prévoir des conséquences importantes sur les schémas de consommation : une plus forte demande de tourisme maritime, et notamment de croisières ; de grands changements dans les habitudes alimentaires, qui tendront à favoriser le poisson et d'autres produits de la mer de meilleure qualité.

Énergie : Des sources fossiles toujours prédominantes, mais un paysage énergétique en transformation

Les tendances

La réunion de la COP21 à Paris en décembre 2015 a conduit les pays à s'accorder sur une cible ambitieuse de limitation de la hausse des températures mondiales. Cet accord fournit un cadre d'action solide pour ouvrir une nouvelle voie vers un avenir sobre en carbone et résilient au changement climatique, mais les « contributions prévues déterminées au niveau national » par 160 pays pour réduire leurs émissions – quand bien même elles seraient intégralement transposées dans les textes – sont encore loin de ramener les émissions au niveau nécessaire pour maintenir la hausse de la température moyenne de la planète au-dessous de 2° C. Le détail des actions à prendre pour atteindre ce niveau d'émission doit encore être élaboré.

Réduire la consommation d'énergie provenant des combustibles fossiles va probablement être d'une extrême difficulté. Pour le moment, ces derniers dominent le paysage énergétique, et cette prédominance va persister encore de nombreuses années, non seulement parce qu'il faut du temps pour transformer le système énergétique mondial en profondeur, mais aussi parce que les réserves de combustibles fossiles sont immenses. Le total des réserves prouvées de pétrole est estimé à 1 700 milliards de barils environ, soit l'équivalent de 54 années de production aux niveaux actuels, et les réserves mondiales prouvées de gaz naturel sont de l'ordre de 61 années de la production actuelle. Quant au charbon, les réserves excèdent celles du pétrole et du gaz réunis (AIE, 2013).

La mer jouera un rôle fondamental dans le passage à un système énergétique mondial plus pérenne. Actuellement, la puissance installée de l'éolien en mer, au niveau mondial, est supérieure à 7 gigawatts (GW), mais les projections indiquent qu'elle pourrait atteindre entre 40 et 60 GW en 2020, avec un potentiel de croissance encore dix fois plus important d'ici à 2050 (Anson, à paraître). Bien que l'énergie marine (obtenue à partir de la houle ou du mouvement des marées, par conversion de l'énergie thermique des océans ou à l'aide de technologies exploitant le gradient de salinité) ne soit pas encore à maturité ni exploitée à une échelle commerciale, son potentiel à long terme est considérable (Sweeney, à paraître). L'éolien en mer comme les énergies d'origine marine devraient normalement bénéficier largement des investissements consécutifs à la COP21 et à la signature de l'Accord de Paris.

Le pétrole et le gaz en mer vont continuer à jouer un rôle relais durant la transition vers un système énergétique plus écologique. On estime que quelque 37 % des réserves prouvées de pétrole sont en mer, environ un tiers de celles-ci se trouvant dans des zones de grande profondeur (AIE, 2012). Le volume estimé de ces ressources pourrait augmenter encore à mesure que de nouvelles technologies entrent en service.

Risques et incertitudes

Le secteur des énergies marines a de rudes défis à relever dans les années qui viennent, que ce soit sur les fronts technologique et réglementaire ou dans la gestion de sa chaîne d'approvisionnement. La croissance de la puissance installée de l'éolien en mer, par exemple, dépend de façon critique de la capacité du secteur à faire baisser les coûts à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement et à devenir rentable par rapport aux autres sources d'énergie, traditionnelles ou renouvelables. De même, pour l'éolien en mer comme pour les technologies de l'énergie marine, l'accès au financement, la stabilité de l'environnement réglementaire et le soutien des pouvoirs publics sont considérés comme des conditions essentielles pour un développement futur de grande envergure (Anson, à paraître ; Sweeney, à paraître).

Les marchés de l'énergie pétrolière et gazière ont été particulièrement instables. Contrairement à ce qui s'était passé lors des précédentes chutes brutales des prix du pétrole, les causes tiennent ici à la fois à l'offre et à la demande et semblent plus complexes que dans de nombreux épisodes antérieurs. L'offre provenant de pays non membres de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) avait atteint un niveau record en 2014 alors que la croissance de la demande était étonnamment faible. Les nouvelles technologies d'extraction des pétroles de schiste, en particulier aux États-Unis, ont débloqué d'importantes ressources nouvelles et bouleversé l'ancien équilibre entre pays membres et non membres de l'OPEP. Dans le même temps, la demande mondiale de pétrole est en profonde transformation puisque la Chine aborde une nouvelle phase de son développement, moins gourmande en hydrocarbures, et que, plus généralement, la consommation de combustibles de l'économie mondiale tend à baisser. La mondialisation du marché du gaz naturel s'est accélérée récemment et les inquiétudes à propos du changement climatique conduisent à repenser la politique énergétique dans de nombreuses parties du monde (AIE, 2015a).

Les prix du gaz subissent le contrecoup de la plongée des prix du pétrole, du fait de leurs liens directs et indirects avec celui-ci. Les compagnies pétrolières et gazières ont réagi en réduisant leurs programmes d'investissement, et de nouvelles coupes sont à prévoir. On s'attend donc à un ralentissement de la croissance de la production de gaz. Le secteur du gaz naturel liquéfié (GNL), en particulier, est durement touché du fait de ses importants besoins en capitaux, et de nombreux projets sont abandonnés ou différés. Si l'on se place à moyen terme pourtant, des tensions pourraient bien apparaître sur les marchés du GNL d'ici à 2020 (AIE, 2015b).

Quelques conséquences sur l'économie de la mer

L'énergie est omniprésente dans tous les secteurs maritimes, que ceux-ci l'utilisent ou la fournissent.

Les niveaux de prix et la stabilité des marchés sont des facteurs déterminants de la viabilité de l'exploration et de l'exploitation des réserves de pétrole et de gaz en mer, comme l'ont souligné de récentes décisions de réduction, de report ou d'abandon de projets de ce type, qui requièrent d'importants investissements. Néanmoins, malgré la

faiblesse des prix du pétrole, un bon nombre de projets en mer très en vue ont continué de se développer. Il est évident que la viabilité économique varie en fonction des régions et des projets, mais on pense qu'un prix du pétrole autour de 80 USD par baril sur une longue période suffirait à soutenir la plupart des opérations de mise en valeur en eaux profondes (DW, 2015).

L'avenir de l'exploitation en mer dépendra de l'évolution des coûts de mise en valeur (par comparaison aussi avec ceux d'une exploitation terrestre) ainsi que des prix des hydrocarbures et d'autres conditions d'investissement, mais on prévoit qu'elle devrait continuer de fournir 30 % environ de la production mondiale d'hydrocarbures. La progression de la production totale de pétrole brut en mer devrait être relativement lente, de 25 millions de barils d'équivalent pétrole par jour environ en 2014 à 28 millions en 2040. Celle du gaz, en revanche, devrait être plus soutenue sur la même période, passant de légèrement plus de 17 millions de barils d'équivalent pétrole en 2014 à 27 millions en 2040 (Borelli, à paraître).

Contrairement à ce qui se passe pour les producteurs d'hydrocarbures, le maintien des prix du pétrole et du gaz à un niveau élevé est un ingrédient indispensable à la croissance continue de l'éolien en mer et des énergies renouvelables d'origine marine. Il en va de même du développement des biocarburants algaux fondés sur l'aquaculture. L'éolien en mer devrait toutefois continuer de bénéficier de subventions publiques dans les années à venir et devrait aussi tirer parti des mesures prises pour réduire le coût de production et les dépenses de fonctionnement au fur et à mesure de l'augmentation de la puissance installée. Ces deux aspects devraient aider ce mode de production à renforcer sa capacité de résistance aux fluctuations des marchés du pétrole et du gaz. En ce qui concerne le marché mondial des systèmes énergétiques marins (exploitant le mouvement des marées, la houle, les courant marins, etc.), on ne prévoit pas d'expansion significative à moyen terme, mais le potentiel à plus longue échéance est énorme.

Du côté des usagers, les prix de l'énergie sont un déterminant essentiel de la structure de coût des activités des compagnies de transport maritime et de leurs projections de la demande future de leurs services. Les prix du pétrole entrent aussi pour une part importante dans les coûts supportés par la pêche commerciale et par les voyages et le tourisme maritimes. À plus long terme, il se pourrait que les expérimentations actuelles de nouveaux carburants (GNL, GPL, hydrogène, agrocarburants) et de nouvelles formes de propulsion (électrique) commencent à porter leurs fruits et réduisent la dépendance des usagers de la mer à l'égard des carburants pétroliers (DNV GL, 2015).

Enfin, dans les décennies qui viennent, le développement et le changement de structure de la demande auront une grande incidence sur les volumes de pétrole et de gaz transportés par mer. Les pétroliers et les gaziers représentent aujourd'hui autour de 30 % du trafic maritime mondial. Des projections récentes laissent penser que la croissance à venir de l'économie mondiale, en particulier en Asie, continuera de stimuler celle des volumes transportés par ces navires. Le transport de pétrole par mer, pour ne prendre que cet exemple, devrait s'élever de son niveau actuel d'environ 3 500 millions de tonnes à près de 4 500 millions de tonnes en 2030 (SEA, 2015). Cependant, compte tenu de l'excédent de capacité accumulé depuis quelque dix ans, la flotte de pétroliers devrait croître plus lentement que par le passé, quoiqu'à un rythme juste inférieur à 1 % par an (SEA, 2015), à court et moyen termes.

Métaux et minéraux : Des pressions permanentes sur l'offre

Les tendances

Les principaux déterminants de l'augmentation de la demande de ressources naturelles demeurent la croissance économique et la démographie. Sur les 30 dernières années approximativement, l'extraction mondiale de métaux et de minéraux (combustibles fossiles compris) a progressé, passant de 40 milliards de tonnes en 1980 à près de 70 milliards de tonnes en 2008, soit une augmentation annuelle de plus de 2 %. Compte tenu des perspectives d'accroissement de la population et de la prospérité, les rythmes d'extraction devraient s'accélérer encore dans les deux ou trois prochaines décennies, pour atteindre autour de 100 milliards de tonnes en 2030 (BMLFUW, 2015).

Pour la plupart des métaux et minéraux, les enjeux ne porteront pas tant sur la capacité de l'approvisionnement mondial à se maintenir au niveau de la demande, que sur les effets préjudiciables de l'extraction, de l'utilisation et des émissions pour l'environnement, ainsi que sur le niveau et la fluctuation des prix. Jusqu'en 2007-08, les prix des métaux précieux et autres (or, argent, cuivre, zinc) ont augmenté jusqu'à atteindre des niveaux record, avant de s'écrouler brutalement lorsque la crise financière et la récession se sont installées, à la suite de quoi, une période de forte volatilité a débuté.

Le débat est également animé autour de la demande future – et d'éventuelles pénuries – de métaux et de minéraux indispensables aux économies modernes, et surtout aux principaux produits de haute technologie tels que les équipements informatiques, les véhicules électriques et les installations de production d'énergie renouvelable. Entre autres technologies essentielles concernées, citons : l'énergie nucléaire, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, le captage et le stockage du carbone et les réseaux de distribution d'électricité.

Bien que cette activité soit encore largement en phase exploratoire, l'extraction de minéraux et plus encore de métaux des fonds marins a suscité un intérêt croissant ces dernières années, du fait surtout des hausses de la demande et des prix évoquées précédemment, mais aussi pour des questions de souveraineté dans le cas de certains éléments de terres rares. L'intérêt pour l'exploration des fonds marins devrait se maintenir sur une longue période compte tenu des limites de plusieurs ressources minérales terrestres, des préoccupations que suscitent la qualité déclinante de certains minerais et des pénuries possibles de quelques-uns des métaux rares (voir ci-après). Les nodules polymétalliques et les amas sulfurés des fonds marins éveillent un intérêt commercial particulièrement vif. Les amas sulfurés sont des dépôts minéraux riches en soufre et à teneur élevée en métaux communs, qui précipitent lorsque les fluides hydrothermaux qui les charrient interagissent avec l'eau de mer ambiante, plus froide, dans les champs d'évents hydrothermaux. On estime qu'il existe des milliers de systèmes sulfurés sous-marins et que, même si la moitié d'entre eux seulement sont géographiquement viables, la production annuelle des fonds marins représente plusieurs milliards de tonnes de cuivre pour ne prendre que cet exemple. Des dépôts d'éléments de terres rares sont également présents sous ou sur les fonds marins, de même que des dépôts d'hydrates de méthane.

Risques et incertitudes

Pour certains métaux (parfois d'importance critique), on craint des goulets d'étranglement de l'offre. Les facteurs de l'offre qui pourraient jouer un rôle dans l'avenir sont les suivants :

- éventualité de poussées de croissance de la demande mondiale résultant de nouvelles utilisations
- limitations de la croissance de la production, à court ou moyen terme (en raison d'un manque de réserves connues ou de contraintes entravant la capacité de production, par exemple)
- marché dominé par un très petit nombre de pays fournisseurs
- risque politique (instabilité, conflit interne, etc.) dans des pays fournisseurs majeurs.

Pour les dix ans à venir au minimum, il est probable que la croissance continue de la demande maintiendra l'offre sous pression. Dans certains cas (néodyme et dysprosium, par exemple), commercialiser de nouvelles mines de terres rares sera très difficile. Par ailleurs, il se pourrait que ces difficultés soient aggravées par des risques politiques élevés, les réserves étant très concentrées dans un même pays, la Chine (Moss et al., 2013), mais aussi, et ce n'est pas le moindre problème, par les problèmes environnementaux que pose l'extraction de ces éléments.

Conséquences sur l'économie de la mer

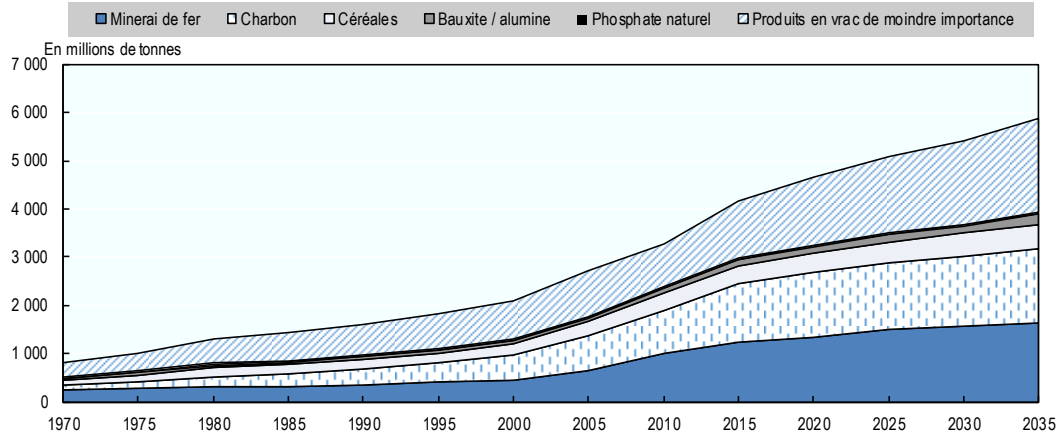
Malgré la croissance prévue de la demande de minerais et de minéraux dans les décennies à venir et malgré les inquiétudes que suscite la qualité en baisse de certains minerais, il est difficile de savoir si l'exploitation minière des grands fonds à une échelle commerciale est proche ou non. Il y a plusieurs raisons à cela, notamment : la disponibilité d'autres sources terrestres, les possibilités de recyclage des métaux et les problèmes économiques et environnementaux que pose l'extraction minière en eaux profondes et qui la desservent (Hannington, à paraître).

Cela étant, l'intérêt politique est déjà en train de monter en puissance, en particulier sur le front environnemental. Ainsi, la déclaration issue du sommet du G7 en Allemagne, en 2015, désignait l'étude d'impact sur l'environnement et la recherche scientifique comme des priorités pour une exploitation minière durable des grands fonds. Comme le récent EcoDeep-SIP Workshop (2015) à Tokyo le soulignait, en effet, les grands fonds marins sont un ensemble particulièrement complexe d'écosystèmes étroitement liés et mal armés pour survivre aux perturbations, mais sur lesquels nous ne disposons que de très peu de connaissances scientifiques. L'étude de l'impact sur l'environnement (EIA) de l'exploitation minière des grands fonds est mise en avant comme étant un élément essentiel pour une protection efficace des écosystèmes d'eaux profondes.

Les secteurs du transport maritime et de la construction navale devraient en principe tirer des avantages considérables de la croissance prévue et de l'industrialisation continue de l'économie mondiale dans les prochaines années. La demande de minerai de fer, de bauxite/d'alumine et de phosphate naturel (ainsi que de charbon et de céréales) entraînera une forte augmentation du commerce maritime pour ces cinq grandes catégories de pondéreux (SEA, 2015).

Concernant les terres rares, les perspectives à long terme sont âprement débattues et des questions subsistent quant à la fiabilité des filières d'approvisionnement internationales, ce qui pourrait s'avérer problématique pour le développement d'un grand nombre de systèmes d'énergie renouvelable, et particulièrement d'énergie renouvelable d'origine marine. Les fabricants de turbines destinées à l'éolien en mer, par exemple, utilisent, parmi leurs matières premières, plusieurs éléments de terres rares – terbium, néodyme et dysprosium – dont la sécurité d'approvisionnement semble incertaine.

Graphique 2.3. **Commerce maritime mondial des principaux pondéreux, 1970-2035**



Source : SEA Europe Market Forecast.

Disponibilités alimentaires mondiales : Persistance des pressions et des incertitudes

Les tendances

La question de la sécurité alimentaire mondiale figure en tête des priorités nationales et internationales depuis plusieurs années maintenant. L'insécurité alimentaire préoccupe principalement les pays en développement. On situe le nombre actuel de personnes sous-alimentées juste au-dessous de 800 millions, la grande majorité d'entre elles se trouvant en Asie, qui représente près des deux tiers du total mondial, suivie de l'Afrique (30 %). S'il est vrai que le nombre total de personnes souffrant de la faim a chuté ces 20 dernières années, il subsiste de vastes poches de sous-alimentation, en particulier dans les pays les moins avancés (FAO, FIDA et PAM, 2015).

Les tendances mondiales ne présagent rien de bon pour l'avenir :

- Premièrement, comme on l'a vu plus haut, la population mondiale devrait augmenter de 2 milliards de personnes d'ici à 2050, la majorité de cet accroissement se produisant dans les pays en développement et dans les villes. La tâche des systèmes alimentaire et agricole mondiaux s'en trouvera encore alourdie, puisque nourrir ces personnes supposera d'augmenter la production d'aliments de 60 % par rapport à la période 2005-07 (Alexandratos et Bruinsma, 2012).
- Deuxièmement, à mesure que les revenus vont augmenter un peu partout dans le monde dans les années à venir, l'évolution des préférences alimentaires aussi devrait demeurer un déterminant essentiel, accentuant tout particulièrement la demande de protéines animales de haute valeur nutritionnelle, notamment celles issues du poisson et d'autres produits de la mer.
- Troisièmement, la production alimentaire est de plus en plus concurrencée par les cultures non alimentaires, en particulier celles destinés à produire les agrocarburants.
- Quatrièmement, les disponibilités alimentaires mondiales sont parfois menacées par une surexploitation des ressources. Pour prendre l'exemple du poisson : malgré la mise en œuvre de plans de reconstitution, la surpêche a déjà provoqué l'effondrement des stocks d'espèces très populaires auprès des consommateurs (comme le cabillaud de l'Atlantique Nord-Ouest pour lequel on commence tout

juste, après si longtemps, à noter des signes de repeuplement) et, aujourd'hui, on considère que près de 30 % des stocks mondiaux de poissons sont pêchés à un niveau biologiquement non durable, autrement dit sont surpêchés (FAO, 2014).

Risques et incertitudes

Le changement climatique représente peut-être la plus grande incertitude de toute projection à long terme de la demande et de l'offre dans le domaine de l'alimentation et de l'agriculture. On prévoit que cette évolution du climat va modifier les températures et le régime des pluies partout dans le monde, provoquant des changements dans les conditions de production alimentaire et accentuant les risques d'événements météorologiques extrêmes, tels que les cyclones et les inondations de grande ampleur. En outre, comme le soulignent les *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050*, l'évolution des systèmes naturels n'est pas linéaire. Les auteurs de cette publication considèrent qu'il existe des données scientifiques convaincantes montrant qu'au-delà de certains « points de basculement », autrement dit de certaines limites biophysiques, les modifications rapides et préjudiciables subies par les systèmes naturels deviennent irréversibles. Citons notamment comme exemples, la perte de biodiversité, la disparition d'espèces, l'épuisement des ressources en eaux souterraines, la dégradation des terres et des sols et le changement climatique lui-même. Les connaissances relatives à ces seuils critiques ne sont pas très développées, pas plus que ne l'est la compréhension de leurs conséquences environnementales, économiques et sociales.

Les autres incertitudes qui pèsent sur les projections de disponibilités alimentaires (si l'on excepte l'accroissement de la population) sont l'évolution des régimes alimentaires qui accompagnera la hausse des revenus, l'augmentation des rendements agricoles et, dans une moindre mesure, le rythme et le modèle d'urbanisation. Pour finir, à la croisée du changement climatique, des évolutions technologiques et de la mondialisation, on trouve le risque que représentent les maladies des plantes et des animaux, qui pourraient se propager au mépris des frontières, voire des continents, causant des dommages considérables aux systèmes de production agricole, et, par voie de conséquence, mettant en péril les disponibilités alimentaires.

Quelques conséquences sur l'économie de la mer

Compte tenu de l'accroissement prévu de la population mondiale et de la demande de denrées alimentaires d'ici à 2050, il ne fait aucun doute que la mer a un rôle essentiel à jouer pour compléter les disponibilités alimentaires fournies par l'agriculture. De fait, le poisson représente déjà 16 % des protéines animales consommées dans le monde (Banque mondiale, 2013), et cette proportion devrait augmenter à mesure que les consommateurs dont le revenu progresse se tourneront vers des produits de la mer de plus grande valeur, et que l'aquaculture accroîtra sa production pour répondre à la demande en hausse. Or la capacité de la mer à assumer ce rôle est de plus en plus minée par l'impact des activités agricoles, et notamment le ruissellement d'engrais et de rejets agricoles vers les zones côtières et les estuaires, qui menace les habitats de la vie marine, les stocks de poissons et les mollusques, entre autres (voir chapitre 3).

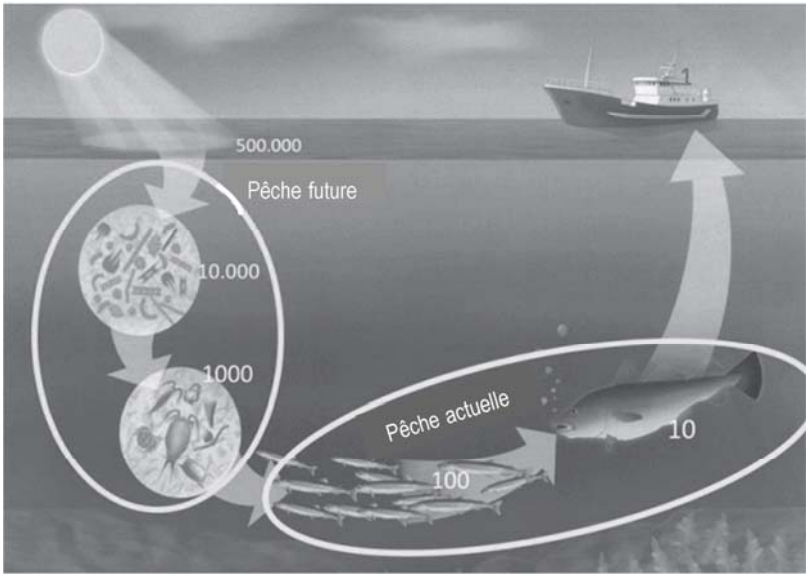
Comme cela a déjà été noté à propos des pénuries d'eau douce – en particulier de l'eau destinée à l'agriculture – susceptibles de se produire dans l'avenir, il pourrait être judicieux de transférer une part importante de la production alimentaire de la terre à la mer. Le fait que les poissons offrent généralement des taux de conversion alimentaire

bien meilleurs et produisent moins de gaz à effet de serre que les ruminants est un autre argument en faveur d'une solution de ce type.

Par le passé, certains poissons d'élevage carnivores, comme le saumon, étaient nourris principalement à partir de poissons de niveaux trophiques inférieurs capturés dans la nature. Dans les prochaines décennies, à mesure que la demande de poisson d'élevage va aller croissant, il est probable que la pression en faveur d'une réduction des intrants à base de poisson se renforcera plus encore. Ainsi, les élevages aquacoles norvégiens utilisent déjà des aliments qui se composent aux trois-quarts d'ingrédients d'origine végétale ; à titre de comparaison, cette proportion était de 11 % en 1990 (Ytrestøyl, Aas et Aasgaard, 2014). Des découvertes capitales récentes en matière de modification génétique de certaines céréales – pour enrichir celles-ci en acides gras oméga 3 – font espérer qu'il sera un jour possible de nourrir durablement les poissons d'élevage avec des aliments d'origine végétale.

Modifier les stratégies de pêche pourrait aussi être un moyen de parvenir à une production plus efficiente de protéines pour la consommation humaine ; on pourrait, par exemple, exploiter des niveaux trophiques inférieurs, comme le phytoplancton ou le zooplancton (les copépodes notamment). En effet, la consommation de denrées de ce type est aujourd'hui de plus en plus encouragée, car elle permettrait d'augmenter les disponibilités alimentaires. De plus, le volume d'animaux et de phytoplancton dans les mers est supposé être énorme, par rapport aux stocks de poissons.

Graphique 2.4. **Pêche aux niveaux trophiques inférieurs pour une production de protéines plus efficiente**



Notes : À chaque niveau franchi vers le haut de la chaîne trophique correspond une perte d'énergie de 90 % environ. En d'autres termes, les produits de la mer appartenant à un niveau trophique donné représentent neuf fois plus de nourriture par unité de poisson que le poisson pêché au niveau trophique immédiatement supérieur. Ainsi, un cabillaud de 10 kg aura consommé 100 kg de hareng. Si l'on descend encore d'un échelon dans la chaîne trophique, ces harengs auront mangé 1 000 kg de zooplancton qui, à son tour, se sera nourri de 10 000 kg d'un phytoplancton généré par 500 kilojoules de rayonnement solaire.

Source : Endal et Johnson (2014).

En conclusion, la demande croissante d'aliments dans le monde devrait bénéficier au secteur du transport maritime, qui acheminera les produits de l'agriculture et de l'horticulture sur des vraquiers équipés pour le vrac sec ou liquide et sur des navires porte-conteneurs.

Évaluations technologiques

Les tendances

On prévoit que les innovations technologiques joueront un rôle crucial, non seulement dans la résolution des nombreux problèmes évoqués précédemment, mais aussi, de façon plus générale, dans la définition de l'avenir.

Les nouveautés des TIC sont à la pointe des évolutions qui soutiennent la marche de la science et révolutionnent la production et la fourniture de services. La communication entre machines, les capteurs très perfectionnés, l'analytique de données et l'intelligence artificielle devraient induire des changements susceptibles de transformer assez profondément les produits comme les procédés. Que ce soit les améliorations dans l'utilisation et la gestion de l'énergie et des ressources naturelles, la création de marchés et de chaînes de valeur, les changements dans les courants d'échanges mondiaux ou les recentrages de la compétitivité internationale, toutes ces évolutions découleront des progrès accomplis dans les TIC. Ces dernières devraient à leur tour être de plus en plus déterminées par les phénomènes de convergence : convergence au sein même des technologies de l'information et des communications (l'internet des objets) et convergence des TIC et d'autres technologies émergentes, telles que la nanotechnologie et la biotechnologie. Les données massives, l'analytique de données, l'infonuagique et les algorithmes d'apprentissage automatique ouvrent la voie à de nouveaux niveaux d'intelligence artificielle et par conséquent à des applications évoluées et des machines et systèmes autonomes. On prévoit que les robots de l'avenir seront adaptables, conçus pour apprendre par eux-mêmes et intelligents ; ils auront des applications dans la science, la recherche spatiale, l'exploitation minière, la santé et les produits pharmaceutiques, sans oublier le secteur manufacturier.

De tous les nouveaux procédés de fabrication additive qui font la une aujourd'hui, l'impression 3D est probablement la plus citée. Elle ouvre d'immenses possibilités, qu'il s'agisse de transporter, stocker, créer ou dupliquer des produits sous forme numérique, de réaliser des économies sur l'utilisation de matière et sur les déchets et le transport, ou encore de personnaliser des articles dans le moindre détail. Il est toutefois difficile de prévoir la vitesse à laquelle cette technologie se répandra, compte tenu des obstacles auxquels elle se heurte encore (nombre limité de matériaux utilisables, absence de standards, problèmes de droits de propriété intellectuelle, etc.).

La nanotechnologie, qui permet de fabriquer des objets plus légers, plus robustes, moins chers, plus rapides, plus résistants ou d'un meilleur rendement énergétique, par exemple, devrait faire son chemin dans les produits pharmaceutiques, la chimie, l'ingénierie, l'électronique – en fait, dans presque toutes les activités économiques – et promet d'apporter des contributions notables à la résolution des problèmes environnementaux et sociaux.

La biotechnologie – qui comprend, entre autres, la génomique, le génie génétique, mais aussi cellulaire, tissulaire, protéique et moléculaire, la biotechnologie des procédés et la bioinformatique – trouve des applications dans une vaste palette de domaines et est déterminée, dans une large mesure, par des préoccupations liées au changement

climatique, à l'épuisement des ressources naturelles, à la sécurité énergétique, à la production agricole, aux problèmes sanitaires mondiaux et, plus généralement, à la viabilité à long terme de la croissance économique. La biotechnologie industrielle devrait gagner de plus en plus largement un nombre croissant de secteurs, en particulier le secteur pharmaceutique, l'alimentation et le textile (pour un examen détaillé des avancées de la science et de la technologie dans le domaine maritime, voir chapitre 4).

Risques et incertitudes

L'une des plus grandes incertitudes est la probabilité de concrétisation d'innovations technologiques de rupture. De façon générale, les incertitudes liées à toutes les technologies évoquées précédemment concernent la vitesse de l'évolution technologique, l'impact des progrès réalisés dans chaque technologie individuellement, mais aussi, et c'est peut-être le point le plus important, la convergence des TIC, des capteurs, de la robotique, de la nanotechnologie et de la biotechnologie. Une percée dans un domaine peut amplifier les développements et les résultats dans d'autres, entraînant des changements déstabilisants. Ce phénomène commence à se faire sentir dans les technologies vertes – qui œuvrent généralement à la croisée des technologies émergentes –, dans la création de « matières programmables » et dans les avancées des domaines médical et pharmaceutique. Ces changements perturbateurs n'apportent pas que des avantages, ils constituent aussi de sérieux défis pour les modes opératoires établis, les positions concurrentielles, les courants d'échanges, les modèles économiques et, surtout, les marchés du travail car ils sont susceptibles de changer les conditions de travail et d'entraîner des destructions et des suppressions d'emplois. L'arme essentielle des pouvoirs publics, des entreprises et des établissements d'enseignement sera leur capacité à préparer ces changements profonds en faisant en sorte que la main-d'œuvre possède les compétences et les qualifications nécessaires pour s'adapter aux changements déstabilisants et transformateurs qui s'annoncent (OCDE, 2015a).

Conséquences sur l'économie de la mer

Chaque secteur de l'économie de la mer est susceptible d'être touché par ces progrès technologiques. Quelques exemples pour illustrer ce propos : dans la navigation commerciale, on semble sur le point d'introduire des navires autonomes et d'accroître l'utilisation de nouveaux carburants, et l'entrée en service de la navigation électronique se rapproche à grands pas ; dans les économies développées, on observe un mouvement de « réintégration » de certaines des activités des secteurs de la construction navale et de la transformation du poisson qui avaient été externalisées, à mesure que l'automatisation du rivetage/soudage pour le premier, du filetage pour le second, par exemple, se perfectionne et permet de retrouver un meilleur rapport coût-efficacité ; les compagnies pétrolières, gazières et minières opérant sur les fonds marins recherchent des solutions robotiques pour leurs opérations sous-marines ; l'aquaculture marine s'appuie sur les avancées de la biotechnologie pour améliorer la santé et le bien-être des poissons et réduire la part des populations naturelles de poissons dans l'aliment d'élevage ; les énergies renouvelables d'origine marine profitent de plus en plus des progrès accomplis dans les nouveaux matériaux et les capteurs ; la pêche, la sécurité maritime et l'observation marine continueront de profiter du développement rapide des technologies satellitaires (communications, télédétection et télémesure, navigation) ; quant au tourisme de croisière, il porte à des niveaux sans précédent les installations numériques disponibles à bord pour les passagers et l'équipage.

Évolutions géopolitiques : Un monde multipolaire en perpétuel changement

Les tendances

Dans ce chapitre, nous avons déjà recensé une série de tendances et d'évolutions en cours à l'échelle mondiale qui sont en train de changer la répartition de la puissance et de l'influence dans le monde, et donc l'équilibre des forces. Il s'agit notamment de l'importance grandissante des pays émergents et des pays en développement ; du glissement du centre de gravité économique vers l'est et vers l'Asie et de la baisse concomitante du poids économique relatif de l'Amérique du Nord et de l'Europe ; et de l'internationalisation des chaînes d'approvisionnement et des réseaux. Ces tendances se doublent d'un passage manifeste à un monde multipolaire. Lentement mais sûrement, la situation hégémonique se défait, à mesure que de nouveaux protagonistes nationaux et régionaux apparaissent sur la scène géopolitique, et les États sont rejoints par des acteurs non étatiques de plus en plus nombreux : entreprises et ONG, mais aussi mégapoles, fondations et organisations terroristes.

Le revers de cette structure multipolaire de la puissance économique, ce sont les défis qu'elle présente sur le plan de la gouvernance et de la coopération internationale, plus généralement. Les institutions internationales telles que l'Organisation des Nations Unies, le Fonds monétaire international et la Banque mondiale se démènent pour faire face à cette diffusion, on pourrait même dire cet émiettement, du pouvoir à tous niveaux, ainsi qu'au nombre croissant de parties – défendant souvent des points de vue divergents – qui doivent être consultées et encouragées à s'accorder. La gestion des ressources marines et des territoires maritimes ne fait pas exception à cette tendance (voir chapitres 5 et 9).

Risques et incertitudes

Un examen des travaux publiés révèle qu'il ne manque pas de risques ni d'incertitudes susceptibles d'entamer profondément nos espoirs d'un chemin sans détours vers l'avenir. La crise économique et financière récente a mis en lumière l'extraordinaire intrication des liens au sein de l'économie mondiale et la vulnérabilité des systèmes économiques et sociaux face aux événements foncièrement déstabilisants. La mondialisation ayant toutes les chances de se poursuivre sous ses multiples aspects, de nombreux experts font figurer l'éventualité de nouvelles crises économiques et financières en bonne place dans leur liste des principaux risques mondiaux pour les décennies à venir. Les préoccupations que suscitent la double question du changement climatique et des tensions autour de ressources naturelles telles que les aliments, l'énergie, l'eau et les minéraux occupent une place tout aussi importante. Elles peuvent à leur tour être aggravées par d'autres tensions liées à l'urbanisation, à la migration et aux inégalités dans le monde. Si ces menaces sont tellement complexes et difficiles à évaluer, c'est qu'elles sont toutes inextricablement liées entre elles.

Cette interdépendance ouvre à des événements qui pourraient sembler d'envergure régionale ou nationale une voie royale pour envahir la scène mondiale et créer de l'instabilité. Là encore, les travaux publiés fournissent une mine d'exemples. Alors que la Chine s'apprête à prendre le pas sur les États-Unis et à devenir, dans quelques années, la plus grande économie du monde, les craintes sont nombreuses quant à sa capacité à maintenir sa croissance économique à long terme (surtout compte tenu du vieillissement rapide de sa population) et aux conséquences mondiales que pourrait avoir un échec sur ce point. Pour prendre un aspect légèrement différent, certains spécialistes mettent en avant les cas déjà avérés de profonde instabilité régionale, au Moyen-Orient et en Asie du

Sud en particulier, et la possibilité que cette instabilité déborde les frontières régionales. En bonne place également parmi les risques établis, on trouve le pouvoir déstabilisant d'États « voyous », capables de semer la perturbation à l'aide d'outils relativement modestes parce que ce monde interdépendant leur confère une puissance bien supérieure à celle que leur taille leur octroierait. Sur une note plus optimiste, les régions pourraient se développer de façon surprenante. Ainsi, les régions arctiques, groupées autour de la Fédération de Russie, de l'Alaska, du Canada et des pays nordiques, pourraient voir leur prospérité et leur puissance croître rapidement dans les trois prochaines décennies grâce à l'abondance des réserves de pétrole, de gaz naturel et de minéraux, mais aussi d'eau douce, de ce territoire.

Dans ce monde en mutation, la technologie est une arme à double tranchant. D'un côté, les technologies de pointe dans les TIC, la biotechnologie, les sciences de la vie et les applications spatiales, entre autres, sont susceptibles de renforcer l'effet déstabilisant d'un grand nombre d'événements décrits précédemment. De l'autre, elles peuvent améliorer la réponse de l'humanité à nombre de défis mondiaux auxquels la planète fait face. Dans tous les cas, il y a toutes les chances pour qu'elles rebattent les cartes du jeu géopolitique de façon inattendue.

Conséquences sur l'économie de la mer

Les tensions internationales, les conflits – internes ou entre États – et le terrorisme font partie des risques géopolitiques les plus sérieux pour l'avenir du milieu marin. Les tensions internationales conduisent souvent à négliger gravement les priorités environnementales. La situation critique en mer de Chine méridionale en fournit un exemple éloquent. L'attention politique, distraite par des revendications rivales de souveraineté et des travaux de construction sur des récifs vulnérables, se détourne en grande partie de l'inquiétante dégradation de l'écosystème marin, et des conséquences que cela pourrait avoir sur la sécurité alimentaire de millions de personnes (The Economist, 2015). Par ailleurs, de nombreuses situations de conflit armé font peser de graves menaces de pollution marine. L'exemple le plus caractéristique est peut-être l'inquiétude autour du fait que certains des itinéraires les plus empruntés par les pétroliers dans le monde traversent des zones de troubles et de guerre civile. Les actes de piraterie et la menace de détournement par des groupes terroristes (qui prennent le contrôle physique des navires ou entrent par effraction dans les systèmes de cybersécurité) viennent s'ajouter à la liste des craintes.

Mais sans doute l'émiettement du pouvoir et la difficulté croissante à réunir un consensus international sur les questions d'envergure mondiale ou régionale qui sont lourdes d'enjeux pour le milieu marin et les activités liées à la mer constituent-ils une menace encore plus importante. Qu'il s'agisse du changement climatique et du niveau des émissions de gaz à effet de serre ou de la gouvernance de la haute mer et des zones ne relevant pas de la juridiction nationale, ou encore de la protection de la biodiversité marine ou des conventions internationales sur la sécurité maritime, il semble qu'il soit de plus en plus ardu et laborieux de parvenir à un accord international. Ce phénomène est d'autant plus vrai depuis que, comme la Global Ocean Commission (GOC, 2014) le constatait récemment, la gouvernance de la mer pâtit d'un patchwork d'institutions et d'organismes purement sectoriels, handicapés par la faiblesse de leur gouvernance et l'insuffisance des mesures destinées à faire respecter les règles. La situation est encore aggravée, comme le souligne le chapitre 9, par le manque de clarté du régime juridique applicable aux activités économiques exercées en mer, au-delà des zones relevant d'une

juridiction nationale, ainsi que par le risque d'intensification de la concurrence entre états autour de l'accès aux ressources sous-marines.

Sur une note plus optimiste, plusieurs succès récemment obtenus en matière de gouvernance mondiale méritent d'être soulignés, comme le fait que l'océan soit cité dans l'accord de la COP21 signé à Paris, qu'il existe désormais des objectifs de développement durable liés à la mer (ODD 14 en particulier) et que les pays membres de l'ONU soient d'accord pour élaborer un instrument juridiquement contraignant visant à protéger la diversité biologique marine des zones situées au-delà de leurs frontières et à en assurer une utilisation durable.

Conclusions

Il est impossible de dire avec un quelconque degré de confiance comment les nombreux déterminants abordés dans ce qui précède interagiront au final pour créer le monde de 2030-50. Ce qui est sûr, c'est qu'ils fournissent des indications sur l'ensemble complexe de problèmes auxquels la planète devra faire face dans les décennies à venir : changement climatique, réchauffement de la planète, accroissement plus lent mais significatif de la population et de l'urbanisation, pénuries d'eau douce, affaiblissement de la productivité, ralentissement de la croissance économique, creusement des inégalités de revenu, questions de sécurité alimentaire, fourniture d'une énergie durable – la liste est longue.

Le principe central de ce rapport est que les océans et les mers ont un rôle indispensable à jouer dans la recherche de solutions à un grand nombre de ces problèmes, si ce n'est à tous. En revanche, les forces motrices à l'œuvre à plus long terme sont aussi partiellement responsables de certaines des pressions qui pèsent sur la mer et les eaux côtières : les concentrations croissantes de populations à proximité de la mer risquent d'accroître la menace sur les eaux côtières en particulier ; la hausse des revenus et le vieillissement des populations, qui se traduisent par davantage de moyens et davantage de loisirs, auront un rôle moteur dans l'expansion du tourisme maritime et côtier ; la convergence des revenus et des comportements alimentaires des pays en développement, et surtout des économies émergentes, et des pays développés devrait entraîner d'importantes augmentations de la demande de protéines d'origine animale, dont le poisson, ce qui ajoutera encore aux menaces qui pèsent sur les populations naturelles de poissons. On prévoit que le déplacement du centre de gravité de l'activité économique vers les économies émergentes et les pays en développement augmentera considérablement la part du commerce Sud-Sud dans les échanges mondiaux au cours des deux prochaines décennies, ce qui se traduira par un accroissement notable du transport maritime dans ces parties du monde. De même, le changement climatique, le réchauffement de la planète et les pressions sur l'environnement devraient avoir des effets importants sur le milieu marin. Enfin et surtout, les vestiges des approches largement sectorielles de gouvernance de la mer qui ont longtemps été adoptées au détriment de solutions plus globalistes pourraient bien demeurer des obstacles sérieux aux tentatives de gestion plus intégrée des mers.

Comme nous l'expliquerons au prochain chapitre, ces tensions et ces menaces qui pèsent sur les milieux marin et côtier viennent s'ajouter aux bouleversements physiques qui touchent les océans et les mers, et qui devraient s'accélérer dans les décennies à venir, fragilisant encore le milieu marin.

Références

AIE (2015a), « Executive summary », *Medium-Term Oil Market Report 2015*, OCDE/AIE, Paris, www.iea.org/Textbase/npsum/MTOMR2015sum.pdf.

AIE (2015b), « Executive summary », *Medium-Term Gas Market Report 2015: Market Analysis and Forecasts to 2020*, OCDE/AIE, Paris, www.iea.org/Textbase/npsum/MTGMR2015SUM.pdf.

AIE (2013), *World Energy Outlook 2013*, Agence internationale de l'énergie, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/weo-2013-en.

AIE (2012), *World Energy Outlook 2012*, Agence internationale de l'énergie, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/weo-2012-en.

Alexandratos, N. et J. Bruinsma (2012), « World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision », *ESA Working Papers*, n° 12-03, juin, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf.

Anson, S. (à paraître), « Prospects for offshore wind to 2030 », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Banque mondiale (2013), « Fish to 2030: Prospects for fisheries and aquaculture », *Agriculture and Environmental Services Discussion Paper 03*, Banque mondiale, Washington, DC, http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/12/18882045/fish-2030-prospects-fisheries-aquaculture.

Borelli, A. (à paraître), « Offshore oil and gas: The new frontiers », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Braconier, H., G. Nicoletti et B. Westmore (2014), « Policy challenges for the next 50 years », *Documents d'orientation du Département des affaires économiques de l'OCDE*, n° 9, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/5jz18gs5fckf-en.

Crawford Heitzmann, M. (2006), « N'oublions pas le littoral ! », *L'Observateur OCDE*, n° 254, Éditions OCDE, Paris, mars, www.observateurocde.org/news/fullstory.php/aid/1580/N_B4oublions_pas_le_littoral_!_.html.

Cunha, M.R. (2016), « Ecosystem connectivity in a changing ocean », chapitre 3, in: *Sailing through Changing Oceans: Ocean and Polar Life and Environmental Sciences on a Warming Planet*, Science Position Paper, Fondation européenne de la science, Strasbourg, www.esf.org/fileadmin/Public_documents/Publications/sailing_through_changing_oceans.pdf.

DNV GL (2015), « The fuel trilemma: Next generation of marine fuels », DNV GLAS, Høvik, Norway, www.dnvgl.com/Images/DNV%20GL_Position%20Paper%20on%20Fuel%20Trilemma_tcm8-25973.PDF.

Doney, S.C. et al. (2012), « Climate change impacts on marine ecosystems », *Annual Review of Marine Sciences*, vol. 4, janvier, pp. 11-37, http://dx.doi.org/10.1146/annurev-marine-041911-111611.

DW (2015), « Offshore prospects for 2016: Playing the waiting game? », Douglas Westwood, www.offshoreenergytoday.com/douglas-westwood-offshore-prospects-for-2016-playing-the-waiting-game/.

Endal, A. et G. Johnson (2014), « Livet i havet » (Life in the Seas), in Leif Lundby (dir. pub.), *Havromsteknologi* (Ocean Space Technology), Fagbokforlaget, Bergen (Norvège).

FAO (2014), *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2014*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org/3/a-i3720f.pdf.

FAO, FIDA et PAM (2015), *L'État de l'insécurité alimentaire dans le monde : Objectifs internationaux 2015 de réduction de la faim : Des progrès inégaux*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org/3/a-i4646f.pdf.

Fernald, J.G. et C.I. Jones (2014), « The future of U.S. economic growth », *NBER Working Papers*, n° 19 830, janvier.

GIEC (2013), *Changements climatiques 2013* : *Les éléments scientifiques: Résumé à l'intention des décideurs, Résumé technique et Foire aux questions*, Extraits de la contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf.

GOC (2014), « From decline to recovery, rescue package for the global ocean », Global Ocean Commission, Oxford, Royaume-Uni, www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/dotcom/client_service/Sustainability/PDFs/From_decline_to_recovery_A_rescue_package_for_the_global_ocean.ashx.

Gros, D. et C. Alcidi (dir. pub.) (2013), *The Global Economy in 2030: Trends and Strategies for Europe*, Centre for European Policy Studies, Bruxelles, novembre, disponible à l'adresse : http://europa.eu/espas/pdf/espas-report-economy.pdf.

Hannington, M. (à paraître), « Prospects and challenges of deepsea mining », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Jambeck, J.R. et al. (2015), « Plastic waste inputs from land into the ocean », *Science*, 13 février 2015, vol. 347, n° 6 223, pp. 768-771, http://dx.doi.org/10.1126/science.1260352.

Kharas, H. (2010), « The emerging middle class in developing countries », *Documents de travail du Centre de développement de l'OCDE*, n° 285, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/5kmmp8lncrns-en.

Ministère fédéral autrichien de l'agriculture et des forêts, de l'environnement et de la gestion de l'eau (BMLFUW) (2015), www.bmlfuw.gv.at/en/fields/greentec/Wastemanagement/Ressourcedata.html.

Moss, R.L. et al. (2013), « The potential risks from metals bottlenecks to the deployment of strategic energy technologies », *Energy Policy*, vol. 55, avril, pp. 556-564, http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.053.

Neumann, B. et al. (2015), « Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding: A global assessment », *PLOS ONE*, vol. 10, n° 3, http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0118571.

Nicholls, R.J. et al. (2008), « Ranking port cities with high exposure and vulnerability to climate extremes: Exposure estimates », *Documents de travail de l'OCDE sur l'environnement,* n° 1, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/011766488208.

OCDE (2015a), « Enabling the next production revolution: Issues paper », DSTI/IND(2015)2, OCDE, Paris, www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DSTI/IND%282015%292&docLanguage=En.

OCDE (2015b), *The Future of Productivity*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264248533-en.

OCDE (2014), « Perspectives macroéconomiques à long terme : Scénario de référence, nº 95 (Édition 2014) », *Perspectives économiques de l'OCDE : Statistiques et projections* (base de données), www.oecd-ilibrary.org/economics/data/perspectives-economiques-de-l-ocde-statistiques-et-projections/perspectives-macro-economiques-a-long-terme-scenario-de-reference-no-95_data-00690-fr.

OCDE (2011a), *Panorama de la santé 2011 : Les indicateurs de l'OCDE*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/health_glance-2011-fr .

OCDE (2011e), *Future Global Shocks: Improving Risk Governance*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264114586-en.

OCDE et FIT (2015), *Perspectives des transports FIT 2015*, Éditions OCDE/FIT, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789282107805-fr .

ONU (2015), *World Population Prospects: Key Findings & Advance Tables – 2015 Revision*, Département des affaires économiques et sociales, Division de la population, Nations Unies, New York, http://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf.

ONU (2011), *World Population Prospects: 2010 Revision*, Département des affaires économiques et sociales, Division de la population, Nations Unies, New York.

SEA (2015), *2014 Market Forecast Report*, SEA Europe, Ships & Maritime Equipment Association, disponible à l'adresse : www.seaeurope.eu/template.asp?f=publications.asp&jaar=2015.

Séminaire international EcoDeep-SIP (2015), « The crafting of seabed mining ecosystem-based management: Assessing deep sea ecosystems in the Pacific Ocean », Final Report, juillet, https://fbox.jamstec.go.jp/public/Meb0QAIJu8DAnyoBmgFS4jIe8L-XODrU0j0tlod7rpRP.

Sweeney, E. (à paraître), « Prospects for ocean energy to 2030 », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

The Economist (2015), « How to catch the overfishermen: Big data allow fish to be protected as never before. Governments should take advantage of this », *The Economist*, print edition, 24 janvier.

Ytrestøyl, T, T.S. Aas et T. Aasgaard (2014), « Resource utilisation of Norwegian salmon farming in 2012 and 2013 », Report 36/2014, Nofima, Norvège, http://nofima.no/wp-content/uploads/2014/11/Nofima_report_resource_utilisation_Oct_2014.pdf.

Chapitre 3.

Évolution probable du milieu marin : Incidences sur l'économie de la mer

Les objectifs de ce chapitre sont les suivants : faire le point des publications scientifiques sur l'état actuel de la mer et sur son évolution probable à l'horizon 2030-50 ; montrer comment les pressions et les déterminants actuels et futurs, comme le changement climatique, le réchauffement de la mer, l'acidification, la désoxygénation, la surpêche et la pollution, transforment physiquement le milieu marin et ses écosystèmes, et influent directement sur le potentiel économique des activités liées à la mer ; et étudier certaines des conséquences possibles de cette évolution sur la biomasse et la biodiversité, ainsi que sur l'économie de la mer dans son ensemble. Ce panorama des tensions et des contraintes qui s'exercent sur le milieu marin fournit un contexte utile aux chapitres suivants, qui évaluent l'évolution future de divers secteurs d'activité liés à la mer.

Introduction

La mer recouvre 71 % de la surface de notre planète et représente 97 % de l'eau disponible sur terre ; or plus de 95 % du monde sous-marin reste inexploré. Elle procure des produits comestibles qui constituent la principale source de protéines animales dans les régimes alimentaires d'environ 1 milliard de personnes (vivant pour la plupart dans des pays en développement) et fournissent pas moins de 15 % des protéines consommées par 60 % de la population humaine mondiale (FAO, 2014). Les produits de la mer contribuent pour 10 % aux exportations totales de produits agroalimentaires et pour 1 % au commerce mondial de marchandises (en valeur). Le transport maritime achemine approximativement 90 % des marchandises échangées dans le monde ; et le secteur du tourisme (dans lequel les activités de tourisme maritime et côtier entrent pour une large part) représente 5 % du PIB mondial. Les moyens d'existence de plus de 500 millions de personnes sont liés à la mer (PNUD-FEM, 2012).

Les écosystèmes marins et leur biodiversité procurent divers autres services essentiels au bien-être humain : régulation des concentrations atmosphériques et marines en dioxyde de carbone (CO_2), fourniture d'oxygène, cycle de convection hydrothermal, cycle hydrologique et protection des côtes. Les océans et les mers ont ainsi absorbé un tiers des émissions anthropiques de dioxyde de carbone (Bijma et al., 2013).

Brander et al. (2015) ont estimé que si l'on étendait les aires marines protégées pour atteindre 10 % de la superficie de la mer, le total des avantages que procureraient les services écosystémiques correspondants pourrait être compris entre 622 milliards et 923 milliards USD sur la période 2015-50 ; pour une superficie portée à 30 %, il serait compris entre 719 milliards et 1 145 milliards USD. Les services écosystémiques comprennent la protection des côtes, la pêche, le tourisme, les loisirs et le stockage du carbone assuré par les récifs coralliens, les mangroves et les zones humides littorales. L'écart entre les scénarios est en grande partie dû à la variation des services fournis par les récifs coralliens.

Cependant, les émissions anthropiques de carbone résultant de l'utilisation de combustibles fossiles et de la déforestation ont eu de sérieuses répercussions sur la mer. Depuis la révolution industrielle, la concentration atmosphérique en CO_2 est passée de 278 parties par million (ppm) à 400 ppm, entraînant une acidification des océans et des mers à un rythme sans précédent (dix fois plus rapide qu'il ne l'a jamais été au cours des 55 millions d'années précédentes) (Tripati, Roberts et Eagle, 2009 ; LaRiviere et al., 2012 ; Hönisch et al., 2012).

Les risques globaux auxquels doivent faire face la mer et son écosystème semblent avoir été considérablement sous-estimés (ONU, 2015). Aujourd'hui déjà, plus de 550 espèces de poissons et d'invertébrés marins figurent sur la Liste rouge UICN des espèces menacées. Les données sur le milieu marin sont limitées, mais une première évaluation menée selon les critères de cette liste et portant sur toutes les espèces connues a montré que 12 % de ces dernières étaient menacées. Les sous-sections qui suivent proposent une vue d'ensemble de l'évolution probable du milieu marin d'ici à 2050. Elles décrivent la situation actuelle et celle à laquelle on pourrait arriver en 2030-50, les effets physiques et biologiques qui pourraient apparaître et la manière dont ces changements pourraient agir sur le potentiel économique des activités liées à la mer. Il est important de noter les interconnexions entre les déterminants et les changements traités dans les différentes sous-sections. Ainsi, l'augmentation des émissions de CO_2 contribue à l'acidification croissante des océans et des mers, laquelle produit à son tour des effets sur

certaines créatures marines, puis, conjuguée au réchauffement océanique et à la pollution par exemple, sur la biomasse marine.

Température et niveau de la mer

Au cours des dernières décennies, c'est dans la mer que l'on a observé l'augmentation de stockage de chaleur la plus forte de tout le système climatique, ce qui a eu pour effet d'accélérer la fonte des glaces et l'élévation du niveau des eaux.

Situation actuelle et tendances probables

Sur la période 1971-2010, les taux moyens de réchauffement de la mer ont été de plus de 0.1 °C par décennie dans les 75 mètres (m) supérieurs de la colonne d'eau, et de 0.015 °C par décennie à une profondeur de 700 m, avec des variations selon les régions et les saisons et d'une année sur l'autre. Les plus fortes tendances au réchauffement ont été constatées sous les hautes latitudes (Rhein et al., 2013). Sur cette même période, l'écart de température à l'échelle mondiale entre la surface de la mer et les eaux situées à une profondeur de 200 m a augmenté en moyenne de 0.25 ºC (Levitus et al., 2009).

La dilatation thermique des océans et la fonte des glaciers ont été les principaux facteurs responsables de l'élévation du niveau moyen de la mer durant le XX^{e} siècle. Les observations effectuées depuis 1971 indiquent en effet que ces deux facteurs (hors glaciers situés à la périphérie de l'inlandsis de l'Antarctique pour le second) expliquent 75 % de l'élévation constatée. La contribution des inlandsis du Groenland et de l'Antarctique à ce phénomène s'est accentuée depuis le début des années 90, en partie à cause de l'augmentation de l'écoulement provoquée par le réchauffement de l'océan immédiatement adjacent (Church et al., 2013).

Depuis les premières mesures par satellite, réalisées en 1993, le niveau des mers du globe est monté de 3.2 millimètres par an, soit presque le double du taux moyen d'élévation des eaux sur la totalité du XX^{e} siècle et le triple de celui du début de ce même siècle (Robinson, Calov et Ganopolski, 2012).

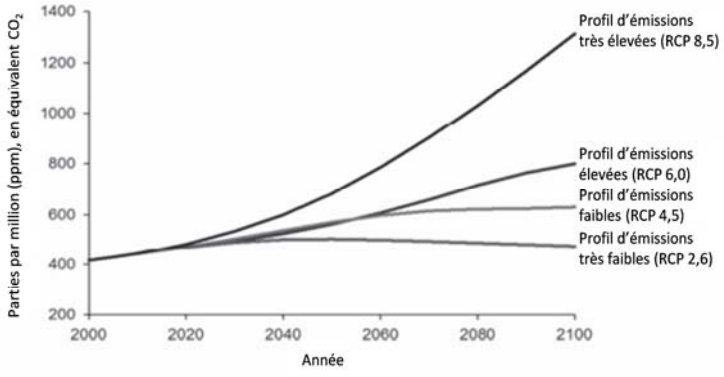
Le graphique 3.1 illustre les résultats contrastés obtenus avec le profil d'émissions très élevées – le scénario de maintien du statu quo (RCP 8,5) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) – et avec le profil d'émissions très faibles – le scénario d'atténuation drastique des émissions (RCP 2,6) du GIEC. La physique et la chimie océaniques seraient assez différentes dans ces deux scénarios d'émissions, et le contraste ne ferait que s'accentuer au cours du XXI^{e} siècle.

D'ici à 2100, avec le scénario de maintien du statu quo, l'élévation moyenne du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe devrait être d'environ 0.86 m, soit 16 centimètres de plus que dans le scénario d'atténuation drastique des émissions (Stocker et al., 2013), mais, à certains endroits, on pourra observer des écarts significatifs entre l'évolution du niveau des eaux à l'échelle locale et régionale, et l'élévation moyenne à l'échelle mondiale. C'est sous les tropiques que l'élévation la plus forte est attendue (Perrette et al., 2013), tandis que la plupart des régions situées à proximité des actuels et anciens glaciers, calottes glaciaires et inlandsis pourraient voir le niveau de leurs eaux baisser (Rhein et al., 2013).

Dans l'avenir, la fonte des glaces s'accélérera du fait d'une moindre réflexion de leur surface, qui accroîtra la fonte superficielle. La banquise arctique d'été pourrait disparaître d'ici à 2037 ou peu après (Stroeve et al., 2007). D'après un article récent (Khan et al.,

2014), le nord-est de l'inlandsis du Groenland fond plus rapidement que prévu. Un réchauffement planétaire continu supérieur au seuil de 4 °C par rapport aux niveaux préindustriels pourrait provoquer la disparition presque totale de l'inlandsis du Groenland en un millénaire ou peut-être davantage, ce qui entraînerait une élévation du niveau moyen des mers d'environ 7 m (Church et al., 2013). Dans ce scénario extrême, l'accélération de la fonte libérerait une quantité énorme d'eau douce, modifiant les courants, réduisant la salinité, augmentant la hauteur des vagues et changeant leur direction dans les océans Austral et Arctique (Rhein et al., 2013).

Graphique 3.1. **Profils des émissions de gaz à effet de serre atmosphériques, projections pour la période 2000-2100**



Source : D'après les données issues de la *Representative Concentration Pathways Database* (Version 2.0.5).

Implications physiques et biologiques

Tous les organismes tolèrent une plage limitée de températures ambiantes en dehors de laquelle leur fonctionnement cesse d'être optimal (Bijma et al., 2013). Si les conditions climatiques de vie d'un organisme dépassent ces limites, sa croissance, sa taille, son comportement, ses défenses immunitaires, son alimentation et sa capacité de reproduction peuvent en être altérés (Pörtner et al., 2014). Dans des eaux plus chaudes, par exemple, on peut s'attendre à ce que les poissons aient une taille maximale et une taille à la première maturité plus faibles (Kolding, Haug et Stefansson, 2008 ; Daufresne, Lengfellner et Sommer, 2009). Les poissons dont le corps aura rapetissé du fait d'environnements plus chauds présenteront probablement un taux de mortalité naturelle plus élevé (Anderson et al., 2008).

La capacité de la faune et de la flore actuelles des écosystèmes marins à compenser le taux de variation de la température que l'on enregistre aujourd'hui, ou à s'y adapter, est limitée. Cela étant, la répartition régionale des espèces se modifiera probablement et une adaptation génétique pourrait s'opérer, entraînant une redistribution mondiale du potentiel de capture de poissons et d'invertébrés. Les effets du changement climatique sur la biodiversité marine ont déjà débouché sur une perte ou une dégradation de 50 % des marais salés, de 35 % des mangroves, de 30 % des récifs coralliens et de 20 % des herbiers marins (Doney et al., 2009).

En raison du réchauffement, de nombreuses espèces – notamment divers invertébrés, des espèces de poisson importantes sur le plan commercial et des mammifères marins – migrent vers des régions où la température est similaire à celle de leur habitat d'origine (Chambers et al., 2013 ; Jones et Cheung, 2015 ; Gibert et DeLong, 2014 ; Vergés et al.,

2014), ce qui peut modifier de manière permanente les écosystèmes, et notamment entraîner l'extinction de certaines espèces (Jones et Cheung, 2015). D'ici au milieu du XXI^{e} siècle, on s'attend à ce que la biodiversité augmente sous les moyennes et hautes latitudes et diminue sous les tropiques (Pörtner et al., 2014), principalement du fait de la migration régionale et de l'adaptation génétique. Ces déplacements vont se poursuivre compte tenu de la projection de réchauffement de la mer (Pinsky et al., 2013 ; Jones et Cheung, 2015 ; Hiddink, Burrows et García Molinos, 2015).

Le réchauffement de la mer peut modifier la stratification des eaux de surface, ce qui a une incidence sur les substances nutritives disponibles et la productivité primaire, du fait de la réduction de zones de mélange importantes sur le plan biologique – encore que les effets puissent être différents selon les régions. La stratification, en effet, peut limiter le transfert de l'eau de surface riche en oxygène vers les couches plus profondes et faire baisser l'oxygène dans les couches intermédiaires, ce qui influe sur la disponibilité en nutriments (Keeling, Körtzinger et Gruber, 2010 ; Stramma et al., 2011 ; Hoegh-Guldberg et Bruno, 2010). Certaines observations portent à croire que la productivité primaire annuelle pourrait diminuer sous les basses latitudes, dans le Pacifique Nord et l'océan Austral, alors que d'autres semblent indiquer une hausse de la productivité primaire dans l'Atlantique Nord et l'océan Arctique (Bijma et al., 2013).

Ces modifications devraient entraîner un renouvellement des espèces dans les écosystèmes marins, caractérisé par des pertes et des invasions différentes selon les régions (Cheung et al., 2009). Quelque 60 % de ce renouvellement devrait se produire dans les régions subpolaires, les tropiques et les mers semi-fermées (Carpenter et al., 2008 ; Cheung et al., 2009), tandis que les invasions d'espèces devraient être plus intenses dans les océans Arctique et Austral.

Le scénario d'atténuation des émissions élaboré par le GIEC prévoit que les risques demeureront modérés pour les services écosystémiques marins ; en revanche, il faut s'attendre à des conséquences en cascade d'ici à 2100 dans le scénario de maintien du statu quo, notamment en ce qui concerne la biologie marine, avec, entre autres, une altération de la dynamique du réseau trophique, une moindre abondance des espèces servant d'habitat, une modification des aires de répartition et un développement des pathogènes (Hoegh-Guldberg et Bruno, 2010).

Effets probables sur l'économie de la mer

L'élévation du niveau de la mer pose un problème critique, en particulier dans les zones côtières, qui abritent une proportion importante et croissante de la population mondiale. L'élévation prévue pourrait entraîner l'inondation des basses terres, la submersion des zones humides et marais littoraux, l'érosion des plages, l'aggravation des inondations et l'augmentation de la salinité des cours d'eau, des baies et des aquifères. Elle pourrait aussi exposer les régions côtières à des dommages économiques accrus en raison de l'intensification des tempêtes tropicales. Parmi les menaces évoquées figurent les dommages que les ports et les activités portuaires pourraient subir du fait de l'élévation du niveau de la mer (GIEC, 2013) et qui pourraient entraîner des pertes économiques globales de 111.6 milliards USD en 2050 et de 367.2 milliards USD à la fin de ce siècle (Noone, Sumaila et Diaz, 2012).

Dans un registre plus positif, la réduction de la banquise peut également être vue comme l'occasion d'ouvrir de nouvelles voies navigables au transport maritime (GIEC, 2014). La réduction de la banquise arctique faciliterait l'établissement de nouvelles routes commerciales, telles que le passage du Nord-Ouest, ce qui pourrait assurer la viabilité

économique du transport maritime transarctique et améliorer l'accessibilité de l'extraction de pétrole et de gaz, de l'exploitation minière et du tourisme. Cependant, les projections indiquent qu'un tel développement augmenterait les émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants (Lauer et al., 2009 ; Corbett et al., 2010) et favoriserait l'invasion d'espèces exotiques présentes sur la coque des navires et dans l'eau de ballast (Lewis, Riddle et Hewitt, 2004).

Comme on l'a vu plus haut dans cette section, la température, le régime des vents et la productivité devraient entraîner des modifications dans la répartition des espèces, qui se déplaceraient vers les pôles et vers des eaux plus profondes. Les chercheurs ont constaté que la composition des prises des bateaux de pêche avait déjà commencé à changer : par exemple, on a observé un déplacement de 30 à 130 km vers les pôles dans les eaux de l'Atlantique Nord, de l'Antarctique et de l'Arctique et de 3.5 m par décennie vers des eaux plus profondes, d'où des gains et des pertes d'espèces pour la pêche (Gattuso et al., 2015 ; Beaugrand, Edwards et Legendre, 2010 ; Weimerskirch et al., 2012 ; Wassmann et al., 2011).

L'évolution du milieu marin pourrait être à double tranchant, et le côté négatif l'emporterait probablement. D'un côté, des débouchés économiques pourraient s'ouvrir du fait du déplacement vers les pôles d'espèces commerciales de poissons et d'invertébrés. On prévoit un accroissement des abondances dans les niveaux trophiques intermédiaires et sous les hautes latitudes. Les conséquences du réchauffement de la planète sur la pêche pourraient avoir un effet positif sur le produit intérieur brut de l'Islande et du Groenland, entraînant pour ce dernier une amélioration substantielle de l'économie (Arnason, 2007). D'un autre côté, ce potentiel de capture supplémentaire pourrait être limité, car ces zones sont également un point névralgique en ce qui concerne l'acidification des eaux et la diminution des concentrations en oxygène dissous. Les travaux de recherche sur le changement climatique indiquent que les prises pourraient augmenter dans les eaux des pays situés sous de hautes latitudes. On s'attend donc à ce que la pêche dans les océans Arctique et Austral bénéficie de l'augmentation de la production primaire, les projections donnant une progression des recettes comprise entre 14 % et 59 % d'ici au milieu du XXI^{e} siècle par rapport à aujourd'hui dans un scénario d'émissions élevées (Pörtner et al., 2014).

C'est sous les tropiques et dans les mers semi-fermées (Méditerranée et golfe Persique, par exemple) que les plus grandes pertes économiques sont attendues (Jones et Cheung, 2015 ; Barange et al., 2014 ; Cheung et al., 2010), du fait de taux élevés et de différentes conditions d'extinction d'espèces locales (Bell et al., 2013). La perte d'habitats essentiels, comme les récifs coralliens et les mangroves, aggravera les effets sur la pêche dans les eaux tropicales et, par conséquent, sur les communautés humaines vulnérables. D'autres pertes économiques sont attendues dans la pêche côtière en raison du déplacement de certaines espèces vers des eaux plus profondes.

Sous les latitudes moyennes, les risques sont plus variables selon les sites et les espèces exploitées, mais on s'attend à ce qu'ils augmentent fortement dans le scénario de maintien du statu quo sous l'effet combiné du réchauffement, de l'acidification et de la désoxygénation des eaux (Pörtner et al., 2014).

Le GIEC (Wong et al., 2014) estime qu'une augmentation de 2 °C de la température à l'échelle mondiale d'ici à 2050 pourrait entraîner des pertes globales comprises entre 17 milliards et 41 milliards USD par an en valeur des captures débarquées (aux prix de 2005) et que le coût de l'adaptation du secteur de la pêche pourrait se situer entre 7 milliards et 30 milliards USD par an sur la période 2010-50 (Sumaila et Cheung, 2010).

Dans les pays en développement, où la pêche de capture fournit des emplois, des moyens d'existence et de la nourriture à des millions de personnes dans les communautés côtières, le renouvellement des espèces et l'augmentation du risque de maladies infectieuses pourraient avoir de sérieuses conséquences sur la sécurité alimentaire (Cooley et al., 2012 ; Barange et al., 2014 ; Lam, Cheung et Sumaila, 2014 ; Bell et al., 2013). En fin de compte, la flexibilité et les moyens d'action des systèmes de production alimentaire et des communautés côtières seront déterminants (Elmqvist et al., 2003 ; Planque, Bellier et Loots, 2011). Les implications pour le secteur de la pêche sont pourtant encore mal comprises, et des incertitudes subsistent quant à l'évolution de la production primaire et aux effets en chaîne dans les réseaux trophiques et sur les activités de pêche (Planque et al., 2011 ; Stock et al., 2011).

L'élévation du niveau de la mer fera entrer de l'eau salée dans les deltas et les estuaires, où se pratiquent couramment des activités aquacoles, ce qui aura pour effet de repousser ces dernières vers l'amont et de détruire des zones humides. Le réchauffement des eaux fait aussi croître la menace de maladies infectieuses dans l'aquaculture, et l'on observe les effets de ce phénomène dans l'ostréiculture et l'élevage d'ormeaux (Burge et al., 2014) et dans la pisciculture côtière, par exemple (Garai, 2014).

Acidification

La hausse spectaculaire des émissions anthropiques de CO_2 depuis le début de l'industrialisation n'a pas seulement débouché sur le réchauffement de la planète, elle a aussi augmenté l'acidité des mers, entraînant un accroissement progressif des concentrations en carbone inorganique ainsi qu'une diminution du pH et de la saturation en carbonate de calcium. L'acidification est l'un des principaux facteurs qui déterminent les changements océanophysiques et biologiques.

Situation actuelle et tendances probables

La hausse des niveaux de CO_2 atmosphérique a entraîné une concentration de ce composé dans les couches d'eau proches de la surface en raison des échanges gazeux constants entre l'atmosphère et la mer. L'absorption des émissions anthropiques de CO_2 par la mer augmente la pression partielle en dioxyde de carbone (pCO_2) et dissout le carbone inorganique. Ce processus abaisse le pH et diminue la concentration de minéraux de carbonate de calcium (aragonite et calcite) dans l'eau de mer – deux facteurs critiques déterminant la solubilité des coquilles et des squelettes (Gattuso et Hansson, 2011).

La modification de la saturation en aragonite durant l'ère industrielle a été plus de cinq fois supérieure à la variabilité naturelle au cours du dernier millénaire et sur les périodes glaciaire-interglaciaire (Joos et Spahni, 2008 ; Friedrich et al., 2012). La valeur du pH de l'eau de surface a déjà baissé de façon régulière de 0.02 unité par décennie par rapport à son niveau de référence préindustriel, soit une diminution totale de 0.1 unité (Hoegh-Guldberg et Bruno, 2010). Une sous-saturation saisonnière en minéraux de carbonate de calcium est déjà observable dans le Pacifique Nord-Est, le système de remontée des eaux froides de Californie (Feely et al., 2008) et l'océan Arctique (Robbins et al., 2013), et est prévisible dans l'océan Austral (Mattsdotter et al., 2014).

Dans l'avenir, les propriétés chimiques et physiques des mers différeront nettement selon le scénario retenu – maintien du statu quo ou atténuation des émissions –, mais les écarts ne seront pas visibles d'ici à 2035 : ils apparaîtront plutôt vers la fin du siècle (Gattuso et al., 2015 , GIEC, 2014). En 2100, le pH des eaux sera plus bas dans le

scénario de maintien du statu quo que dans celui de l'atténuation des émissions. La diminution moyenne du pH des eaux superficielles à l'échelle mondiale au cours du XXI^{e} siècle sera comprise entre 0.327 et 0.333 unité pour le scénario de maintien du statu quo – soit une hausse de 170 % par rapport aux niveaux préindustriels –, alors qu'elle se situera dans une fourchette de -0.069 à -0.071 unité dans le scénario d'atténuation des émissions (Gattuso et al., 2015). La part des eaux sous-saturées, corrosives pour les coquilles et squelettes de carbonate de calcium non protégés, passerait de 76 % du volume total des mers dans les années 90, à 91 % en 2100 dans le scénario de maintien du statu quo et à 83 % dans le scénario d'atténuation des émissions (Gattuso et al., 2015).

Les simulations montrent que l'océan Arctique pourrait enregistrer les plus grandes variations de pH dans l'avenir, étant donné que ce sont les eaux des hautes latitudes qui absorbent la majeure partie du CO_2 atmosphérique (Doney et al., 2009 ; Laffoley et Baxter, 2009). La diminution des valeurs de pH se propage donc des pôles vers les tropiques. Une série chronologique de données sur la mer d'Islande portant sur 24 ans a montré que le taux d'acidification de ces eaux de l'océan Arctique était supérieur de 50 % à celui des eaux des régions subtropicales de l'Atlantique (Olafsson et al., 2009).

L'acidification est considérablement plus importante dans les eaux côtières qu'en haute mer, déterminée en partie par le phénomène de remontée des eaux froides (Feely et al., 2008), les apports d'eau douce (Salisbury et al., 2008), l'eutrophisation (Cai et al., 2011) et les processus biogéochimiques (Borges et Gypens, 2010).

Implications physiques et biologiques

Du fait de l'acidification, un large éventail d'organismes marins présenteront une moindre calcification, des taux de réparation réduits et des structures calcifiées plus faibles (Kroeker et al., 2013). Le taux de réussite de la reproduction, la survie aux premiers stades du cycle de vie, le taux d'alimentation et les mécanismes de réaction au stress pourraient également s'en ressentir (Pörtner et al., 2014).

La réaction du CO_2 avec l'eau de mer diminue la disponibilité d'ions de carbonate, lesquels sont nécessaires aux organismes marins calcifiants, tels que les coraux, les mollusques, les échinodermes et les crustacés, pour produire leur coquille ou leur squelette constitués d'aragonite ($CaCO_3$) (Fabry, Brad et Feely, 2008). Il s'ensuit une réduction des taux de survie, de calcification, de croissance, de développement et d'abondance d'un large éventail d'organismes marins (Kroeker et al., 2013).

En règle générale, les organismes fortement calcifiés, notamment les algues calcifiées, les coraux, le krill, les mollusques et les stades larvaires des échinodermes, sont les plus gravement touchés (Melzner et al., 2009). Les organismes plus actifs, comme les crustacés mobiles et les poissons, pourraient être moins sensibles à l'acidification (Melzner et al., 2009), et certaines algues charnues et diatomées pourraient même tirer un léger profit de ces conditions (Kroeker et al., 2013).

L'effet le plus notable de l'acidification est la diminution de l'abondance des coraux. Même dans le scénario d'atténuation drastique des émissions du GIEC, qui correspond aux termes de l'Accord de Paris visant à contenir l'élévation des températures mondiales bien en dessous des 2 °C au XXI^{e} siècle, les coraux des eaux chaudes et les bivalves des latitudes moyennes seront menacés à l'horizon 2100, et dès 2050 pour un grand nombre d'entre eux (Gattuso et al., 2015). Certaines espèces de coraux seront peut-être en mesure de s'adapter à l'évolution des milieux (Hume et al., 2015 ; Silverstein, Cunning et Baker,

2015), mais il est probable que cela prendra du temps compte tenu des cycles de génération relativement longs de ces organismes (de 3 à 100 ans) et de l'étroitesse de la plage de températures qu'ils tolèrent (Hoegh-Guldberg, 2012).

L'acidification semble avoir des effets neurologiques qui modifient le comportement des poissons. Des expériences ont montré que les poissons vivant dans des zones de suintement de CO_2 étaient moins sensibles à l'odeur des prédateurs et étaient plus téméraires que les poissons des récifs de contrôle. Ils sortaient plus rapidement de leurs abris après une alerte et s'aventuraient plus loin que les autres, le changement de pH ayant provoqué des changements neurologiques et perturbé un récepteur du système nerveux (Munday et al., 2014 ; Nilsson et al., 2012).

Ce sont les effets interactifs et rétroactifs de la modification de la chimie du CO_2 de l'eau de mer, conjuguée à d'autres facteurs de perturbation, comme le réchauffement, l'eutrophisation, l'invasion d'espèces exotiques et la surpêche, qui peuvent déboucher sur des modifications à long terme de la composition spécifique (Wittmann et Pörtner, 2013 ; Lohbeck, Riebesell et Reusch, 2014), alors que les résultats de la dynamique compensatoire, quant à eux, ne sont pas encore clairs. Les études qui s'intéressent aux répercussions de l'acidification sur les assemblages multispécifiques ont mis en évidence des réactions opposées d'espèces étroitement apparentées au sein d'un même assemblage, peut-être en raison de la dynamique compensatoire chez les espèces les plus tolérantes (Fabricius et al., 2011 ; Hale et al., 2011 ; Kroeker et al., 2011 ; Porzio et al., 2011). Ces facteurs et d'autres, comme l'état nutritionnel ou la population source, qui peuvent engendrer des variations considérables dans les réactions des organismes (Kroeker et al., 2013), devraient faire l'objet de recherches plus poussées visant à prévoir les comportements futurs dans le contexte du changement climatique.

Effets probables sur l'économie de la mer

Les changements physiques et biologiques évoqués ci-dessus influeront sur les revenus, l'emploi et la sécurité alimentaire de par leurs répercussions sur la pêche de capture, l'aquaculture marine, le tourisme maritime et côtier, la biotechnologie marine et les services de régulation tels que la protection des côtes.

La diminution de la taille des poissons pourrait réduire le potentiel de capture maximal d'ici à 2050 dans l'Atlantique Nord et le Pacifique Nord-Est, et entraîner des pertes économiques de productivité (Cheung et al., 2011). Si les effets de l'acidification se produisent à l'échelle planétaire et s'accompagnent d'une réduction de l'offre mondiale de produits de la pêche, comme les huîtres ou les moules, la demande pourrait faire monter les prix, ce qui compenserait partiellement la baisse de production. Les projections du modèle du GIEC (2014) indiquent une perte potentielle qui pourrait aller jusqu'à 13 % de la valeur annuelle totale des pêches aux États-Unis ou, à l'échelle mondiale, de plus de 100 milliards USD par an à l'horizon 2100 (Cooley et Doney, 2009 ; Narita, Rehdanz et Tol, 2012).

L'évolution prévue du climat ainsi que de la quantité et de la qualité des captures de poissons marins pourrait dégrader la rente économique tirée de la pêche, le sens et l'ampleur de ce changement variant selon les zones de pêche régionales. Avec l'augmentation des températures des eaux, la réduction de la couverture corallienne et de la production halieutique qui en dépend devrait aboutir à une perte potentielle de recettes nettes comprise entre 95 millions et 140 millions USD par an (les recettes nettes actuelles s'élevant à 310 millions USD) dans le bassin des Caraïbes d'ici à 2015 (Trotman et al., 2009). Un rapport de la Banque mondiale a estimé qu'à l'horizon 2050, les répercussions

économiques annuelles du changement climatique sur la côte de Viti Levu (Fidji) seraient comprises entre 0.1 million et 2 millions USD pour la pêche de subsistance et entre 0.05 million et 0.8 million USD pour la pêche côtière commerciale (Lal, Kinch et Wickham, 2009).

Les effets liés au climat et à l'acidification se feront également sentir dans l'aquaculture marine, quoique différemment selon les endroits, les espèces et la méthode d'élevage. Les espèces produites qui appartiennent aux niveaux trophiques supérieurs devraient présenter des taux de mortalité plus élevés et une moindre productivité sous l'effet du réchauffement et de l'acidification, l'aquaculture extensive et semi-extensive et les installations situées sous les tropiques étant les plus exposées (Callaway et al., 2012 ; Ruckelshaus et al., 2013). Selon le scénario considéré, la production de mollusques en aquaculture extensive aux États-Unis pourrait enregistrer une diminution comprise entre 3 % et 13 % (GIEC, 2014 ; Cooley et Doney, 2009 ; Cooley et al., 2012). Les projections indiquent une réduction de la production de moules au Royaume-Uni de 50 % dans le scénario d'atténuation des émissions et de 70 % dans celui du maintien du statu quo (Callaway et al., 2012). La baisse de la production d'huîtres résultant du réchauffement est bien inférieure, mais l'acidification des eaux augmente le risque dans les zones de remontée des eaux froides, telles que le Pacifique Nord-Est (Barton et al., 2012). Dans le scénario d'émissions élevées, le coût économique mondial des pertes liées à l'acidification dans les activités de pêche et d'élevage de mollusques pourrait dépasser 100 milliards USD d'ici à 2100 (Narita, Rehdanz et Tol, 2012).

Les économies locales tirent des avantages substantiels des services écosystémiques assurés par les récifs coralliens, notamment en matière de protection du littoral et des habitats, de fixation de l'azote et de fourniture de sable, et dans des domaines tels que les relevés climatologiques, la pêche, la médecine, les loisirs et le tourisme (Hoegh-Guldberg, 2012). Par conséquent, on s'attend à ce que la perte de récifs coralliens mette à mal les activités locales, et même de plus larges pans de l'économie par ses effets indirects. Les récifs coralliens offrent une source de subsistance à 500 millions de personnes environ, et leur valeur d'actif est estimée à près de 797.4 milliards USD[1] (Cesar, Burke et Pet-Soede, 2003). Le tourisme lié aux récifs coralliens représente, pour un quart environ des pays concernés – principalement des pays moins développés – plus de 15 % du produit intérieur brut (Burke et al., 2011). Pour certaines destinations touristiques, telles que Hawaï, la valeur des récifs coralliens peut monter jusqu'à 1 million USD par hectare et par an (Cesar, Burke et Pet-Soede, 2003). On a estimé qu'en Australie, la valeur ajoutée économique de la Grande barrière de corail, inscrite au Patrimoine mondial, pour les secteurs et activités qui dépendent des récifs, notamment le tourisme, les loisirs, la pêche commerciale et la recherche scientifique, était de 5.68 milliards USD en 2011-12 et avait généré près de 69 000 emplois en équivalent temps plein (Deloitte Access Economics, 2013). La perte des récifs coralliens aurait des incidences indirectes sur des pans plus larges de l'économie. Elle entraînerait la perte des services écosystémiques mentionnés ci-dessus et accroîtrait en outre la vulnérabilité de certaines îles et zones côtières aux tsunamis, aux ondes de tempête, à l'impact des vagues et à l'érosion du littoral. De surcroît, la diminution de la qualité et de l'abondance de la couverture corallienne devrait avoir des retombées négatives sur le tourisme. Par voie de conséquence, la perte de récifs coralliens pourrait coûter, par an, 1.9 milliard USD dans le scénario d'atténuation des émissions et 12 milliards USD dans celui du maintien du statu quo (Chen et al., 2015). Notons qu'il s'agit d'une estimation prudente, car elle ne comprend que la perte estimée pour le tourisme ; les effets sur l'économie dans son ensemble seraient donc plus importants encore.

La mer comme mécanisme de régulation de la concentration en oxygène

La diminution de la concentration en oxygène des eaux marines a une incidence sur la vie des organismes marins et sur les secteurs d'activité liés à la mer.

Situation actuelle et tendances probables

La diminution de la teneur en oxygène se manifeste notamment sous deux grandes formes. La première est l'anoxie, qui correspond à une tendance générale à la baisse des niveaux d'oxygène dans les mers et les zones tropicales du Pacifique Nord au cours des 50 dernières années (Deutsch, Emerson et Thompson, 2005 ; Stramma et al., 2008 ; Keeling, Körtzinger et Gruber, 2010) ; la seconde est l'augmentation considérable de l'hypoxie des eaux côtières liée à un accroissement du ruissellement de nutriments et de phosphore dû à l'eutrophisation des côtes (Diaz et Rosenberg, 2008).

L'anoxie résulte d'une baisse de la solubilité de l'oxygène et d'un accroissement de la stratification. Ces deux phénomènes peuvent se produire lorsque les eaux marines se réchauffent et que des précipitations ou des ruissellements terrestres excessifs provoquent un trop grand apport d'eau douce. La plupart du temps, la stratification est un processus naturel, mais la tendance au réchauffement à long terme des mers, l'évolution des précipitations liée au climat et la modification des apports des cours d'eau y ajoutent un facteur humain : une mer plus chaude est plus stratifiée, a une moindre teneur en oxygène et peut exposer davantage de régions à de faibles niveaux d'oxygène (Levin et al., 2009). On observe une extension de ces zones à faible teneur en oxygène dans le cycle de changement climatique actuel (Keeling, Körtzinger et Gruber, 2010). Les études constatent également un appauvrissement des eaux en oxygène dissous et une expansion verticale de la zone de minimum d'oxygène dans l'Atlantique Nord-Est tropical (Stramma et al., 2008, 2009), ce qui aggrave de plus en plus le problème mondial de pression sur les habitats. L'expansion des zones de minimum d'oxygène concernant presque la totalité des eaux équatoriales de l'Atlantique, la perte annuelle estimée d'habitat vertical (jusqu'à 1 m) résultant de ce phénomène continu équivaut à 15 % des habitats perdus dans les 200 premiers mètres entre 1960 et 2010 (Brandt et al., 2010 ; Stramma et al., 2011).

Les évaluations prédictives de la teneur en oxygène des mers indiquent une baisse comprise entre 1 % et 4 % d'ici à 2100, avec une plage d'incertitude liée à la fois aux éléments biologiques et physiques des modèles, et notamment à diverses hypothèses de sensibilité climatique (Keeling, Körtzinger et Gruber, 2010). Le scénario de maintien du statu quo et celui d'atténuation des émissions prévoient une diminution du stock d'oxygène dissous dans les mers de -3.45 ± 0.44 % et de -1.81 ± 0.31 %, respectivement, les plus fortes variations étant attendues sous la surface des océans des latitudes moyennes. La réduction du niveau d'oxygène des eaux marines consécutive au changement climatique est presque irréversible à l'échelle humaine (Gruber, 2011).

La seconde forme de zones de minimum d'oxygène résulte de l'augmentation considérable de l'hypoxie des eaux côtières due aux ruissellements issus de sites d'eutrophisation terrestre ; on parle alors parfois de zones mortes[2] (Vaquer-Sunyer et Duarte, 2008). De nombreux rapports fournissent des éléments qui montrent une progression évidente du nombre de cas d'hypoxie des eaux côtières (saturation en oxygène de 30 % environ) et révèlent l'extension du phénomène, sa gravité et sa durée (Vaquer-Sunyer et Duarte, 2008 ; Stramma et al., 2008). L'avenir de ces zones mortes est

sombre. Le niveau d'azote dans les systèmes marins côtiers résultant du ruissellement devrait plus que doubler (multiplication par 2.4) entre 2000 et 2050 (Tilman et al., 2001).

Les apports accrus de nutriments en provenance des terres favorisent la prolifération d'algues, et le dépôt de cette matière organique sur le fond de la mer, puis sa décomposition créent une forte demande en oxygène dans les eaux de fond (Kemp et al., 2009). Depuis les années 60, le nombre de zones mortes a doublé approximativement toutes les décennies, et leur apparition est corrélée avec la proximité d'agglomérations et de grands bassins versants (Diaz et Rosenberg, 2008). Les endroits où les échanges d'eau sont restreints, comme les mers intérieures et les estuaires, sont particulièrement exposés à ces effets. Les régions gravement touchées comprennent le nord de la mer Adriatique, la mer Noire, la mer Baltique, le nord du golfe du Mexique et la baie de Chesapeake (Rabotyagov et al., 2014 ; Elliott, Pierson et Roman, 2013). L'hypoxie des eaux littorales apparaît donc comme l'une des menaces mondiales pour les écosystèmes côtiers. On s'attend à ce que ce phénomène s'amplifie. L'hypoxie devrait progresser sous l'effet combiné d'une eutrophisation croissante et de l'élévation des températures des mers (Stramma et al., 2009). Cette progression augmente les besoins en oxygène liés à la respiration dans les écosystèmes côtiers (Prince et Goodyear, 2006), diminue la solubilité de l'oxygène (Prince et al., 2010) et la ventilation en altérant les profils de stratification (Worm et al., 2005). Une fois qu'une zone morte a commencé à se développer dans un système marin côtier, une nouvelle zone morte peut y apparaître chaque année (Baird et al., 2004). Les dernières estimations en date en recensent plus de 600 dans les milieux marins côtiers du globe, ce qui correspond à plus de 245 000 km^2 de fonds marins (Diaz et Rosenberg, 2008).

La distribution mondiale de l'hypoxie est liée aux grandes agglomérations et aux principaux bassins versants qui rejettent de fortes quantités de nutriments, notamment de l'azote et du phosphore. Jusqu'en 1970, quelques rapports épars mentionnaient des zones mortes en Amérique du Nord et dans le nord de l'Europe. Dans les années 90, en revanche, les zones mortes étaient devenues monnaie courante dans ces régions, mais aussi au Japon. Dans les années 2000, les signalements de zones mortes se sont multipliés en Amérique du Sud, en Europe méridionale et en Australie. Étant donné l'association étroite entre hypoxie des eaux côtières et population humaine, il est probable que l'Asie et le bassin Indo-Pacifique comptent aussi de nombreuses zones hypoxiques non documentées.

Des centaines d'expériences ont été menées pour déterminer les seuils d'hypoxie de divers organismes benthiques, mais les seuils d'oxygène proposés reposent sur des observations limitées des effets sur ces organismes. Une évaluation empirique approfondie des données expérimentales est en cours. Les seuils d'hypoxie avancés dans les travaux publiés s'inscrivent dans une large fourchette comprise entre 0.28 mg O_2/litre et 4 mg O_2/litre (Paerl, 2006), mais la plus grande partie des rapports (55 %) mentionnent une valeur de 2 mg O_2/litre ou inférieure (moyenne ± erreur type des seuils indiqués dans les travaux publiés : 2.31 ± 0.10 mg O_2/litre) (Turner et al., 2005). Ce seuil se rapporte au niveau d'oxygène en dessous duquel les ressources halieutiques s'effondrent ; cependant, de nombreuses données expérimentales montrent qu'une valeur de 2 mg O_2/litre pourrait être inadéquate pour décrire le seuil en dessous duquel les effets de l'hypoxie commencent à se faire sentir car de nombreux organismes ressentent ces effets à des concentrations d'oxygène plus élevées. En outre, la diversité des adaptations comportementales et physiologiques laisse supposer que toutes les espèces ne présenteront pas la même vulnérabilité à l'hypoxie et qu'il faudrait donc leur associer des seuils d'oxygène

différents, ce qui n'est pas le cas avec ceux traditionnellement retenus (Vaquer-Sunyer et Duarte, 2008).

Par ailleurs, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité du phénomène de « zones mortes » (privées d'oxygène) le long des côtes du globe peut avoir des répercussions environnementales négatives bien au-delà des eaux locales. Les scientifiques expliquent que l'augmentation de la quantité d'hémioxyde d'azote produite dans les eaux hypoxiques peut élever les concentrations atmosphériques de ce gaz, aggravant les effets du réchauffement de la planète et contribuant à la formation des « trous » dans la couche d'ozone qui nous exposent aux radiations UV nocives (Codispoti, 2010).

Implications physiques et biologiques

L'expansion des zones de minimum d'oxygène, qui limite le transfert de l'eau de surface riche en oxygène vers les couches plus profondes, a de profondes répercussions sur les écosystèmes pélagiques et benthiques et sur les performances physiologiques et la répartition des organismes marins (Pörtner, 2010).

L'augmentation des ruissellements de nutriments peut occasionner des proliférations d'algues et des modifications dans la composition des espèces d'algues, aboutissant à la formation de zones pauvres en oxygène. Ces conditions, à leur tour, peuvent entraîner une perte considérable de biodiversité et avoir des incidences sur les organismes survivants, sous la forme de stress sublétaux tels qu'une réduction de la croissance et de la reproduction, un stress physiologique, des migrations forcées, une réduction de l'habitat adéquat, une vulnérabilité accrue aux prédateurs et une perturbation des cycles de vie (Rabalais, Turner et Wiseman, 2002). Les organismes benthiques sont particulièrement vulnérables à l'hypoxie des eaux côtières, parce que leurs habitats sont les plus éloignés des zones de contact avec l'oxygène atmosphérique et que les sédiments côtiers tendent à s'appauvrir en oxygène par rapport à la colonne d'eau qui les surplombe (Vaquer-Sunyer et Duarte, 2008).

En général, les espèces de grande taille sont plus sensibles à l'hypoxie, mais à des degrés divers selon le stade du cycle de vie (GIEC, 2014). Les grands poissons mobiles et plus actifs ont du mal à survivre dans ces eaux pauvres en oxygène et migrent vers des eaux plus riches, tandis que les organismes spécialisés plus simples, dont les besoins en oxygène sont moindres, restent dans la zone et parviennent même à prospérer en raison de l'absence de prédation par des espèces de plus grande taille. Les espèces peuvent être plus exposées au stress occasionné par l'appauvrissement en oxygène pendant leurs premiers stades de développement (Levin et al., 2009).

L'ampleur de la perte d'habitats causée par les zones de minimum d'oxygène réduit l'habitat vertical utilisable par les marlins et thons pélagiques tropicaux, qui ont des besoins élevés en oxygène, ce qui peut augmenter les taux de rencontre entre poissons (Stramma et al., 2011). L'impact des zones de minimum d'oxygène pourrait se traduire par une diminution de 10 % à 50 % de la diversité des prédateurs pélagiques (Worm et al., 2005), créant une pression sur les habitats susceptible de modifier les taux de rencontre entre ces prédateurs et leurs proies.

Dans ces zones où les habitats rétrécissent, la pêche accentue la vulnérabilité des poissons pélagiques tropicaux (Stramma et al., 2011). Cette vulnérabilité accrue des marlins et de nombreuses espèces de thon (Prince et al., 2010) pose un problème particulier compte tenu des taux de capture élevés actuellement enregistrés dans les zones de minimum d'oxygène étendues à l'échelle mondiale. Sachant qu'il est probable que la

pression de pêche demeure à un niveau élevé dans un avenir prévisible et que les zones de minimum d'oxygène continuent de s'étendre lors du cycle actuel de changement climatique du fait du réchauffement de la planète et de l'augmentation des niveaux de CO_2, toute perte supplémentaire d'habitats pourrait avoir des effets préjudiciables sur la durabilité de ces stocks de poissons (Brewer et Peltzer, 2009).

Sur de longues périodes, l'hypoxie ou l'anoxie pourraient entraîner la disparition de la quasi-totalité de la faune benthique et accroître progressivement la domination des micro-organismes dans l'écosystème. Il n'est pas exclu que ces deux phénomènes aboutissent à une mortalité de masse de la vie marine à partir du déclin des espèces intolérantes (Levin et al., 2009 ; Noone, Diaz et Sumaila, 2013).

Effets probables sur l'économie de la mer

L'hypoxie des eaux côtières peut avoir des conséquences sociales et économiques sur les communautés littorales, notamment une baisse du tourisme du fait de la restriction de la baignade et de la navigation, la fermeture des plages, des problèmes de santé publique et des effets sur la consommation de poissons et de coquillages, avec les effets préjudiciables que cela peut impliquer sur les ressources halieutiques estuariennes et côtières.

Une zone hypoxique saisonnière se forme chaque fin d'été dans le nord du golfe du Mexique. En juin 2015, l'Administration océanique et atmosphérique nationale (NOAA) des États-Unis y a mesuré une « zone morte » de 16 760 km^2 s'étendant du sud du Texas jusqu'en Alabama (EPA, 2016). Cette zone morte saisonnière est une réelle menace pour les secteurs des produits de la mer et du tourisme, qui emploient plus de 600 000 personnes et versent 9 milliards USD de salaires par an. Le golfe produit environ 40 % des produits de la mer des 48 États contigus. La NOAA a estimé que la zone morte coûtait 82 millions USD par an aux deux secteurs susmentionnés (NOAA, 2010).

L'activité agricole et industrielle autour de la mer Noire s'est développée rapidement dans les années 60, en particulier dans le bassin du Danube, entraînant un accroissement des flux de nutriments et une eutrophisation qui ont conduit à l'apparition de zones hypoxiques (Selman et al., 2008). À l'été 1973, les zones hypoxiques s'étendaient sur 3 500 km^2. Leur superficie avait décuplé en 1978, avant d'atteindre un maximum de 40 000 km^2 à la fin des années 80. Durant cette période, les activités de pêche qui autrefois exploitaient 25 espèces de poissons présentant une valeur commerciale et généraient environ 2 milliards USD, ont chuté de 90 %. Le secteur du tourisme – si dépendant de la valeur récréative des plages et d'une eau propre – a également été touché. La baisse des recettes tirées du tourisme a été estimée à 500 millions USD (Battaglini, Plonka et Merla, 2008). Ces pertes ne comprenaient pas les effets sur la santé, pas plus que la réduction de l'offre de loisirs, la diminution de la biodiversité ou les craintes d'ordre esthétique (Rabotyagov et al., 2014).

L'hypoxie a également une incidence sur l'aquaculture marine, car la diminution de la concentration en oxygène nuit à la croissance du frai (Miller et al., 1995), et les poissons adultes réduisent leurs prises alimentaires et leur croissance lorsque leur saturation en oxygène tombe à 60-70 % (Pichavant et al., 2000).

Courants et circulation océaniques

Les grands courants océaniques déplacent des masses d'eau énormes, avec leurs caractéristiques physiques et chimiques, tout autour du globe. Or, la fonte des glaciers et l'augmentation de la concentration de CO_2 atmosphérique pourraient modifier les courants et la configuration de la circulation.

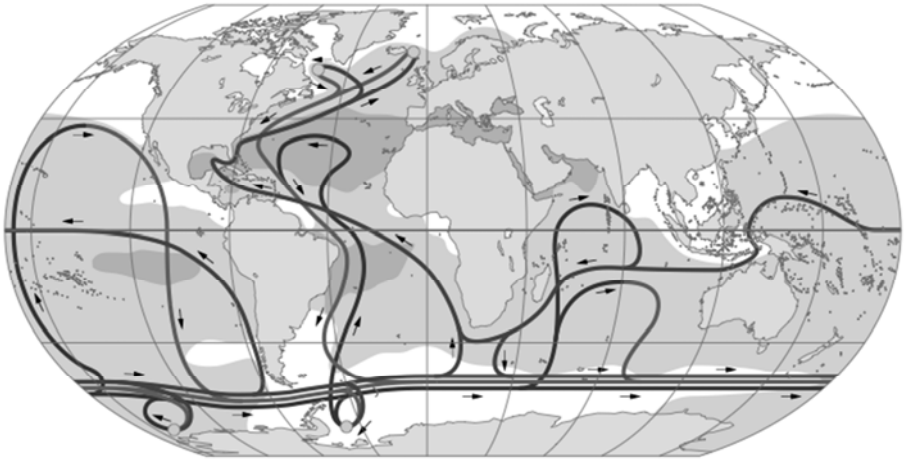
Situation actuelle et tendances probables

Les courants et la circulation océaniques jouent un grand rôle dans le système de circulation thermohaline. Cette dernière parcourt le globe comme un gigantesque tapis roulant. Elle entraîne les eaux denses des régions polaires vers le fond. À une profondeur d'environ 2 000 m, les eaux circulent le long des fonds marins et parcourent la moitié du globe, dans l'Atlantique Nord et l'océan Austral[3]. Même le Gulf Stream et ses branches sont régis par la convection et la circulation thermohaline.

La circulation thermohaline dans l'Atlantique est une caractéristique importante du système climatique, car elle est responsable de la plus grande partie du transport de chaleur vers le nord dans l'Atlantique Nord (jusqu'à 1 015 watts) (Ganachaud et Wunsch, 2000). L'effondrement de la circulation thermohaline fait partie des risques « peu probables mais à fort impact » associés au réchauffement climatique qui suscitent un vaste débat (Rahmstorf et al., 2005).

Selon le scénario, la trajectoire des courants et des vents pourraient subir une transformation importante à mesure que la température des mers s'élève. D'après les projections du GIEC (Rhein et al., 2013), le changement climatique devrait accroître le ruissellement d'eau douce issu de la fonte des glaciers d'ici à 2050, ce qui pourrait modifier la convection et la circulation thermohaline, et amplifier l'incidence des phénomènes d'hypoxie et d'anoxie (Chan et al., 2008 ; Roegner, Needoba et Baptista, 2011).

Graphique 3.2. **Courants océaniques mondiaux du système de circulation thermohaline**



Source : Maribus (2010).

Implications physiques et biologiques

En cas d'accélération de la fonte des glaciers, des quantités énormes d'eau douce viendraient s'ajouter à la circulation océanique. Dans ce scénario extrême, l'apport de l'eau de fusion en provenance des glaciers du Groenland et du Haut-Arctique pourrait ralentir l'effet de tapis roulant et avoir des répercussions majeures sur le Gulf Stream. L'augmentation du volume d'eau modifierait les schémas de mélange océanique en faisant descendre les masses d'eau, ce qui affaiblirait le transport d'oxygène vers les grands fonds. Cette modification pourrait en outre réduire les disponibilités en éléments

nutritifs dans les couches d'eau de surface (Steinacher et al., 2010) et accroître la stratification des eaux sous les latitudes basses ou moyennes, entraînant une incidence croissante des phénomènes d'hypoxie et d'anoxie (Chan et al., 2008 ; Roegner, Needoba et Baptista, 2011). Des éléments probants ont été réunis sur les écosystèmes marins arctiques où l'élévation des températures, en accélérant la fonte des glaciers, a conduit à un abaissement de la température des eaux de surface ; ces données ont montré que le phénomène avait amorcé des changements notables dans les chaînes trophiques des couches inférieures et moyennes, et modifié la quantité et la qualité des disponibilités alimentaires dans les niveaux trophiques supérieurs (Wassmann et al., 2011).

Le GIEC (2014) souligne que l'intensification de la remontée des eaux froides due au changement climatique qui a été observée au cours de la dernière décennie dans certains systèmes de courants de bord est pourrait déboucher sur un refroidissement plutôt que sur un réchauffement des eaux de surface à l'échelle régionale, et qu'on ne sait pas encore quels pourraient en être les effets globaux. Il est possible que ce phénomène accroisse la productivité, mais il se peut aussi que la remontée des eaux froides aggrave l'hypoxie et l'acidification, et provoque une réduction de la biomasse des stocks de poissons et d'invertébrés. Face à ces observations contradictoires, on n'a actuellement aucune certitude sur l'évolution future des grands systèmes de remontée des eaux froides ni sur la manière dont leurs facteurs déterminants, comme l'augmentation de la productivité, l'acidification et l'hypoxie, agiront sur les caractéristiques des écosystèmes.

Effets probables sur l'économie de la mer

Les effets sur l'économie de la mer sont encore très peu connus. L'accroissement des apports liés au déversement des fleuves et l'intensification des précipitations pourraient ouvrir de nouveaux débouchés pour la pêche, amenant les pêcheurs à délaisser les communautés de poissons marins pour celles des eaux saumâtres ou même des eaux douces (Kirby et Beaugrand, 2009). Néanmoins, la modification de la circulation thermohaline et des systèmes de remontée des eaux froides pourrait avoir une incidence sur les stocks de poissons présentant une valeur commerciale, car les courants océaniques et la température influent sur la dispersion du frai, laquelle détermine la mise en relation des populations de poissons (O'Conner et al., 2007).

Ces phénomènes pourraient en outre influer sur les installations de production d'énergie renouvelable du fait des liens d'interdépendance entre les anomalies de température de la surface de la mer, les apports locaux d'énergie éolienne et l'évolution des courants et des ondes de surface (Huang et Qiao, 2009 ; Spall, 2006). Un apport supérieur (inférieur) d'énergie éolienne diminue (augmente) la température de surface de la mer. Autrement dit, davantage d'énergie éolienne peut entraîner un mélange vertical plus important. Une plus grande quantité de chaleur est alors transférée de la surface vers les profondeurs, ce qui a une incidence sur la température des eaux de surface et la circulation océanique. De grands apports d'énergie éolienne aux basses latitudes, par exemple, peuvent augmenter, par l'intermédiaire du mélange vertical, la circulation méridienne de retournement et le flux de chaleur en direction du pôle (Huang, Huang et Wang, 2007 ; McPhaden et Zhang, 2002).

En outre, il est concevable que l'augmentation des volumes d'eau douce consécutive à la fonte des glaciers dans les océans Austral et Arctique, en abaissant la salinité, ait une incidence sur les centrales osmotiques (qui fonctionnent sur le gradient de salinité). La modification des courants sous les hautes latitudes pourrait modifier les lieux d'implantation possible des plateformes de production d'énergie renouvelable (centrales

utilisant l'énergie des vagues ou les courants marins, par exemple). Cela étant, compte tenu des coûts d'infrastructure élevés, il n'est pas sûr que de telles plateformes soient installées dans ces régions.

La mer et le cycle hydrologique

La mer joue un rôle essentiel dans le cycle hydrologique. Les changements qui affectent le milieu marin peuvent donc également induire des modifications de ce cycle, et donc des précipitations et des ressources en eau douce.

Situation actuelle et tendances probables

Le GIEC prévoit une évolution des précipitations à l'échelle mondiale. Dans les régions enneigées, le changement climatique a déjà modifié la saisonnalité du débit des cours d'eau. Dans les pays de l'hémisphère nord, par exemple, le réchauffement a entraîné une diminution de l'enneigement printanier maximal et avancé la saison de la fonte des neiges et le moment où le niveau d'eau de fonte est le plus élevé au printemps (Hartmann et al., 2013).

Toutes les projections pour le XXI^{e} siècle indiquent une perte continue de masse des glaciers, et donc une augmentation du volume total d'eau de fonte. Normalement, le ruissellement des glaciers atteint son niveau maximum annuel en été. Or, les chercheurs indiquent que, dans l'Arctique, la débâcle pourrait intervenir plus tôt dans l'année, et que le débit des cours d'eau alimentés par les glaciers pourrait changer. Le régime hydrologique de l'Arctique est particulièrement exposé au réchauffement du fait de la prédominance du pergélisol, sensible aux variations thermiques, et de l'incidence de celui-ci sur le cycle de l'eau.

Implications physiques et biologiques

Le GIEC prévoit, avec un degré de confiance moyen, que l'évolution du cycle hydrologique diminuera les ressources en eau douce au XXI^{e} siècle. Cela conduira à une intensification des sécheresses à certaines saisons et dans la plupart des régions subtropicales arides, du fait de la réduction des précipitations et/ou de l'augmentation de l'évapotranspiration, tandis que les régions et saisons humides pourraient devenir plus humides encore (GIEC, 2012 ; Sun et al., 2012). Il est probable que les précipitations diminueront sous les latitudes subtropicales, en particulier dans le bassin méditerranéen, au Mexique et en Amérique centrale et dans certaines parties de l'Australie. Les ressources en eau de surface et en eau souterraine pourraient alors baisser dans la plupart des régions subtropicales arides. Plusieurs scénarios prévoient que les sécheresses agricoles de 4 à 6 mois pourraient devenir deux fois plus étendues et fréquentes, et celles de plus de 12 mois, trois fois plus courantes, sur la période comprise entre le milieu du XX^{e} siècle et la fin du XXI^{e} siècle. À l'inverse, sous les hautes latitudes, notamment en Inde et dans certaines parties de l'Asie centrale, les ressources hydriques pourraient augmenter (Hartmann et al., 2013).

Effets probables sur l'économie de la mer

Comme nous l'avons souligné plus haut, les facteurs critiques qui déterminent les transformations du milieu marin sont interdépendants. Dans ce contexte, l'élévation de la température de l'eau ; l'augmentation des charges de sédiments, de nutriments et de polluants issues des fortes précipitations et de l'écoulement des cours d'eau ; et l'accroissement de la concentration de polluants lors des sécheresses, ainsi que les

dysfonctionnements des stations d'épuration durant les inondations, ont des répercussions économiques qu'il n'est pas facile de quantifier. Depuis 1980, les dommages directs aux biens résultant de catastrophes d'origine météorologiques ou climatiques vont de quelques milliards à 200 milliards USD (en dollars de 2010)[4].

Le GIEC (2012) indiquait que la sécheresse prolongée en République arabe syrienne – quatrième année consécutive en 2011 – avait touché environ 1.3 million de personnes ; et que la perte des récoltes de 2008 avait accéléré la migration vers les zones urbaines et accru les niveaux d'extrême pauvreté (ONU, 2009, 2011 ; Sowers, Vengosh et Weinthal, 2011). Environ 70 % des 200 000 exploitants touchés dans les zones d'agriculture pluviale n'avaient rien récolté ou presque, car les graines n'avaient pas pu être semées en raison du manque d'humidité des sols ou n'avaient pas germé (USDA, 2008 ; FAO, 2009b). Les pâturages dénudés ne permettant plus de nourrir le bétail, les éleveurs de la région auraient perdu environ 80 % de leurs bêtes, et les coûts d'alimentation du bétail auraient flambé de 75 %, forçant les exploitants à vendre les animaux à un prix inférieur de 60 % à 70 % à leur coût de production (FAO, 2008). De nombreux agriculteurs et éleveurs avaient alors bradé leurs biens de production (FAO, 2009b), sapant leurs moyens d'existence, ce qui avait déclenché une vague sans précédent de réfugiés fuyant vers les pays de l'hémisphère nord.

On pourrait largement augmenter la contribution de la mer à la production alimentaire mondiale et transférer ainsi une grande partie de cette production de la terre à la mer. La haute teneur en protéines des algues – jusqu'à la moitié de leur poids – fait de celles-ci l'une des nouvelles sources d'aliments les plus intéressantes. Organismes unicellulaires simples, les algues – qui vont des algues marines géantes aux algues microscopiques vivant dans la vase, en passant par les varechs – peuvent croître très rapidement en mer, dans des eaux polluées et dans des endroits où des cultures vivrières seraient normalement impossibles. Elles offriraient une solution de substitution aux protéines carnées, à la fois neutre pour la terre et le climat et d'un bon rapport coût-efficacité, et présenteraient en outre l'avantage de fixer de grandes quantités de CO_2 atmosphérique. Les acides gras oméga 3 et les caroténoïdes nutraceutiques tirés des algues marines pourraient constituer la principale source d'aliments riches en protéines pour l'aquaculture marine. Aujourd'hui déjà, plus de la moitié des espèces aquatiques d'algues récoltées pour la consommation humaine sont produites par l'aquaculture. Compte tenu de la forte croissance de ce secteur attendue au cours des 15 prochaines années, il est probable que les besoins en protéines pour l'alimentation des poissons évolueront de la même façon. La mer permettrait ainsi de répondre à la demande croissante de protéines, un défi dont l'acuité va aller croissant dans les prochaines décennies du fait de la stagnation (au mieux) de la production de la pêche.

La biomasse algale peut être utilisée dans un large éventail d'autres applications, notamment pour la production de carburants, d'engrais et de cosmétiques et pour le traitement des eaux usées. Les microalgues sont des organismes photosynthétiques productifs dont la biomasse peut doubler chaque jour. Dans des conditions optimales, les exploitations commerciales de culture d'algues peuvent produire entre 19 000 et 38 000 litres de carburant par acre (0.4 ha), alors que, sur cette même superficie, des cultures telles que le maïs ne produisent que 1 300 litres environ d'agroéthanol. Le remplacement de la totalité de la production d'agrocarburants des États-Unis par une production d'algocarburant nécessiterait environ 8 100 km^2 de désert, mais permettrait de réaffecter une superficie 20 fois supérieure à des cultures destinées à la consommation humaine et d'économiser des milliards de litres d'eau d'irrigation chaque année (Brennan et Owende, 2010 ; Chen et al., 2015 ; Milledge, 2011).

Pêche non durable

La pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN) ainsi que les captures non utilisées et les autres formes de pêche non durable accroissent la pression sur la viabilité à long terme des écosystèmes marins.

Situation actuelle et tendances probables

Les captures non durables résultent de l'incapacité à limiter l'effort de pêche de manière adéquate, et de la façon dont la pêche est pratiquée. La pêche INN et les captures rejetées (captures accessoires, non utilisées) font partie de ce problème et constituent des menaces potentielles pour la durabilité de la pêche (FAO, 2014). En outre, la demande de poisson n'a cessé de progresser, sous l'effet de la croissance démographique, de l'augmentation des revenus et de l'évolution des régimes alimentaires, accentuant d'autant la pression sur les stocks. La FAO (2014) indique que la production mondiale de poisson augmente en moyenne de 3.2 % par an, soit un taux supérieur à celui de la croissance démographique (1.6 %) (FAO, 2014). Il est vrai que la plus grande partie de cette croissance provient désormais de la production aquacole, car le volume débarqué des pêches de capture stagne.

On considère que les stocks de poisson sont biologiquement surexploités lorsqu'ils sont réduits à des niveaux ne permettant pas à la pêche d'atteindre le rendement maximal équilibré (FAO, 2014). Le graphique 3.2 montre qu'en 2011, 28.8 % des stocks surveillés par la FAO étaient surexploités, épuisés ou en voie de reconstitution ; 61.3 % étaient pleinement exploités et 9.9 % étaient sous-exploités (FAO, 2014). D'après les estimations, entre 11 millions et 26 millions de tonnes de poisson sont prélevées dans le cadre d'activités de pêche INN, ce qui représente 18 % des captures mondiales, toutes pêches confondues (Agnew et al., 2009). La pression sur les stocks de poissons est donc considérable, supérieure au niveau considéré comme souhaitable. Les prises rejetées posent un problème supplémentaire : 7.2 millions de tonnes de poissons non ciblés (8 % du volume mondial débarqué) sont rejetés morts à la mer après leur capture, conséquence de facteurs liés aux marchés ou aux contraintes réglementaires (FAO, 2014). D'aucuns avancent toutefois que le nombre de stocks économiquement surexploités serait même supérieur à celui des stocks biologiquement surexploités (voir par exemple Pauly et Zeller, 2016).

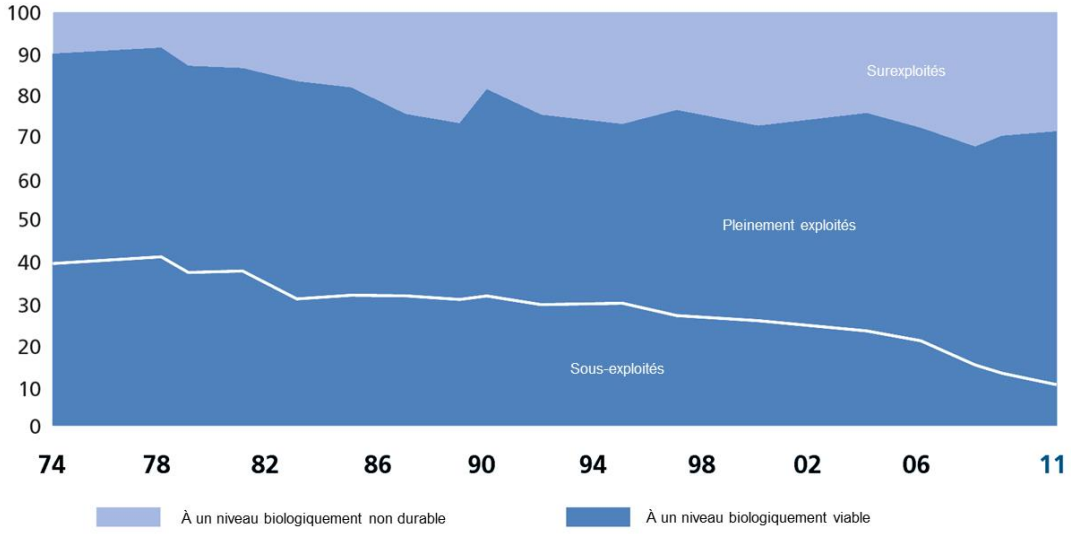
Bien que la tendance générale à la surpêche et à l'épuisement des stocks ichtyologiques n'ait pas encore été inversée, de nombreux stocks épuisés ont été reconstitués ou sont en voie de l'être et de nombreuses pêches sont désormais gérées de manière durable. En Nouvelle-Zélande, le pourcentage de stocks se trouvant au-dessus du seuil de surpêche a diminué de 7 points de pourcentage, passant de 25 % en 2009 à 18 % en 2013. L'Union européenne a indiqué que jusqu'à 70 % des stocks évalués enregistraient soit une baisse de leur taux de pêche, soit une augmentation de leur abondance (Fernandes et Cook, 2013). On trouve des exemples similaires de bons résultats dans beaucoup d'autres pêches dans le monde (FAO, 2014).

Implications physiques et biologiques

De nombreuses données montrent que la surexploitation[5] des stocks de poissons nuit non seulement aux espèces concernées, mais aussi à des communautés d'organismes, à des processus écologiques et à des écosystèmes marins tout entiers. Certes, la liste des espèces marines en danger ou menacées paraît dérisoire en comparaison de celle établie

pour les systèmes terrestres et dulçaquicoles, mais la biodiversité marine diminue à un rythme alarmant à mesure que des populations génétiquement uniques d'organismes marins s'éteignent (Dayton et al., 1995). Aujourd'hui, plus de 550 espèces de poissons et d'invertébrés marins figurent sur la Liste rouge UICN des espèces menacées. Les données sur le milieu marin sont limitées, mais une première évaluation menée selon les critères de cette liste et portant sur toutes les espèces connues de poissons marins côtiers, de mammifères marins, de tortues de mer, d'oiseaux de mer, de coraux, de palétuviers et d'herbes marines d'une région biogéographique majeure du Pacifique Est tropical a montré que 12 % de ces espèces étaient menacées.

Graphique 3.3. **Évolution de la situation des stocks de poissons marins à l'échelle mondiale, 1974-2011 (en pourcentage)**



Note : la ligne blanche divise les stocks pêchés à un niveau biologiquement viable en deux catégories : pleinement exploités (au-dessus de la ligne) et sous-exploités (en dessous de la ligne).

Source : FAO (2014).

D'après certains chercheurs (Agardy, 2000, par exemple), les méthodes de pêche non durables pourraient menacer des écosystèmes marins entiers. La nature et l'étendue des effets de la pêche dépendent d'une série de facteurs ainsi que du type d'engins de pêche, de la manière dont ces engins sont utilisés et de la période de pêche. La pêche à la palangre et le chalutage de fond peuvent coûter la vie à des oiseaux de mer, des tortues et d'autres espèces sans intérêt sur le plan commercial, et dégrader les habitats en ratissant les plantes et d'autres espèces des fonds marins (Auster, 1998 ; Dayton et al., 1995). La capturabilité et la valeur marchande de certaines espèces entrent également en jeu, car ces facteurs influent sur le comportement des pêcheurs. Ainsi, on a constaté qu'après avoir épuisé les stocks de grands poissons prédateurs situés au sommet du réseau trophique et ayant généralement une plus grande valeur commerciale, les pêcheurs pouvaient progressivement rediriger leur effort vers des espèces plus petites, souvent de moindre valeur, situées à des niveaux trophiques inférieurs (Pauly et al., 1998). Cette réaction qui consiste à pêcher toujours plus bas dans la chaîne alimentaire peut également s'accompagner d'une intensité de pêche accrue destinée à compenser la valeur inférieure de ces espèces plus petites, ce qui peut accroître encore les effets dommageables sur la diversité et la productivité (voir Folke et al., 2004 ; Frank et al., 2005 ; Pauly et al., 1998).

D'un autre côté, l'exploitation d'espèces de moindre valeur à des niveaux trophiques inférieurs peut aussi avoir un aspect favorable, car ce type de poissons pourrait représenter un apport alimentaire supérieur (voir Garcia et al., 2012 ; Zhou et al., 2010) à celui d'une consommation similaire d'aliments d'origine terrestre (voir Endal et Johnson, 2014).

La surpêche, les effets du changement climatique et la pollution – y compris le changement d'affectation des terres – sont aussi de plus en plus souvent à l'origine de changements de régime. Lorsque ces effets commencent à se faire sentir, un écosystème peut perdre sa résilience et devenir plus vulnérable (Folke et al., 2004 ; Troell et al., 2005 ; Eriksson et al., 2010). Une fois le changement de régime opéré dans un écosystème, le processus peut s'avérer difficile à inverser (Scheffer et Carpenter, 2003 ; Scheffer, Carpenter et de Young, 2005). Dans l'est du plateau néo-écossais, par exemple, l'écosystème a souffert de la surpêche du cabillaud et d'autres poissons de fond, ce qui a permis aux crustacés et aux petits poissons planctonivores d'y devenir prédominants au début des années 90 (Frank et al., 2011). En dépit de l'interdiction de pêche en vigueur depuis 1993, l'écosystème de cette zone n'a pas réussi à retrouver sa composition spécifique antérieure. La pêche et les bouleversements climatiques peuvent donc avoir d'importantes conséquences sur la composition spécifique des écosystèmes, y compris sur la composition des communautés et la biodiversité des fonds marins (Worm et al., 2005).

Effets probables sur l'économie de la mer

Du fait des pratiques non durables, on estime que les avantages économiques nets de la pêche en mer sont inférieurs de 50 milliards USD par an environ à ce qu'ils pourraient être dans ce secteur, où la valeur annuelle totale des prises débarquées est de 68 milliards USD (TEEB, 2011). Ces pertes interviennent à deux niveaux : l'épuisement des stocks fait que les coûts liés à la recherche et à la capture du poisson augmentent ; et la surcapacité des flottilles de pêche crée des dépenses d'investissement et des dépenses d'exploitation redondantes, qui engloutissent les avantages économiques procurés par l'activité. La surpêche aurait entraîné sur les trois dernières décennies une perte économique cumulée pour l'économie mondiale de l'ordre de 2 000 milliards USD (FAO, 2009a). Dans l'avenir, on s'attend à ce que le coût de la baisse des rendements de la pêche continue de progresser, pour atteindre 88.4 milliards USD en 2050 et 343.3 milliards USD en 2100 (Noone, Sumaila et Diaz, 2012). Les répercussions négatives devraient être plus marquées dans les pays en développement des régions tropicales. Cependant, une étude conjointe de la Banque mondiale et de la FAO (Banque mondiale et FAO, 2009) avance que ces pertes pourraient se transformer en avantages économiques durables pour des millions de pêcheurs et de communautés côtières avec une meilleure gestion des pêches côtières.

On estime que la reconstitution des stocks surexploités pourrait accroître la production halieutique de 16.5 millions de tonnes et les recettes annuelles de 32 milliards USD, ce qui renforcerait de toute évidence la contribution des pêches marines à la sécurité alimentaire, aux économies nationales et au bien-être des communautés côtières (FAO, 2014).

Pollution

Les sources de pollution marine sont multiples, car les mers et leurs sédiments servent depuis longtemps de décharge pour les déchets de nombreuses activités humaines. Simultanément, la pollution d'origine terrestre, y compris les déchets rejetés par les navires, menace des espèces et des habitats marins. Le changement climatique aggrave ces effets en modifiant les caractéristiques thermiques et chimiques de la mer.

Situation actuelle et tendances probables

La pollution marine la plus dommageable provient des ruissellements d'origine agricole de nutriments et de phosphore, qui provoquent une eutrophisation et augmentent considérablement l'hypoxie des eaux côtières, comme nous l'avons vu plus haut. En Méditerranée, 85 % des eaux usées sont déversées dans la mer sans aucun traitement, entraînant une eutrophisation (WWF, 2015) et, en l'absence d'intervention, l'apparition de zones mortes.

À cela s'ajoute la pollution par le plastique, qui a gagné l'ensemble des mers et océans du globe. Elle se déplace plus facilement qu'on ne le pensait entre les gyres océaniques et les hémisphères (Lebreton, Greer et Borrero, 2012) et son ampleur et sa persistance dans l'environnement la rendent particulièrement préoccupante. On estime que plus de 5 000 milliards de morceaux de plastique, d'un poids total de plus de 250 000 tonnes, dérivent dans l'océan (Eriksen et al., 2014), la plus grande « île » flottante de déchets se trouvant dans l'océan Pacifique Nord. La zone polluée connue, entre autres, sous le nom de « vortex de déchets du Pacifique Nord » ou de « continent de plastique » couvre environ 8 millions de kilomètres carrés (km^2). Cependant, le sort ultime des microplastiques flottants n'est pas de rester à la surface de la mer. Ils peuvent couler sous l'effet de la dégradation par les UV ou de la biodégradation, ou une fois agglomérés avec des organismes marins vivants et des sédiments (Barnes et al., 2009). D'aucuns ont avancé que le volume déposé sur les fonds marins pourrait dépasser 10 000 pièces par hectare – et comprendrait même des sacs plastique –, jusqu'à plus de 1 000 m sous la surface. Les données quantitatives sur l'abondance de déchets sur les fonds marins sont encore très limitées, mais on s'inquiète du taux de dégradation très lent à ces grandes profondeurs où règnent l'obscurité et le froid (Barnes et al., 2009 ; Ryan et al., 2009). Il est probable que, dans l'avenir, le développement des sociétés de consommation aggravera encore le problème de la pollution marine d'origine terrestre par des plastiques et d'autres débris d'objets fabriqués par l'homme (Coe et Rogers, 1997).

La pollution chimique – par plus de 300 substances classées comme dangereuses pour le milieu marin – s'ajoute aux pressions qui s'exercent déjà sur cet environnement (OSPAR, 2010). Cela fait des décennies que certains polluants chimiques (métaux lourds et substances organiques persistantes, par exemple) aboutissent en mer, et les armes chimiques qui reposent sur les fonds marins depuis la Seconde Guerre mondiale ne sont pas la moindre de ces pollutions (Bearden, 2007 ; Beddington et Kinloch, 2005).

L'océan contient également des sources de rayonnement nucléaire qui peuvent entraîner des modifications génétiques, des troubles de la reproduction et des cancers en raison de leur accumulation le long des chaînes alimentaires. Les doses moyennes auxquelles sont exposés les organismes marins et les humains sont toutefois bien inférieures aux seuils internationaux, sauf dans le cas de pollutions provoquées par des catastrophes comme celle de Fukushima, ou provenant de nouvelles sources de matières radioactives, telles que le désarmement de navires à propulsion nucléaire (AMAP, 2010 ; WBGU, 2013). Cela étant, la contamination provient en majeure partie de sources naturelles (PNUE et GPA, 2006 ; Livingston et Povinec, 2000) et peut être jusqu'à 1 000 fois supérieure au niveau actuel de la contamination anthropique.

Le bruit sous-marin dû aux activités militaires, aux opérations de cartographie du fond des mers et au transport maritime est la cause de changements à grande échelle dans l'environnement acoustique, qui sont particulièrement problématiques pour les mammifères marins, dont le système d'écholocalisation et de communication dépend de la perception des sons (Tyack, 2008). Le bruit peut engendrer un stress physiologique (Wright et al.,

2007 ; Rolland et al., 2012) et des modifications de comportement (Nowacek et al., 2007), notamment des tactiques d'évitement (Christiansen et al., 2010) et une augmentation de la fréquence (Parks, Clark et Tyack, 2007), du rythme ou de la durée des vocalisations. La dépense cumulée de ces réactions peut modifier le budget d'activité et le bilan énergétique des animaux, ce qui peut ensuite influer sur les taux démographiques des individus et sur la dynamique des populations et entraîner une désorientation qui conduit les animaux à s'échouer sur les plages.

La pollution par les hydrocarbures est l'une des autres menaces qui pèsent sur l'environnement marin. Les marées noires sont généralement dévastatrices du fait de la gravité de leurs conséquences sur l'environnement, mais elles ne représentent que 12 % environ des hydrocarbures présents dans la mer. Les 88 % restants proviennent principalement de sources diffuses, comme des fuites lors de l'extraction de pétrole, des opérations illégales de nettoyage des cuves en mer ou des rejets dans les rivières qui finissent ensuite dans la mer (WWF, s.d.). L'*International Tanker Owners Pollution Federation* (ITOPF) a estimé qu'entre 1970 et 2012, les pertes d'hydrocarbures consécutives à des incidents sur les pétroliers s'étaient élevées à 5.75 millions de tonnes environ. Cela étant, le nombre de marées noires diminue depuis le milieu des années 80 malgré un commerce maritime du pétrole en hausse (ITOPF, 2015). Il n'en demeure pas moins que la faiblesse des réglementations internationales, notamment dans les régions en développement (Rochette, 2014), est une source de préoccupation, car la prospection et l'exploitation en mer des hydrocarbures sont en croissance rapide en Afrique et au Brésil, où les obligations environnementales de base sont parfois à peine respectées.

L'introduction d'espèces exotiques dans les écosystèmes marins est une autre source de modification du milieu. Chaque jour, 7 000 espèces marines environ sont transplantées ailleurs dans le monde avec l'eau de ballast rejetée par des navires commerciaux (WWF, 2009), et ces introductions peuvent mettre en danger les espèces indigènes. Le homard américain, par exemple, passager clandestin des citernes de ballast de navires à destination de l'Europe, est en train d'éradiquer le homard local dans le fjord d'Oslo.

À mesure que la qualité des gisements terrestres de minéraux et de métaux décline et que les avancées technologiques améliorent la faisabilité des travaux de forage et d'extraction en mer, l'intérêt commercial que suscite la richesse minérale des fonds marins croît, même si les perspectives de développement à grande échelle de leur exploitation minière d'ici à 2030 restent controversées. Il est largement admis qu'une exploitation à l'échelle commerciale dans l'avenir aurait des effets directs et indirects importants sur les écosystèmes des fonds marins, portant atteinte à des habitats uniques et influant sur la colonne d'eau située au-dessus. L'exploitation minière des fonds marins entraînerait probablement des rejets d'eau contaminée et interromprait la retombée des panaches chargés de sédiments (GOC, 2013a), réduisant la pénétration de la lumière et la température par l'augmentation de la turbidité ; la croissance du plancton en serait ralentie, entraînant des réactions en chaîne dans l'ensemble de la chaîne alimentaire. Cela étant, les répercussions sont très différentes selon les gisements (Ecorys, 2014 ; Van Dover, 2011 ; Thiel et al., 2001 ; Bluhm, 2001). Les progrès technologiques qui auront été accomplis au moment où l'exploitation minière des fonds marins deviendra une activité commerciale permettront peut-être d'atténuer les risques de dommages environnementaux.

Le tourisme peut ouvrir des perspectives de développement durable, mais une mauvaise planification de la construction d'hôtels et de complexes touristiques sur les côtes peut aussi aboutir à la destruction d'habitats, à la pollution et à d'autres effets

défavorables sur la biodiversité. En outre, les paquebots de croisière représentent une source majeure de pollution marine du fait du rejet dans la mer d'ordures et d'eaux usées non traitées et d'autres polluants liés au transport maritime (Copeland, 2008).

Implications physiques et biologiques

La pollution marine et les espèces envahissantes peuvent modifier les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des mers et des zones côtières, et compromettre la qualité, la productivité et la résilience des écosystèmes marins.

Comme on l'a vu plus haut, la pollution, les marées noires et les métaux lourds persistants peuvent avoir des conséquences étendues, à de multiples niveaux de la vie marine, car ils perturbent la dynamique du réseau trophique des écosystèmes (Clark, Frid et Attrill, 1997). Les produits chimiques toxiques et le plastique sont susceptibles de s'accumuler dans l'organisme des poissons, de bouleverser les équilibres hormonaux, de compromettre la reproduction des poissons et de modifier la dynamique du réseau trophique, les fonctions des écosystèmes et la biodiversité. Du fait de leur stabilité, les polluants organiques persistants peuvent être transportés par les courants atmosphériques et océaniques jusqu'à des régions très éloignées des lieux d'émission.

En résumé, les polluants peuvent fragiliser les systèmes immunitaires et reproducteurs des espèces marines et affaiblir la résilience à d'autres facteurs de perturbation anthropiques (Noone, Sumaila et Diaz, 2012).

Enfin, l'introduction d'espèces exotiques, lorsqu'elle est due aux effets du changement climatique, peut favoriser le déplacement d'écotypes et bouleverser le fonctionnement des écosystèmes.

Effets probables sur l'économie de la mer

De façon générale, la pollution marine peut avoir des effets économiques assez importants. Les pertes théoriques de bien-être économique prennent de nombreuses formes : fermetures ou restrictions de pêche ou de récolte, consommation de produits de la mer dangereux sur le plan sanitaire et hausse des dépenses de santé, par exemple. Ainsi, la pollution bactérienne sur les plages a fait grimper les dépenses de santé, estimées dans une fourchette de 21 à 414 millions USD par an en Californie du Sud (NOEP, 2009). Parmi les autres domaines touchés, citons la pêche sportive et l'utilisation des plages, ainsi que les prix de l'immobilier de bord de mer à proximité des eaux contaminées (Ofiara et Seneca, 2006). Dans le cas de la Californie, on estime à quelque 51 millions USD le coût de l'initiative de nettoyage des plages menée sur six ans pour tenter d'inverser la tendance à la baisse du tourisme provoquée par la pollution. Les estimations du coût économique de la pollution due aux marées noires s'échelonnent entre 1.2 milliard et 23.5 milliards USD par an (Costanza et al., 2010).

Si les différentes formes de pollution marine persistent, il est probable que le taux impressionnant de découverte de nouvelles ressources génétiques dans les organismes marins faiblira, entraînant une perte de valeur d'option des écosystèmes marins (GOC, 2013b). Grâce à leur grande diversité biologique, ces derniers se prêtent particulièrement à la bioprospection, un processus qui vise à identifier et isoler des composés naturels dans le matériel génétique. La bioprospection marine a connu un développement rapide ces dernières années avec la découverte, dans les organismes marins, de ressources génétiques utiles pour la pharmacologie et la santé humaine, l'agriculture, l'alimentation, l'industrie cosmétique et certaines applications industrielles. Depuis 1999, le nombre de

brevets enregistrés en relation avec le matériel génétique d'espèces marines a augmenté de 12 % par an (Arrieta, Arnaud-Haond et Duarte, 2010), et on pense qu'il reste de nombreuses autres séquences génétiques à découvrir, en particulier chez les espèces marines vivant dans des environnements extrêmes, comme les évents hydrothermaux et les monts sous-marins, qui sont également intéressants pour l'exploitation minière des fonds marins (de la Calle, 2009). Cependant, si les taux de pollution marine actuels persistent, il deviendra plus difficile de découvrir de nouvelles ressources génétiques, et des débouchés médicaux et économiques seront tués dans l'œuf si, après que les scientifiques se sont évertués à faire progresser leurs recherches, on constate l'extinction des espèces nouvellement étudiées qui avaient été sélectionnées à des fins thérapeutiques et utilisées dans le traitement de cancers ou de certaines infections virales.

Dernier point et non des moindres, la perte de biodiversité touche également le tourisme maritime. Si elle persistait, la perte de récifs coralliens et de biodiversité marine mettrait en danger les ressources marines et risquerait de porter atteinte à d'importants avantages économiques. La valeur de la biodiversité marine pour les activités de loisirs est un facteur économiquement important, avec 898 millions d'arrivées en 2007 et une croissance annuelle de 5 % environ dans le monde (PISCO, 2002). La plongée est l'activité de loisirs qui génère le plus de valeur. Une méta-analyse de 52 études d'évaluation de récifs coralliens a mis en évidence une valeur moyenne de 184 USD par visite (Fenical, 2002).

Conclusion

Les pressions combinées de l'élévation de température, de l'acidification et de la stratification des mers, de la modification des courants océaniques et du cycle hydrologique, de l'eutrophisation résultant des ruissellements côtiers et d'autres formes de pollution, de la surpêche et de la destruction des habitats décideront du niveau de productivité et d'efficience du milieu marin dans l'avenir.

Étant donné le peu de connaissances dont on dispose sur les liens entre les effets des différents facteurs environnementaux et sur la complexité du réseau trophique marin, il est considéré comme prématuré d'établir des projections à l'échelle des écosystèmes (ONU, 2015). Les examens de facteurs déterminants isolés, comme l'élévation de température et l'acidification des mers, peuvent aboutir à des inductions trompeuses sur les réactions des organismes dans un environnement naturel à plusieurs variables, les effets interactifs (additifs, synergiques ou antagonistes) étant rarement prévisibles à partir de tels examens. C'est là une source majeure d'incertitude des projections. Les évolutions de la température et du pH, telles que celles prévues dans le scénario de maintien du statu quo du GIEC à l'horizon 2100, peuvent avoir des effets synergiques négatifs sur la croissance des espèces, leur survie, leur santé, leur calcification et leur développement (Gobler et al., 2014 ; Mackenzie et al., 2014 ; Madeira et al., 2014 ; Rosa et al., 2014). Dans certains cas, une situation d'hypoxie peut intervenir dans les effets néfastes de l'acidification des eaux (Frieder et al., 2014), tandis que l'acidification et l'hypoxie accroissent la sensibilité à la chaleur et inversement (Pörtner et al., 2014), et que la désoxygénation conjuguée au réchauffement est susceptible de réduire la taille et la qualité des habitats des animaux marins (Deutsch et al., 2015). Les interactions avec d'autres facteurs environnementaux peuvent sensiblement modifier les effets biologiques du réchauffement, de l'acidification et de l'hypoxie (Richier et al., 2014 ; Ko et al., 2014).

Cependant, le scénario de maintien du statu quo porte à croire que, si l'élévation de la température à l'échelle mondiale dépassait le seuil de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels, le milieu marin subirait des changements de grande ampleur sur le plan de la biodiversité régionale, des liens trophiques, du cycle des éléments nutritifs ou de la fourniture d'habitats, et les défis à relever en vue du développement à venir des secteurs d'activité liés à la mer seraient considérables.

Entre autres effets, l'élévation de la température des mers, la diminution des niveaux d'oxygène et la pollution engendreraient des pertes de recettes dans les secteurs de la pêche et du tourisme à l'échelle mondiale et augmenteraient les dépenses de santé. Si la tendance à la hausse des différentes formes de pollution marine se maintenait, il est probable que le taux impressionnant de découverte de nouvelles ressources génétiques dans les organismes marins baisserait, entraînant une perte de valeur d'option des écosystèmes marins. D'un autre côté, ces changements pourraient offrir de nouveaux débouchés, notamment l'ouverture de routes maritimes plus courtes du fait de l'absence de glace dans l'Arctique en été ou l'augmentation des prises sous les latitudes supérieures.

Par ailleurs, ces évolutions pourraient avoir une incidence sur l'ensemble de l'économie, du fait de la dégradation des ressources et de l'augmentation des risques pour la santé publique, le développement humain, le bien-être et la sécurité. L'évolution de l'accessibilité des ressources marines pourrait accentuer les problèmes géopolitiques et les problèmes de gouvernance que pose la gestion des ressources dans les zones économiques exclusives et en haute mer. S'il s'avérait impossible d'atteindre les objectifs de transformation de la Convention sur la diversité biologique du PNUE (voir les objectifs 6, 7, 10, 11 et 12) (PNUE, 2016), l'objectif de développement durable des Nations Unies (ONU, 2016) entièrement consacré à la conservation et à l'exploitation durable des océans, des mers et des ressources marines (objectif 14) ainsi que les objectifs fixés par la récente COP21 en décembre 2015 à Paris, cela entraînerait des coûts économiques et sociétaux supplémentaires, inégalement répartis, qui viendraient alourdir encore le fardeau pesant notamment sur les pays en développement, où les revenus tirés de la pêche et du tourisme sont sources d'emplois, de moyens d'existence, mais aussi de nourriture pour des millions de communautés côtières. L'évolution prévue du milieu marin à l'horizon 2030-50 et ses répercussions deviennent dès lors une préoccupation mondiale qui dépasse le clivage Nord/Sud. Nous ne parviendrons pas à une utilisation durable de la mer si nous n'établissons pas une gestion cohérente de tous les secteurs d'activité humaine liée à ce milieu.

Notes

1. Cette valeur a été calculée avec un taux d'actualisation de 3 % et sur une période de 50 ans.
2. Le terme de zones mortes a été utilisé pour la première fois au sujet de la partie nord du golfe du Mexique, en relation avec l'excès des nutriments issus de l'agriculture et des eaux usées municipales rejetés par le Mississippi et l'Atchafalaya (Rabalais, Turner et Wiseman, 2002). Dans ces zones, les pêcheurs ne remontent presque rien dans leurs chaluts.
3. Avant de plonger, l'eau absorbe à la surface d'énormes quantités de gaz, comme du dioxyde de carbone, puis les transporte rapidement à de très grandes profondeurs. Entre le moment où l'eau descend dans les profondeurs et celui où elle remonte à la surface, il s'écoule plusieurs centaines d'années, voire 1 000 ans.
4. Ces chiffres sont des estimations basses, car la valeur monétaire de nombreuses autres pertes – vies humaines, éléments du patrimoine culturel, services écosystémiques – est difficile à évaluer, ce qui fait qu'elles sont rarement prises en compte dans les estimations. S'agissant des écosystèmes, plusieurs initiatives visant à en mesurer la valeur ont été lancées, notamment en France (Évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques, EFESE), aux Pays-Bas, au Royaume-Uni et dans l'Union européenne (cartographie et évaluation des écosystèmes et de leurs services).
5. Le terme « surexploitation » désigne un prélèvement d'espèces sauvages à un rythme supérieur à celui auquel les populations naturelles se reconstituent. La surpêche et la chasse abusive sont deux exemples de surexploitation.

Références

Agardy, T. (2000), « Effects of fisheries on marine ecosystems: A conservationist's perspective », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 57, n° 3, pp. 761-765, http://dx.doi.org/10.1006/jmsc.2000.0721.

Agnew, D.J. et al. (2009), « Estimating the worldwide extent of illegal fishing », *PLOS ONE*, vol. 4, n° 2, http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0004570.

AMAP (2010), « AMAP assessment 2009: Persistent organic pollutants (POPs) in the Arctic », *Science of the Total Environment Special Issue*, n° 408, pp. 2 851-3 051, www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2009-persistent-organic-pollutants-pops-in-the-arctic/45.

Anderson, C.N.K. et al. (2008), « Why fishing magnifies fluctuations in fish abundance », *Nature*, vol. 452, pp. 835-839, http://dx.doi.org/10.1038/nature06851.

Arnason, R. (2007), « Climate change and fisheries: Assessing the economic impact: Conserving the ocean's genetic resources in Iceland and Greenland », *Natural Resource Modeling*, vol. 2, pp. 163-197.

Arrieta, J.M., S. Arnaud-Haond et C.M. Duarte (2010), « What lies underneath: Conserving the oceans' genetic resources », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 107, n° 43, pp. 18 318-18 324, http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0911897107.

Auster, P. (1998), « A conceptual model of the impacts of fishing gear on the integrity of fish habitats », *Conservation Biology*, vol. 12, n° 6, décembre, pp. 1 198-1 203, www.jstor.org/stable/2989837.

Baird, D. et al. (2004), « Consequences of hypoxia on estuarine ecosystem function: Energy diversion from consumers to microbes », *Ecological Applications*, vol. 14, n° 3, juin, pp. 805-822, http://dx.doi.org/10.1890/02-5094.

Banque mondiale et FAO (2009), Les milliards engloutis : La justification économique pour une réforme des pêches, La Banque mondiale, Washington, DC, http://siteresources.worldbank.org/EXTARD/Resources/336681-1224775570533/SunkenBillionsFinal.pdf.

Barange, M. et al. (2014), « Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries », *Nature Climate Change*, vol. 4, pp. 211-216, http://dx.doi.org/10.1038.nclimate2119.

Barnes, D.K.A. et al. (2009), « Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments », *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 364, n° 1 526, pp. 1 985-1 998, http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2008.0205.

Barton, A. et al. (2012), « The Pacific oyster, *Crassotrea gigas*, shows negative correlation to naturally elevated carbon dioxide levels: Implications for near-term ocean acidification effects », *Limnology and Oceanography*, vol. 57, n° 3, pp. 698-710, http://dx.doi.org/10.4319/lo.2012.57.3.0698.

Battaglini, E., B. Plonka et A. Merla (2008), « Europe and Central Asia Region », dans : Banque mondiale, *Environment Matters*, Annual Review, juillet 2007 - juin 2008, http://siteresources.worldbank.org/INTENVMAT/Resources/3011340-1238620444756/5980735-1238620476358/13ECA.pdf (consulté le 18 septembre 2015).

Bearden, D.M. (2007), « U.S. disposal of chemical weapons in the ocean: Background and issues for Congress », *CRS Report for Congress*, Congressional Research Service.

Beaugrand, G., M. Edwards et L. Legendre (2010), « Marine biodiversity, ecosystem functioning, and carbon cycles », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 107, n° 22, pp. 10 120-10 124, http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0913855107.

Beddington, J. et A. Kinloch (2005), « Munitions dumped at sea: A literature review », *Imperial College Consultants*, vol. 01/2005, juin, Londres.

Bell, J.D. et al. (2013), « Mixed responses of tropical Pacific fisheries and aquaculture to climate change », *Nature Climate Change*, vol. 3, pp. 591-599.

Bijma, J. et al. (2013), « Climate change and the oceans – What does the future hold? », in : *Marine Pollution Bulletin*, vol. 74, n° 2, septembre, pp. 495-505, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.07.022.

Bluhm, H. (2001), « Re-establishment of an abyssal mega benthic community after experimental physical disturbance of the sea floor », *Deep Sea Research, Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 48, n° 17, pp. 3 841-3 868, http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0645(01)00070-4.

Borges, A.V. et N. Gypens (2010), « Carbonate chemistry in the coastal zone responds more strongly to eutrophication than to ocean acidification », *Limnology and Oceanography*, vol. 55, n° 1, janvier, pp. 346-353, http://dx.doi.org/10.4319/lo.2010.55.1.0346.

Brander, L. et al. (2015), « The benefits to people of expanding marine protected areas », IVM Institute for Environmental Studies, Amsterdam, Pay-Bas, mai, disponible à l'adresse : http://ivm.vu.nl/en/Images/R15-05_Final_report___App_C_tcm234-454652.pdf.

Brandt, P. et al. (2010), « Changes in the ventilation of the oxygen minimum zone of the tropical North Atlantic », *Journal of Physical Oceanography*, vol. 40, n° 8, pp. 1 784-1 801, http://dx.doi.org/10.1175/2010JPO4301.1.

Brennan, L. et P. Owende (2010), « Biofuels from microalgae – A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products », *Renewable Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, n° 2, pp. 557-577, http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.009.

Brewer, P. et E. Peltzer (2009), « Limits to marine life », *Science*, vol. 324, n° 5 925, pp. 347-348, http://dx.doi.org/10.1126/science.1170756.

Burge, C.A. et al. (2014), « Climate change influences on marine infectious diseases: Implications for management and society », *Annual Review of Marine Science*, vol. 6, pp. 249-277, http://dx.doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135029.

Burke, L.M. et al. (2011), *Reefs at Risk Revisited*, World Resources Institute, Washington, DC, pp. 114.

Cai, W.-J. et al. (2011), « Acidification of subsurface coastal waters enhanced by eutrophication », *Nature Geoscience*, vol. 4, pp. 766-770, http://dx.doi.org/10.1038/ngeo1297.

Callaway, R. et al. (2012), « Review of climate change impacts on marine aquaculture in the UK and Ireland », *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 22, n° 3, pp. 389-421, http://dx.doi.org/10.1002/aqc.2247.

Carpenter, K.E. et al. (2008), « One-third of reef-building corals face elevated extinction risk from climate change and local impacts », *Science*, vol. 321, n° 5 888, juillet, pp. 560-563, http://dx.doi.org/10.1126/science.1159196.

Cesar, H., L. Burke et L. Pet-Soede (2003), « The economics of worldwide coral reef degradation », Cesar Environmental Economics Consulting (CEEC), Arnhem, Pays-Bas.

Chambers, L.E. et al. (2013), « Phenological changes in the southern hemisphere », *PLOS ONE*, vol. 8, n° 10, http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0075514.

Chan, F. et al. (2008), « Emergence of anoxia in the California current large marine ecosystem », *Science*, vol. 319, n° 5 865, pp. 920, http://dx.doi.org/10.1126/science.1149016.

Chen, P.-Y. et al. (2015), « Evaluating the economic damage of climate change on global coral reefs », *Global Environmental Change*, vol. 30, janvier, pp. 12-20, http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.10.011.

Cheung, W.W.L. et al. (2011), « Integrating ecophysiology and plankton dynamics into projected maximum fisheries catch potential under climate change in the Northeast Atlantic », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, n° 6, pp. 1 008-1 018, http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsr012.

Cheung, W.W.L. et al. (2010), « Large-scale redistribution of maximum fisheries catches potential in the global ocean under climate change », *Global Change Biology*, vol. 16, n° 1, janvier, pp. 24-35, http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01995.x.

Cheung, W.W.L. et al. (2009), « Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios », *Fish and Fisheries*, vol. 10, n° 3, septembre, pp. 235-251, http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00315.x.

Christiansen, F. et al. (2010), « Effects of tourist boats on the behaviour of Indo-Pacific bottlenose dolphins off the south coast of Zanzibar », *Endangered Species Research*, vol. 11, n° 1, pp. 91-99, http://dx.doi.org/10.3354/esr00265.

Church, J.A. et al. (2013), « Sea level change », chapitre 13, dans : *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, New York, www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf.

Clark, R.B., C. Frid et M. Attrill (1997), *Marine Pollution*, Fourth edition, Oxford University Press, Oxford.

Codispoti, L. (2010), « Interesting times for marine N_2O », *Science*, vol. 327, n° 5 971, pp. 1 339-1 340, http://dx.doi.org/10.1126/science.1184945.

Coe, J.M. et D.B. Rogers (1997), « Land-based sources of marine debris », dans : Coe, J.M. et D.B. Rogers (dir. pub.), *Marine Debris: Sources, Impacts, Solutions*, Springer-Verlag, New York, pp. 289-291.

Cooley, S.R. et al. (2012), « Nutrition and income from molluscs today imply vulnerability to ocean acidification tomorrow », *Fish and Fisheries*, vol. 13, n° 2, juin, pp. 182-215, http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00424.x.

Cooley, S.R. et S.C. Doney (2009), « Anticipating ocean acidification's economic consequences for commercial fisheries », *Environmental Research Letters*, vol. 4, http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/4/2/024007.

Copeland, C. (2008), « Cruise ship pollution: Background, laws and regulations, and key issues », CRS Report for Congress, Congressional Research Service, Washington, DC, www.cep.unep.org/publications-and-resources/databases/document-database/other/cruise-ship-pollution-background-laws-and-regulations-and-key-issues.pdf/at_download/file.

Corbett, J.J. et al. (2010), « Arctic shipping emissions inventories and future scenarios », *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 19, pp. 9 689-9 704, http://dx.doi.org/10.5194/acp-10-9689-2010.

Costanza, R. et al. (2010), « The perfect spill: Solutions for averting the next Deepwater Horizon », *Solutions*, 16 juin, www.thesolutionsjournal.com/node/629.

Daufresne, M., K. Lengfellner et U. Sommer (2009), « Global warming benefits the small in aquatic ecosystems », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 106, n° 1, pp. 12 788-12 793, http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0902080106.

Dayton, P. et al. (1995), « Environmental effects of marine fishing », *Aquatic Conservation : Marine and Fresh water Ecosystems*, vol. 5, n° 3, septembre, pp. 1-28, http://dx.doi.org/10.1002/aqc.3270050305.

De la Calle, F. (2009), « Marine genetic resources, a source of new drugs: The experience of the biotechnology sector », *International Journal of Marine and Coastal Law*, vol. 24, n° 2, pp. 209-220, http://dx.doi.org/10.1163/157180809X421743.

Deloitte Access Economics (2013), *Economic Contribution of the Great Barrier Reef*, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australie, www.environment.gov.au/system/files/resources/a3ef2e3f-37fc-4c6f-ab1b-3b54ffc3f449/files/gbr-economic-contribution.pdf.

Deutsch, C. et al. (2015), « Climate change tightens a metabolic constraint on marine habitats », *Science*, vol. 348, n° 6 329, pp. 1 132-1 135, http://dx.doi.org/10.1126/science.aaa1605.

Deutsch, C., S. Emerson et L. Thompson (2005), « Fingerprints of climate change in North Pacific oxygen », *Geophysical Research Letters*, vol. 32, n° 16, août, http://dx.doi.org/10.1029/2005GL023190.

Diaz, R.J. et R. Rosenberg (2008), « Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems », *Science*, vol. 321, n° 5 891, pp. 926-929, http://dx.doi.org/10.1126/science.1156401.

Doney, S. et al. (2009), « Ocean acidification: The other CO_2 problem », *Marine Science*, vol. 1, pp. 169-192, http://dx.doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163834.

Ecorys (2014), « Study to investigate the state of knowledge of deep-sea mining », Final Report under FWC MARE/2012/06 – SC E1/2013/04, Direction générale des affaires maritimes et de la pêche, Rotterdam/Bruxelles, disponible à l'adresse : https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/sites/maritimeforum/files/FGP96656_final_rep._formatted._november_2014.pdf.

Elliott, D.T., J.J. Pierson et M.R. Roman (2013), « Copepods and hypoxia in Chesapeake Bay: Abundance, vertical position and non-predatory mortality », *Journal of Plankton Research*, pp. 1027-1034, http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbt049.

Elmqvist, T. et al. (2003), « Response diversity, ecosystem change, and resilience », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 1, n° 9, novembre, pp. 488-494, http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0488:RDECAR]2.0.CO;2.

Endal, A. et G. Johnsen (2014), Livet i havet in Havromteknologi ed. Leif Lundby, NTNU og Fagbokforlaget.

EPA (2016), "Northern Gulf of Mexico Hypoxic Zone", United States Environmental Protection Agency, disponible à l'adresse : www.epa.gov/ms-htf/northern-gulf-mexico-hypoxic-zone.

Eriksen, M. et al. (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, n° 12, http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0111913.

Eriksson, B.K. et al. (2010), « Major changes in the ecology of the Wadden Sea: Human impacts, ecosystem engineering and sediment dynamics », *Ecosystems*, vol. 13, n° 5, août, pp. 752-764, http://dx.doi.org/10.1007/s10021-010-9352-3.

Fabricius, K.E. et al. (2011), « Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations », *Nature Climate Change*, vol. 1, pp. 1-5, http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1122.

Fabry, V.J., A.S. Brad et R.A. Feely (2008), « Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes », *ICES Journal of Marine Science*, n° 65, n° 3, pp. 414-432, http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsn048.

FAO (2014), *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture : Possibilités et défis*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org/3/a-i3720f.pdf.

FAO (2009a), *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2008*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm.

FAO (2009b), « FAO's role in the Syria Drought Response Plan 2009 », Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org/fileadmin/user_upload/emergencies/docs/app_syriadrought2009.pdf.

FAO (2008), *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2008 : Prix élevés des denrées alimentaires et sécurité alimentaire – menaces et perspectives*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, disponible à l'adresse : ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0291f/i0291f00.pdf.

Feely, R.A. et al. (2008), « Evidence for upwelling of corrosive "acidified" water onto the continental shelf », *Science*, vol. 320, n° 5 882, pp. 1 490-1 492, http://dx.doi.org/10.1126/science.1155676.

Fenical, W. (2002), « Accessing marine biodiversity for drug discovery », dans : Committee on Marine Biotechnology, *Marine Biotechnology in the Twenty-First Century: Problems, Promise, and Products*, National Research Council, Washington, DC, pp. 45-47.

Fernandes, P.G. et R.M. Cook (2013), « Reversal of fish stock decline in the northeast Atlantic », *Current Biology*, vol. 23, n° 15, pp. 1 432-1 437, http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2013.06.016.

Folke, C. et al. (2004), « Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management », *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, vol. 35, pp. 557-581, http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711.

Frank, K.T. et al. (2011), « Transient dynamics of an altered large marine ecosystem », *Nature*, vol. 477, pp. 86-89, http://dx.doi.org/10.1038/nature10285.

Frank, K.T. et al. (2005), « Trophic cascades in a formerly cod-dominated ecosystem », *Science*, vol. 308, n° 5 728, pp. 1 621-1 623, http://dx.doi.org/10.1126/science.1113075.

Frieder, C.A. et al. (2014), « Can variable pH and low oxygen moderate ocean acidification outcomes for mussel larvae? », *Global Change Biology*, vol. 20, n° 3, pp. 754-764, http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12485.

Friedrich, T. et al. (2012), « Detecting regional anthropogenic trends in ocean acidification against natural variability », *Natural Climate Change*, vol. 2, pp. 167-171, http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1372.

Ganachaud, A. et C. Wunsch (2000), « Improved estimates of global ocean circulation, heat transport and mixing from hydrographic data », *Nature*, vol. 408, pp. 453-457, http://dx.doi.org/10.1038/35044048.

Garai, J. (2014), « The impacts of climate change on the livelihoods of coastal people in Bangladesh: A sociological study », chapitre 11, *International Perspectives on Climate Change*, W. Leal Filho, pp. 151-163, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-04489-7_11.

Garcia, S. et al. (2012), « Reconsidering the consequences of selective fisheries », *Science*, vol. 335, n° 6 072, pp. 1 045-1 047, http://dx.doi.org/10.1126/science.1214594.

Gattuso, J.-P. et al. (2015), « Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO_2 emissions scenarios », *Science*, vol. 3, n° 6 243, http://dx.doi.org/10.1126/science.aac4722.

Gattuso, J.-P. et L. Hansson (2011), « Ocean acidification: Background and history », dans : Gattuso, J.-P. et L. Hansson (dir. pub.), *Ocean Acidification*, Oxford University Press, Oxford, pp. 1-20.

Gibert J.P. et J.P. DeLong (2014), « Temperature alters food web body-size structure », *Biology Letters*, vol. 10, n° 8, août, http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2014.0473.

GIEC (2014), « Résumé à l'intention des décideurs », *Changements climatiques 2014 incidences, adaptation et vulnérabilité*, Partie A : Aspects mondiaux et sectoriels, Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, pp. 1-32, https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_fr.pdf.

GIEC (2012), « Rapport spécial sur la gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique », *Rapport spécial des Groupes de travail I et II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Field, C.B. et al. (dir. pub.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York.

Gobler, C.J. et al. (2014), « Hypoxia and acidification have additive and synergistic negative effects on the growth, survival, and metamorphosis of early life stage bivalves », *PLOS ONE*, vol. 9, n° 1, http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0083648.

GOC (2013a), « Policy options paper #5: Strengthening deep seabed mining regulation », prepared for the Third Meeting of the Global Ocean Commission, novembre, www.globaloceancommission.org/wp-content/uploads/GOC-paper05-seabed-mining.pdf.

GOC (2013b), « Policy options paper #4: Bioprospecting and marine genetic resources in the high seas », prepared for the Third Meeting of the Global Ocean Commission, novembre, www.globaloceancommission.org/wp-content/uploads/GOC-paper04-bioprospecting.pdf.

Gruber, N. (2011), « Warming up, turning sour, losing breath: Ocean biogeochemistry under global change », *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 369, n° 1 943, pp. 1 980-1 996, http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2011.0003.

Hale, R. et al. (2011), « Predicted levels of future ocean acidification and temperature rise could alter community structure and biodiversity in marine benthic communities », *Oikos*, vol. 120, n° 5, pp. 661-674, http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.19469.x.

Hartmann, D.L. et al. (2013), « Observations : Atmosphere and surface », Chapter 2, dans : *Climate Change 2013 : The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, New York, www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter02_FINAL.pdf.

Hiddink, J.G., M.T. Burrows et J. García Molinos (2015), « Temperature tracking by North Sea benthic invertebrates in response to climate change », *Global Change Biology*, vol. 21, n° 1, janvier, pp. 117-129, http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12726.

Hoegh-Guldberg, O. (2012), « The adaptation of coral reefs to climate change: Is the Red Queen being outpaced? », *Scientiae Marina*, vol. 76, n° 2, pp. 403-408, http://dx.doi.org/10.3989/scimar.03660.29A.

Hoegh-Guldberg, O. et J.F. Bruno (2010), « The impact of climate change on the world's marine ecosystems », *Science*, vol. 328, n° 5 985, pp. 1 523-1528, http://dx.doi.org/10.1126/science.1189930.

Hönisch, B. et al. (2012), « The geological record of ocean acidification », *Science*, vol. 335, n° 6 072, pp. 1 058-1 063, http://dx.doi.org/10.1126/science.1208277.

Huang, C. et F. Qiao (2009), « The relationship between sea surface temperature anomaly and wind energy input in the Pacific Ocean », *Progress in Natural Science*, vol. 19, n° 10, pp. 1 409-1 412, http://dx.doi.org/10.1016/j.pnsc.2009.03.004.

Huang, R.X., C.J. Huang et W. Wang (2007), « Dynamical roles of mixed layer in regulating the meridional mass/heat fluxes », *Journal of Geophysical Research*, vol. 112, n° C5, mai, http://dx.doi.org/10.1029/2006JC004046.

Hume, B.C.C. et al. (2015), « *Symbiodinium thermophilum* sp. nov., a thermotolerant symbiotic alga prevalent in corals of the world's hottest sea, the Persian/Arabian Gulf », *Scientific Reports*, vol. 5, Article 8 562, http://dx.doi.org/10.1038/srep08562.

ITOPF (2015), Oil Tanker Spill Statistics 2015, www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics.

Jones, M.C. et W.W.L. Cheung (2015), « Multi-model ensemble projections of climate change effects on global marine biodiversity », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 72, n° 3, pp. 741-752, http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsu172.

Joos, F. et R. Spahni (2008), « Rates of change in natural and anthropogenic radiative forcing over the past 20,000 years », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 105, n° 5, pp. 1 425-1 430, http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0707386105.

Keeling, R.F., A. Körtzinger et N. Gruber (2010), « Ocean deoxygenation in a warming world », *Annual Review of Marine Science*, vol. 2, pp. 199-229, http://dx.doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163855.

Kemp, W.M. et al. (2009), « Temporal responses of coastal hypoxia to nutrient loading and physical controls », *Biogeosciences*, vol. 6, pp. 2 985-3 008, http://dx.doi.org/10.5194/bg-6-2985-2009.

Khan, S.A. et al. (2014), « Sustained mass loss of the northeast Greenland ice sheet triggered by regional warming », *Nature Climate Change*, vol. 4, pp. 292-299, http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2161.

Kirby, R.R. et G. Beaugrand (2009), « Trophic amplification of climate warming », *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 276, n° 1 676, pp. 4 095-4 103, http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2009.1320.

Ko, G.W.K. et al. (2014), « Interactive effects of ocean acidification, elevated temperature, and reduced salinity on early-life stages of the Pacific oyster », *Environmental Science & Technology*, vol. 48, n° 17, pp. 10 079-10 088, http://dx.doi.org/10.1021/es501611u.

Kolding, J., L. Haug et S. Stefansson (2008), « Effect of ambient oxygen on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 65, n° 7, pp. 1 413-1 424, http://dx.doi.org/10.1139/F08-059.

Kroeker, K. et al. (2013), « Impacts of ocean acidification on marine organisms: Quantifying sensitivities and interaction with warming », *Global Change Biology*, vol. 19, n° 6, pp. 1 884-1 896, http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12179.

Kroeker, K. et al. (2011), « Divergent ecosystem responses within a benthic marine community to ocean acidification », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 108, n° 35, pp. 14 515-14 520, http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1107789108.

Laffoley, D.d'A. et J. Baxter (2009), « Ocean acidification: The facts. A special introductory guide for policy advisers and decision makers », European Project on Ocean Acidification (EPOCA), www.us-ocb.org/publications/oa_guide_english.pdf.

Lal, P.N., J. Kinch et F. Wickham (2009), *Review of Economic and Livelihood Impact Assessments of, and Adaptation to, Climate Change in Melanesia*, Secrétariat du Programme régional océanien de l'environnement, Apia, Samoa, www.sprep.org/att/publication/000743_Review_of_economic_and_livelihood.pdf.

Lam, V.W.Y., W.W.L. Cheung et U.R. Sumaila (2014), « Marine capture fisheries in the Arctic: Winners or losers under climate change and ocean acidification? », *Fish and Fisheries*, early view, http://dx.doi.org/10.1111/faf.12106.

LaRiviere, J.P. et al. (2012), « Late Miocene decoupling of oceanic warmth and atmospheric carbon dioxide forcing », *Nature*, vol. 486, pp. 97-100, http://dx.doi.org/10.1038/nature11200.

Lauer, A. et al. (2009), « Assessment of near-future policy instruments for oceangoing shipping : Impact on atmospheric aerosol burdens and the Earth's radiation budget », *Environmental Science & Technology*, vol. 43, n° 15, pp. 5 592-5 598.

Lebreton, L., S. Greer et J. Borrero (2012), « Numerical modeling of floating debris in the world's oceans », *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, n° 3, pp. 653-661, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.10.027.

Levin, L.A. et al. (2009), « Effects of natural and human-induced hypoxia on coastal benthos », *Biogeosciences*, vol. 6, pp. 2 063-2 098, http://dx.doi.org/10.5194/bg-6-2063-2009.

Levitus, S. et al. (2009), « Global ocean heat content 1955-2008 in light of recently revealed instrumentation problems », *Geophysical Research Letters*, vol. 36, disponible à l'adresse : www.oco.noaa.gov/resources/Documents/Levitus_GRL_Heat2008.pdf.

Lewis, P.N., M.J. Riddle et C.L. Hewitt (2004), « Management of exogenous threats to Antarctica and the sub-Antarctic islands: Balancing risks from TBT and non-indigenous marine organisms », *Marine Pollution Bulletin*, vol. 49, n° 11-12, pp. 999-1 005.

Livingston, H.D. et P.P. Povinec (2000), « Anthropogenic marine radioactivity », *Ocean & Coastal Management*, vol. 43, n° 8-9, pp. 689-712, http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691(00)00054-5.

Lohbeck, K.T., U. Riebesell et T.B.H. Reusch (2014), « Gene expression changes in the coccolithophore *Emiliania huxleyi* after 500 generations of selection to ocean acidification », *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281, n° 1 786, http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.0003.

Mackenzie, C.L. et al. (2014), « Ocean warming, more than acidification, reduces shell strength in a commercial shellfish species during food limitation », *PLOS ONE*, vol. 9, n° 1, http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0086764.

Madeira, D. et al. (2014), « Synergy of environmental variables alters the thermal window and heat shock response: An experimental test with the crab *Pachygrapsus marmoratus* », *Marine Environmental Research*, vol. 98, juillet, pp. 21-28, http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.03.011.

Maribus (2010), « World Ocean Review 1 – Mit den Meeren leben », Maribus, Hamburg, Allemagne.

Mattsdotter, B. et al. (2014), « Ocean acidification state in western Antarctic surface waters: Controls and interannual variability », *Biogeosciences*, vol. 11, pp. 57-73, http://dx.doi.org/10.5194/bg-11-57-2014.

McPhaden, M.J. et D. Zhang (2002), « Slowdown of the meridional overturning circulation in the upper Pacific ocean », *Nature*, vol. 415, pp. 603-608, http://dx.doi.org/10.1038/415603a.

Melzner, F. et al. (2009), « Physiological basis for high CO_2 tolerance in marine ectothermic animals: Preadaptation through lifestyle and ontogeny? », *Biogeosciences*, vol. 6, pp. 2 313-2 331, http://dx.doi.org/10.5194/bg-6-2313-2009.

Milledge, J.J. (2011), « Commercial application of microalgae other than as biofuels: A brief review », *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 10, n° 1, pp. 31-41, http://dx.doi.org/10.1007/s11157-010-9214-7.

Miller, D.C. et al. (1995), « Effects of hypoxia on growth and survival of crustaceans and fishes of Long Island Sound », dans : McElroy, A. et J. Zeidner (dir. pub.), *Proceedings of the Long Island Sound Research Conference : Is the Sound Getting Better or Worse*, New York Sea Grant Institute, Stony Brook, New York, pp. 1-92.

Munday, P.L. et al. (2014), « Behavioural impairment in reef fishes caused by ocean acidification at CO_2 seeps », *Nature Climate Change*, vol. 4, pp. 487-492, http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2195.

Narita, D., K. Rehdanz et R.S.J. Tol (2012), « Economic costs of ocean acidification: A look into the impacts on global shellfish production », *Climatic Change*, vol. 113, n° 3-4, pp. 1 049-1 063, http://dx.doi.org/10.1007/s10584-011-0383-3.

Nilsson, G.E. et al. (2012), « Near-future carbon dioxide levels alter fish behaviour by interfering with neurotransmitter function », *Nature Climate Change*, vol. 2, pp. 201-204, http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1352.

NOAA (2010), « Fisheries economics of the US 2008 », US Department of Commerce, National Marine Fisheries Service, NOAA Tech. Memo, NMFS-F/SPO-109.

NOEP (2009), « State of the US ocean and coastal economies », National Ocean Economics Program.

Noone, K., R.J. Diaz et U.R. Sumaila (2013), *Managing Ocean Environments in a Changing Climate : Sustainability and Economic Perspectives*, Elsevier Press, Burlington, Massachusetts, disponible à l'adresse : www.sciencedirect.com/science/book/9780124076686.

Noone, K., R. Sumaila et R.J. Diaz (2012), *Valuing the Ocean*, Institut pour l'environnement de Stockholm (SEI), Stockholm, www.sei-international.org/publications?pid=2064.

Nowacek, D. et al. (2007), « Responses of cetaceans to anthropogenic noise », *Mammal Review*, vol. 37, n° 2, pp. 81-115, http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2907.2007.00104.x.

O'Conner, M.I. et al. (2007), « Temperature control of larval dispersal and the implications for marine ecology, evolution, and conservation », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 104, n° 4, pp. 1 266-1 271, http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0603422104.

Ofiara, D.D. et J.J. Seneca (2006), « Biological effects and subsequent economic effects and losses from marine pollution and degradations in marine environments: Implications from the literature », *Marine Pollution Bulletin*, vol. 52, n° 8, pp. 844-864.

Olafsson, J. et al. (2009), « Rate of Iceland Sea acidification from time series measurements », *Biogeosciences*, vol. 6, pp. 2 661-2 668, www.biogeosciences.net/6/2661/2009/bg-6-2661-2009.pdf.

ONU (2016), « Objectif 14 : Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable », Objectifs de développement durable de l'ONU, www.un.org/sustainabledevelopment/oceans.

ONU (2015), « Résumé de la première évaluation mondiale intégrée du milieu marin », Assemblé générale des Nations Unies, 22 juillet 2015, A/70/112, www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/70/112&referer=/english/&Lang=F.

ONU (2011), « Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation », Olivier De Schutter, Mission en République arabe syrienne, Nations Unies, New York, New York.

ONU (2009), « Syria Drought Response Plan », Nations Unies, New York, New York, http://reliefweb.int/report/syrian-arab-republic/syria-drought-response-plan.

OSPAR (2010), « Hazardous substances » in : OSPAR Commission (dir. pub.), *Quality Status Report 2010*, OSPAR Commission, London, pp. 37-52.

Paerl, H.W. (2006), « Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters : Interactive effects of human and climatic perturbations », *Ecological Engineering*, vol. 26, n° 1, janvier, pp. 40-54, http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.09.006.

Parks, S.E., C.W. Clark et P.L. Tyack (2007), « Short- and long-term changes in right whale calling behaviour: The potential effects of noise on acoustic communication », *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 122, n° 6, pp. 3 725-3 731, http://dx.doi.org/10.1121/1.2799904.

Pauly, D. et al. (1998), « Fishing down marine food webs », *Science*, vol. 279, n° 5 352, pp. 860-863, http://dx.doi.org/10.1126/science.279.5352.860.

Pauly, D. et D. Zeller (2016), « Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining », *Nature Communications*, vol. 7, Article 10 244, http://dx.doi.org/10.1038/ncomms10244.

Perrette, M. et al. (2013), « A scaling approach to project regional sea level rise and its uncertainties », *Earth System Dynamics*, vol. 4, pp. 11-29, http://dx.doi.org/10.5194/esd-4-11-2013.

Pichavant, K. et al. (2000), « Effects of hypoxia on metabolism and growth in juvenile turbot », *Aquaculture*, vol. 188, n° 1, pp. 103-114, http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00316-1.

Pinsky, M.L. et al. (2013), « Marine taxa track local climate velocities », *Science*, vol. 341, n° 6 151, pp. 1 239- 1242, http://dx.doi.org/10.1126/science.1239352.

PISCO (2002), *The Science of Marine Reserves*, Partnership for Interdisciplinary Studies of Coastal Oceans.

Planque, B. et al. (2011), « Understanding what controls the spatial distribution of fish populations using a multi-model approach », *Fisheries Oceanography*, vol. 20, n° 1, pp. 1-17, http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2010.00546.x.

Planque, B., E. Bellier et C. Loots (2011), « Uncertainties in projecting spatial distributions of marine populations », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, n° 6, pp. 1 045-1 050, http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsr007.

PNUD-FEM (2012), *International Waters: Delivering Results*, Programme des Nations Unies pour le développement, New York, New York, www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/water_governance/international-waters--delivering-results.html.

PNUE (2016), « Objectifs d'Aichi pour la biodiversité », Convention sur la diversité biologique, www.cbd.int/sp/targets.

PNUE et GPA (2006), *The State of the Marine Environment : Trends and Processes*, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, www.unep.org/regionalseas/globalmeetings/9/global_soe_trends.pdf.

Pörtner, H-O. (2010), « Oxygen- and capacity-limitation of thermal tolerance: A matrix for integrating climate-related stressor effects in marine ecosystems », *Journal of Experimental Biology*, vol. 213, n° 6, pp. 881-893, http://dx.doi.org/10.1242/jeb.037523.

Pörtner H.-O. et al. (2014), « Ocean systems », chapitre 6, dans : *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, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 411-484, https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap6_FINAL.pdf.

Pörtner, H.-O., M. Langenbuch et B. Michaelidis (2005), « Synergistic effects of temperature extremes, hypoxia, and increases in CO_2 on marine animals: From Earth history to global change », *Journal of Geophysical Research*, vol. 110, http://dx.doi.org/10.1029/2004JC002561.

Porzio, L et al. (2011), « Macro algal communities of gas vents near Ischia island in the Mediterranean sea, 2011 », supplement à: Porzio, L., M.-C. Buia et J.M. Hall-Spencer (2011), « Effects of ocean acidification on macro algal communities », *Journal of Experimental Marine Biology and Ecolo*gy, Vol. 400, n° 1-2, pp. 278-287.

Prince, E.D. et al. (2010), « Ocean scale hypoxia-based habitat compression of Atlantic istiophorid billfishes », *Fisheries Oceangraphy*, vol. 19, n° 6, pp. 448-462, http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2010.00556.x.

Prince, E.D. et C.P. Goodyear (2006), « Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fishes », *Fisheries Oceangraphy*, vol. 15, n° 6, pp. 451-464, http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2005.00393.x.

Rabalais, N.N., R.E. Turner et W.J. Wiseman Jr. (2002), « Gulf of Mexico hypoxia, aka 'The dead zone' », *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 33, pp. 235-263, http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150513.

Rabotyagov, S.S. et al. (2014), « The economics of dead zones: Causes, impacts, policy challenges, and a model of the Gulf of Mexico hypoxic zone », *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 8, n° 1, pp. 1-22, http://dx.doi.org/10.1093/reep/ret024.

Rahmstorf, S. et al. (2005), « Thermohaline circulation hysteresis: A model intercomparison », *Geophysical Research Letters*, vol. 32, n° 23, décembre, http://dx.doi.org/10.1029/2005GL023655.

Representative Concentration Pathways Database (Version 2.0.5), http://tntcat.iiasa.ac.at:8787/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=download.

Rhein, M. et al. (2013), « Observations: Ocean », Chapter 3, dans : *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge

University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, pp. 255-315, www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter03_FINAL.pdf.

Richier, S. et al. (2014), « Phytoplankton responses and associated carbon cycling during shipboard carbonate chemistry manipulation experiments conducted around northwest European shelf seas », *Biogeosciences*, vol. 11, pp. 4 733-4 752, http://dx.doi.org/10.5194/bg-11-4733-2014.

Robbins, L.L. et al. (2013), « Baseline monitoring of the western Arctic Ocean estimates 20% of Canadian basin surface waters are undersaturated with respect to aragonite », *PLOS ONE*, vol. 8, n° 9, http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0073796.

Robinson, A., R. Calov et A. Ganopolski (2012), « Multistability and critical thresholds of the Greenland icesheet », *Nature Climate Change*, vol. 2, pp. 429-432, http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1449.

Rochette, J. (2014), « La délimitation des espaces maritimes en Méditerranée : Entre enjeux stratégiques nationaux et exigences de conservation de la biodiversité », Perin, C. (dir. pub.), *Un littoral sans nature ? L'avenir de la Méditerranée face á l'urbanisation*, École Français de Rome, pp. 29-35.

Roegner, G.C., J.A. Needoba et A.M. Baptista (2011), « Coastal upwelling supplies oxygen-depleted water to the Columbia River estuary », *PLOS ONE*, vol. 6, n° 4, http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0018672.

Rolland, R.M. et al. (2012), « Evidence that ship noise increases stress in right whales », *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 279, n° 1 737, pp. 2 363-2 368, http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2011.2429.

Rosa, R. et al. (2014), « Differential impacts of ocean acidification and warming on winter and summer progeny of a coastal squid (*Loligo vulgaris*) », *Journal of Experimental Biology*, vol. 217, pp. 518-525, http://dx.doi.org/10.1242/jeb.096081.

Ruckelshaus, M. et al. (2013), « Securing ocean benefits for society in the face of climate change, *Marine Policy*, vol. 40, juillet, pp. 154-159, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2013.01.009.

Ryan, P.G. et al. (2009), « Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment », *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 364, n° 1 526, pp. 1 999-2 012, http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2008.0207.

Salisbury, J. et al. (2008), « Coastal acidification by rivers: A new threat to shellfish? », *Eos*, vol. 89, n° 50, p. 513, http://dx.doi.org/10.1029/2008EO500001.

Scheffer, M. et S.R. Carpenter (2003), « Catastrophic regime shifts in ecosystems: Linking theory to observation », *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 18, n° 12, pp. 648-656, décembre, http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2003.09.002.

Scheffer, M., S. Carpenter et B. de Young (2005), « Cascading effects of overfishing marine systems », *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 20, n° 11, novembre, pp. 579-581, http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2005.08.018.

Selman, M. et al. (2008), « Eutrophication and hypoxia in coastal areas: A global assessment of the state of knowledge », *WRI Policy Note*, World Resources Institute, disponible à l'adresse : http://pdf.wri.org/eutrophication_and_hypoxia_in_coastal_areas.pdf.

Shi, D. et al. (2010), « Effect of ocean acidification on iron availability to marine phytoplankton », *Science*, vol. 327, n° 5 966, pp. 676-679, http://dx.doi.org/10.1126/science.1183517.

Sowers, J., A. Vengosh et E. Weinthal (2011), « Climate change, water resources and the politics of adaptation in the Middle East and North Africa », *Climate Change*, vol. 104, n° 3, pp. 559-627, http://dx.doi.org/10.1007/s10584-010-9835-4.

Spall, M. (2006), « Effect of sea temperature-wind stress coupling on baroclinic instability in the ocean », *Journal of Physical Oceanography*, vol. 37, pp. 1 092-1 097, http://dx.doi.org/10.1175/JPO3045.1.

Steinacher, M. et al. (2010), « Projected 21st century decrease in marine productivity: A multi-model analysis », *Biogeosciences*, vol. 7, pp. 979-1 005, http://dx.doi.org/10.5194/bg-7-979-2010.

Stock, C.A. et al. (2011), « On the use of IPCC-class models to assess the impact of climate on living marine resources », *Progress in Oceanography*, vol. 88, n° 1-4, pp. 1-27, http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2010.09.001.

Stocker, T.F. et al. (2013), « Résumé technique », dans : *Changements climatiques 2013*, contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, pp. 33-115, www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf.

Stramma, L. et al. (2011), « Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes », *Nature Climate Change*, vol. 2, pp. 33-37, http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1304.

Stramma, L. et al. (2009), « Deoxygenation in the oxygen minimum zone of the eastern tropical north Atlantic », *Geophysical Research Letters*, vol. 36, n° 20, http://dx.doi.org/10.1029/2009GL039593.

Stramma, L. et al. (2008), « Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans », *Science*, vol. 320, n° 5 876, pp. 655-658, http://dx.doi.org/10.1126/science.1153847.

Stroeve, J. et al. (2007), « Arctic sea ice decline: Faster than forecast », *Geophysical Research Letters*, vol. 34, n° 9, http://dx.doi.org/10.1029/2007GL029703.

Sumaila, U.R. et W.W.L. Cheung (2010), « Cost of adapting fisheries to climate change », *Document de synthèse de la Banque mondiale n° 5*, Banque mondiale, Washington, DC, www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2010/09/20/000334955_20100920035715/Rendered/PDF/566630NWP0D1CC10Box353730B01PUBLIC1.pdf.

Sun, Y.D. et al. (2012), « Lethally hot temperatures during the early Triassic greenhouse », *Science*, vol. 338, n° 6 105, pp. 366-370, http://dx.doi.org/10.1126/science.1224126.

TEEB (2011), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Making*, sous la direction de P. ten Brink, Earthscan, Londres et Washington.

Thiel, H. et al. (2001), « The large-scale environmental impact experiment DISCOL – reflection and foresight », *Deep Sea Research Part II : Topographic Study Oceanography*, vol. 48, n° 17-18, pp. 3 869-3 882, http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0645(01)00071-6.

Tilman, D. et al. (2001), « Diversity and productivity in a long-term grassland experiment », *Science*, vol. 94, n° 5 543, pp. 843-845, http://dx.doi.org/10.1126/science.1060391.

Tripati, A., C. Roberts et R. Eagle (2009), « Coupling of CO_2 and ice sheet stability over major climate transitions of the last 20 million years », *Science*, vol. 326, n° 5 958, pp. 1 394-1 397, http://dx.doi.org/10.1126/science.1178296.

Troell et al. (2005), Regime shifts and ecosystem service generation in Swedish coastal soft bottom habitats: When resilience is undesirable, *Ecology and Society* vol. 10, n° 1: 30, disponible à l'adresse : www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art30.

Trotman, A. et al. (2009), « Policy responses to GEC impacts on food availability and affordability in the Caribbean community », *Environmental Science & Policy*, vol. 12, n° 4, pp. 529-541, http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2009.02.001.

Turner, R.E. et al. (2005), « Summer hypoxia in the northern Gulf of Mexico and its prediction from 1978 to 1995 », *Marine Environmental Research*, vol. 59, n° 1, pp. 65-77, http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2003.09.002.

Tyack, P. (2008), « Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment », *Journal of Mammalogy*, vol. 89, n° 3, pp. 549-558, http://dx.doi.org/10.1644/07-MAMM-S-307R.1.

USDA (2008), « Syria : Wheat production in 2008/09 declines owing to season-long drought », US Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, Washington, DC, www.pecad.fas.usda.gov/highlights/2008/05/Syria_may2008.htm.

Van Dover, C. (2011), « Tighten regulations on deep-sea mining », *Nature*, vol. 470, pp. 31-33, http://dx.doi.org/10.1038/470031a.

Vaquer-Sunyer, R. et C.M. Duarte (2008), « Thresholds of hypoxia for marine biodiversity », *PNAS*, vol. 105, n° 40, pp. 15 452-15 457.

Vergés, A. et al. (2014), « The tropicalization of temperate marine ecosystems: Climate-mediated changes in herbivory and community phase shifts », *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281, n° 1 789, http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.0846.

Wassmann, P. et al. (2011), « Footprints of climate change in the Arctic marine ecosystem », *Global Change Biology*, vol. 17, n° 2, pp. 1 235-1 249, http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02311.x.

WBGU (2013), *World in Transition: Governing the Marine Heritage*, German Advisory Council on Global Change, Berlin, Allemagne, disponible à l'adresse : www.wbgu.de/en/flagship-reports/fr-2013-oceans.

Weimerskirch, H. et al. (2012), « Changes in wind pattern alter albatross distribution and life-history traits », *Science*, vol. 335, n° 6 065, pp. 211-214, http://dx.doi.org/10.1126/science.1210270.

Wittmann, A.C. et H.-O. Pörtner (2013), « Sensitivities of extant animal taxa to ocean acidification », *Nature Climate Change*, vol. 3, pp. 995-1 001, http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1982.

Wong, P.P. et al. (2014), « Systèmes côtiers et basses terres littorales », chapitre 5, in : *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité*, Partie A : Aspects mondiaux et sectoriels, Contribution du Groupe de travail II au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat,

Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, pp. 361-409, https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap5_FINAL.pdf.

Worm, B. et al. (2005), « Global patterns of predator diversity in the open oceans », *Science*, vol. 308, n° 5 739, pp. 1 365-1 369, http://dx.doi.org/10.1126/science.1113399.

Wright, A. et al. (2007), « Do marine mammals experience stress related to anthropogenic noise », *International Journal of Comparative Psychology*, vol. 20, n° 2, pp. 274-316.

WWF (sans date), « Marine problems : Pollution », Fonds mondial pour la nature, wwf.panda.org/about_our_earth/blue_planet/problems/pollution.

WWF (2015), *Rapport Planète Vivante Océans : Espèces, habitats et bien-être humain*, Tanzer, J. et al. (dir. pub.), WWF International, Gland, Suisse, http://awsassets.wwfffr.panda.org/downloads/lpr_oceans_2015_complet_bd.pdf.

WWF (2009), « Silent invasion: The spread of marine invasive species via ships' ballast water », WWF International, Gland, Suisse, www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Study_Silent_Invasion.pdf.

Zhou, S. et. al. (2010), « Ecosystem-based fisheries management requires a change to the selective fishing philosophy », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 107, n° 21, pp. 9 485-9 489, http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0912771107.

Partie II.

Facteurs critiques influant sur les secteurs d'activité émergents liés à la mer

Chapitre 4.

Science, technologie et innovation dans l'économie de la mer de demain

Ce chapitre s'intéresse à des moteurs de développement des activités liées à la mer qui comptent parmi les plus importants : la science, la technologie et l'innovation. Plus précisément, il évalue le rôle de la science et des nouvelles connaissances relatives à la mer ; les évolutions récentes et imminentes de technologies progressives ou de technologies de rupture, qui permettent et accélèrent la croissance de l'économie de la mer ; et le soutien de l'innovation dans le domaine maritime par des moyens tels que l'exploitation des effets de synergie technologique entre secteurs maritimes, le recours à des pôles d'activité maritime et des incubateurs technologiques, et la promotion de l'évaluation prospective de l'économie de la mer. Plutôt que d'adopter une perspective sectorielle, ce chapitre privilégie une approche transversale afin de mettre en évidence un grand nombre des relations d'interdépendance et des interactions qui existent entre les activités maritimes et qui sont l'une des principales caractéristiques de l'économie de la mer.

La science et la technologie comptent parmi les moteurs de développement les plus dynamiques de l'économie de la mer de demain. De nouvelles connaissances et un nombre croissant de technologies pénètrent progressivement dans tous les secteurs maritimes, où elles sont adoptées et adaptées, suscitant d'autres innovations encore. On s'attend de fait à ce que nombre des avancées scientifiques et technologiques en cours provoquent des transformations. Les avantages potentiels les plus frappants en matière d'innovation sont ceux qui pourraient être tirés de la combinaison de différentes technologies de la mer, de la construction de plateformes maritimes polyvalentes, de l'implantation dans un même lieu d'activités liées à la mer relevant de différents secteurs, et de la recherche d'effets de synergie dans la collaboration entre plusieurs secteurs maritimes. À cet effet, d'aucuns proposent de créer des forums internationaux qui regrouperaient, par exemple, des pôles d'activité liée à la mer, ou des laboratoires de l'innovation et des centres d'excellence dans le domaine maritime, afin de favoriser une innovation multisectorielle et multifonctionnelle.

Il y a près de 70 ans, Shepard (1948) observait : « La curiosité insatiable de l'être humain face à l'inconnu lui a ouvert de nombreuses frontières. Le fond des mers figure parmi les derniers domaines à avoir contribué aux avancées de l'exploration scientifique. Jusqu'à ces dernières années, on en savait bien plus sur la surface de la lune que sur les vastes étendues qui s'étendent sous les trois quarts de la surface de notre propre planète ». Cette remarque est toujours d'actualité, et les scientifiques l'ont maintes fois confirmée. C'est probablement dans les mers et les océans, plus que nulle part ailleurs sur la planète, que le développement économique induit par la science et la technologie a été le plus puissant, et cette relation continue de déterminer de nouvelles activités économiques.

De la même façon, le rythme de développement technologique s'est maintenu durant des décennies. Là où la science a fait naître de nouveaux horizons, la technologie a rendu les activités humaines possibles dans les mers et les océans. Dans certains cas, la mise en œuvre individuelle ou conjointe de ces technologies devrait apporter des innovations progressives ou majeures à tous les secteurs maritimes ; dans d'autres, elle offre la perspective d'une transformation, voire d'un changement radical, des produits et processus, des modèles économiques et des marchés des biens et du travail. Il est important de noter que nombre d'avancées scientifiques et technologiques découlent d'autres activités marines ou maritimes, ce qui montre la capacité de l'économie de la mer à brasser les connaissances et les applications de façon féconde.

Ensemble, les nouvelles connaissances et le développement technologique ont porté l'innovation à un rythme remarquable. L'utilisation de la mer est plus intensive que jamais, à tel point que des études indiquent qu'on est en passe d'atteindre le seuil au-delà duquel le rythme de changement dépassera les capacités physiques de l'océan à supporter cette exploitation. La *Global Ocean Commission* (GOC, 2014), notamment, a recensé récemment cinq facteurs étroitement liés qui déterminent la dégradation du milieu marin, et qui intéressent tous le développement économique : augmentation de la demande de ressources ; avancées technologiques[1] ; diminution des stocks de poissons ; changement climatique et perte de biodiversité et d'habitats ; et faiblesse de la gouvernance de la haute mer. La Commission et de nombreux observateurs s'accordent sur le fait que d'autres innovations sont nécessaires si l'humanité veut continuer d'augmenter la productivité de la mer tout en préservant son intégrité écologique.

Le présent chapitre examine les questions liées à la science, à la technologie et à l'innovation. Il s'intéresse en particulier au rôle des nouvelles connaissances sur la mer, aux évolutions technologiques récentes qui ont été à l'origine de la croissance de

l'économie de la mer, aux technologies émergentes et potentiellement déstabilisatrices, et enfin aux innovations, y compris celles marquant des ruptures, qui pourraient être nécessaires pour relever les défis de demain.

Plutôt que d'adopter une perspective sectorielle, ce chapitre privilégie une approche transversale afin de mettre en évidence un grand nombre des relations d'interdépendance et des interactions qui existent entre les activités maritimes et qui sont l'une des principales caractéristiques de l'économie de la mer.

Science : Des connaissances pour l'économie de la mer

La science a été, et restera, l'un des plus puissants moteurs du développement économique fondé sur les mers et les océans. Les études océanographiques ont révélé, par exemple, que les imbrications entre le climat et le milieu marin étaient inextricablement liées à la productivité agricole. Les recherches biologiques ont permis de découvrir une multitude de formes de vie, et de nouvelles découvertes ont lieu chaque jour. Dans le domaine de la chimie, des travaux ont mis au jour des cycles des nutriments et des processus chimiques qui ne se trouvent nulle part ailleurs sur Terre. La géologie nous a permis de comprendre, comme jamais auparavant, à la fois notre planète et les ressources minérales disponibles. Encore récemment, divers rapports faisaient état de nouvelles connaissances scientifiques sur les mers et les océans, et soulignaient l'importance de ce savoir pour le développement humain et pour notre compréhension du milieu marin. Ces travaux portaient notamment sur la découverte de nouveaux organismes vivant sous les fonds marins (Bojanowski, 2015).

Le manque de connaissances sur le milieu marin a inspiré diverses initiatives à grande échelle et à long terme visant à atteindre un niveau de connaissances plus exhaustif. Parmi les exemples récents, citons le Recensement de la vie marine, qui a été effectué sur la période 2000-10 et a mobilisé plus de 1 milliard USD de financement, public et privé. Ce recensement a considérablement augmenté le nombre d'espèces marines connues : un spécimen sur deux récoltés à des profondeurs supérieures à 3 000 m était inconnu des scientifiques et n'avait jamais été décrit (Rogers et al., 2015). En résumé, le milieu marin a encore beaucoup de secrets à nous livrer. Et, par extension, il nous reste encore à calculer la valeur économique de ce que nous connaissons.

On note un manque similaire de connaissances sur les caractéristiques physiques des fonds marins. L'ensemble des fonds marins a été cartographié, mais pour une grande partie, la résolution spatiale n'est que de 5 km^2 environ (Witze, 2014). Selon l'Administration océanique et atmosphérique nationale (NOAA) des États-Unis, moins de 5 % des fonds marins ont été explorés de façon plus détaillée. Dès lors qu'il s'agit de gérer l'exploitation économique de cet espace, ce manque de connaissances laisse les pouvoirs publics sans aucun outil, même élémentaire, tel qu'une carte géologique des fonds marins – outil central de tout système de réglementation de l'exploitation terrestre des minéraux – ou des données permettant de réaliser des analyses coût-avantages des différents schémas d'exploitation.

À un niveau plus fondamental, la connaissance scientifique de la mer – ses propriétés et son comportement, sa santé, son rôle dans le changement climatique et son influence sur les conditions météorologiques, etc. – est essentielle pour comprendre et gérer les écosystèmes marins. Elle constitue aussi une condition préliminaire vitale pour la durabilité de toutes les activités liées à cet élément. L'observation marine est donc une pierre angulaire des sciences de la mer. Dans sa version moderne, elle nécessite une série

d'infrastructures, notamment : des navires de haute mer équipés pour la recherche ; des dispositifs satellitaires de télédétection, de communication et de localisation ; des plateformes et des systèmes flottants, submersibles et fixes ; une infrastructure de modélisation et une infrastructure informatique, ainsi que des systèmes de stockage et de gestion de données massives. Une grande partie des investissements dans la recherche, la collecte de données et les infrastructures est financée avec de l'argent public. Or, si de nombreuses initiatives d'observation marine ont évalué l'efficacité de leur contribution aux domaines d'activité scientifiques (météorologie marine, mesure de l'acidification, etc.), peu d'efforts ont été faits pour apprécier la valeur économique des données produites. Ce calcul contribuerait pourtant à susciter un bien plus grand intérêt pour la recherche sur les océans et à mobiliser une participation financière beaucoup plus importante à cette fin, et aiderait aussi à orienter les travaux de recherche et, dans certains cas, à établir des priorités.

Le nouveau projet AtlantOS, financé par l'Union européenne par l'intermédiaire de son programme-cadre de recherche Horizon 2020, est un pas dans cette direction. Avec un budget de 21 millions EUR sur quatre ans, AtlantOS doit mettre en place une observation plus intégrée, plus efficace et plus durable de l'océan Atlantique. Au total, 62 partenaires, notamment des établissements de recherche, des universités et des entreprises privées d'Europe, du Brésil, du Canada, d'Afrique du Sud et des États-Unis, ont rejoint le projet afin de coopérer à l'amélioration des systèmes d'observation actuels. AtlantOS est coordonné par le *GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research* basé à Kiel (Allemagne). Des chercheurs du monde entier coopèrent déjà au sein du Système mondial d'observation de l'océan (SMOO), qui coordonne les observations mondiales continues des océans, notamment à partir de satellites, de flotteurs profileurs dérivants et d'observatoires fixes, ainsi que de systèmes embarqués sur des navires. Cependant, beaucoup de mesures sont encore effectuées dans une perspective à court terme ou se limitent à un problème unique ; les données générées, quant à elles, ne sont pas nécessairement compatibles avec d'autres mesures et, dans certains cas, ne sont pas mises gratuitement à disposition. En outre, les données sur les zones abyssales restent rares. S'agissant des observatoires, les connaissances sur les interactions entre physique, chimie et écologie, mais aussi entre les observations de la haute mer et celles des côtes, sont encore peu nombreuses. Bien que le projet AtlantOS soit axé sur l'océan Atlantique, on espère qu'il parviendra à élaborer un modèle de pratique exemplaire d'intérêt mondial sur la façon d'amener les milieux de l'observation et les pouvoirs publics à élaborer et à soutenir des systèmes d'observation plus intégrés et plus durables, s'inscrivant dans des chaînes de valeur plus complètes, que ce soit du côté de l'offre ou de la demande.

L'un des aspects des initiatives scientifiques à long terme qu'il convient d'approfondir est la contribution possible du secteur privé. C'est un point particulièrement important dans le cas de la cartographie des fonds marins, compte tenu des quantités énormes de données collectées par le secteur du pétrole et du gaz, par exemple, ou par celui de la pêche (voir plus bas). Dans d'autres domaines, la collaboration public-privé est déjà bien développée. C'est notamment le cas dans le large domaine des ressources biologiques et génétiques, où de nombreux projets de recherche réunissant des universités, des centres de recherche et des entreprises pharmaceutiques ont été lancés. Les champs de coopération comprennent la découverte et l'analyse des matériels génétiques, la recherche préclinique et la recherche clinique ainsi que les demandes et la détention de brevets. L'étendue de ces relations a été mise en lumière lors des délibérations en cours dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique de l'Organisation des Nations Unies, qui préparent un accord international sur l'accès aux ressources biologiques et l'utilisation de celles-ci dans les zones ne relevant d'aucune juridiction nationale. On se

reportera, par exemple, aux présentations effectuées lors des ateliers intersessions sur les ressources génétiques marines par le Groupe de travail spécial officieux à composition non limitée de l'Assemblée générale des Nations Unies chargé d'étudier les questions relatives à la conservation et à l'exploitation durable de la biodiversité marine dans les zones situées au-delà des limites de la juridiction nationale[2].

Évolutions technologiques progressives dans l'économie de la mer

Au cours des deux prochaines décennies, une série de technologies génériques nous promet des améliorations de l'efficience, de la productivité et des structures de coûts de nombreuses activités maritimes – de la recherche scientifique et de l'analyse des écosystèmes au tourisme, en passant par le transport maritime, l'énergie et la pêche. Ces technologies comprennent les capteurs imageurs et physiques, les technologies satellitaires, les matériaux avancés, les TIC, l'analytique de données massives, les systèmes autonomes, la biotechnologie, la nanotechnologie et l'ingénierie sous-marine.

Matériaux avancés

Les matériaux métalliques, céramiques, polymères et composites sont de plus en plus présents dans les activités liées à la mer. Leurs avantages résident largement dans leur capacité à rendre les structures plus solides, plus résistantes et plus durables. Le pétrole et le gaz étant exploités à des profondeurs toujours plus grandes, les tensions qui s'exercent sur les éléments de liaison – systèmes d'amarrage (câbles d'ancrage, par exemple), câbles d'alimentation et ombilicaux – entre le fond marin et la surface (les flotteurs, notamment) sont bien plus grandes. L'utilisation dans les câbles de matériaux composites comme l'aramide, le polyester et le kevlar suscite beaucoup d'intérêt, y compris pour le blindage des conduites de production et d'injection de gaz. De même, des systèmes d'amarrage plus solides et plus durables deviennent nécessaires pour les turbines éoliennes (statiques et flottantes), ancrées à des profondeurs croissantes ; l'aquaculture marine, quant à elle, utilise de plus en plus souvent le polyéthylène haute densité pour les cadres des cages immergées dans des endroits exposés. S'agissant de l'énergie marémotrice, une meilleure compréhension du comportement des pales en fibre de carbone a permis d'en optimiser la conception, réduisant la nécessité de recourir à une « suringénierie » coûteuse (Anson, à paraître ; Borelli, à paraître ; Sweeney, à paraître). Dans la recherche de structures plus légères permettant de réduire les coûts, les composites – composites à matrice polymère, plastiques renforcés par des fibres de carbone – semblent de plus en plus recherchés pour remplacer l'acier dans certaines applications (Lloyd's Register, 2015).

Nanotechnologie

Technologie générique principalement liée à la science des matériaux, la nanotechnologie offre cependant un large éventail d'applications possibles. De plus en plus de matériaux sont conçus à l'échelle nanométrique et trouvent des applications dans les revêtements, dans le stockage d'énergie et dans la nanoélectronique, auxquels ils confèrent des propriétés d'autodiagnostic, d'autoréparation ou d'auto-nettoyage, par exemple. Citons notamment le traitement de surface des coques de navire pour éviter les salissures ; les nouvelles biomolécules permettant d'obtenir une récupération assistée du pétrole (RAP) ; et les biocatalyseurs utilisés dans la bioréhabilitation des sols ou des eaux souillé(e)s par du pétrole. Dans le transport maritime, de nouveaux matériaux conçus à l'échelle nanométrique offrent une protection contre la corrosion des surfaces ainsi que des propriétés d'autoréparation (Lloyd's Register, 2015). Le volume de publications, de

brevets et d'applications commerciales en relation avec la nanotechnologie a explosé au cours des dix dernières années, et le domaine semble destiné à avoir une incidence considérable sur le développement des secteurs marins/maritimes. Pour donner une indication générale, dans les années 90, le nombre annuel moyen de brevets déposés dans le domaine de la nanotechnologie était de 300. Entre 2000 et 2012, il est passé à 1 800 (OCDE, 2016).

Biotechnologie

La biotechnologie (génétique comprise) est une autre technologie générique qui a énormément évolué au cours des 30 dernières années et qui va continuer d'exercer une influence généralisée sur la plupart, sinon la totalité, des domaines de l'économie de la mer dans l'avenir. Depuis de nombreuses années, l'aquaculture commerciale dépend de la biotechnologie pour la sélection des espèces, l'élaboration de vaccins et d'aliments pour animaux, etc. La mise au point de nouvelles substances biochimiques marines utilisées dans des produits pharmaceutiques et cosmétiques, et dans l'alimentation humaine et animale repose sur les caractères génétiques. Les nouvelles avancées de la biotechnologie devraient influer de manière décisive sur l'avenir des algocarburants ainsi que sur de nouveaux secteurs maritimes tels que ceux fondés sur la biomimétique.

Ingénierie et technologie sous-marines

À mesure que de nombreux secteurs maritimes – exploitation de pétrole et de gaz en mer, énergies renouvelables d'origine marine, éolien en mer, aquaculture marine, exploitation minière des fonds marins et, peut-être, captage et stockage du carbone (CSC) – se développeront au cours des prochaines années, il est probable que des défis communs à toutes ces activités se poseront toujours plus nettement. Il s'agira notamment d'améliorer la technologie des réseaux sous-marins, de mettre au point des systèmes de transport d'énergie vers et depuis la terre, de concevoir des réseaux électriques sous-marins, d'améliorer la sécurité des pipelines et d'élaborer des systèmes d'amarrage et d'ancrage pour les structures fixes et flottantes.

Étant donné son historique d'exploitation en mer, le secteur du pétrole et du gaz a été à la pointe de l'innovation dans le milieu sous-marin. L'objectif pour l'avenir est d'installer sous la mer le plus grand nombre possible des fonctions nécessaires à la production d'hydrocarbures, le but ultime étant de pouvoir exploiter un champ pétrolifère sans flotteur, en se servant uniquement d'équipements sous-marins commandés à distance depuis la terre ou le terminal d'expédition. En outre, à plus long terme, l'ensemble de ces équipements devrait fonctionner à l'électricité, sans qu'il soit besoin d'aucune autre source d'énergie. Le défi est de taille : on estime que l'exploitation d'un champ sous-marin avec des équipements de compression et de séparation entièrement électriques installés sur le fond marin nécessiterait une puissance de l'ordre de 50 mégawatts (MW) (et même davantage si le traitement de l'eau se fait également sous la mer) (Borelli, à paraître).

Dans le domaine des énergies d'origine marine et de l'éolien en mer également, les innovations offrent d'importantes perspectives d'amélioration des profils de coûts. Les principales concernent des structures de soutien permettant d'accéder à de très grandes profondeurs et un réseau totalement intégré reposant sur un réseau de transport en courant continu haute tension (CCHT). Les structures conçues pour les eaux profondes permettent d'exploiter des sites qui offrent des vitesses moyennes de vent plus élevées et une plus grande régularité des vents. Ces deux caractéristiques accroissent la production annuelle

d'énergie, mais l'implantation en eaux très profondes n'est pas sans poser des défis bien particuliers. On nourrit de grands espoirs sur les nouvelles possibilités que pourront offrir les fondations flottantes. Point important, le Japon et les États-Unis seraient tributaires de ces fondations flottantes pour développer leur secteur national, compte tenu du volume de leurs ressources éoliennes en mer situées sur des sites où la profondeur est supérieure à 100 m. L'intégration des réseaux, y compris les interconnexions internationales, devra reposer sur des lignes CCHT étant donné l'augmentation de la distance par rapport à la côte et des quantités d'électricité transportées. De telles interconnexions présentent l'avantage d'accroître la sécurité de la fourniture d'énergie en réduisant la variabilité de l'énergie éolienne totale, et donc en équilibrant les coûts (Anson, à paraître).

Capteurs et imagerie

Les capteurs et l'imagerie tirent un bénéfice considérable de la course à la miniaturisation et à l'automatisation, de la demande croissante d'appareils de faible puissance à un coût modique pour la mesure et l'affichage graphique de l'environnement physique, et de la tendance à doter le capteur lui-même d'une « intelligence ».

Les nouveaux capteurs, techniques et plateformes intelligents mis au point aux fins d'observation marine apportent des améliorations notables en matière de sensibilité, de précision, de stabilité et de résistance aux contraintes et déformations inhérentes à l'environnement marin ; depuis les années 90, des avancées impressionnantes ont été réalisées dans la détection automatisée de caractéristiques physiques clés comme le courant, la salinité et la température. C'est sur cette base qu'ont été lancés des projets mondiaux d'observation, comme ARGO et OceanSites, qui fournissent des ensembles de données venant alimenter le Système mondial d'observation de l'océan (SMOO). La dernière décennie a vu arriver de nouveaux capteurs permettant de contrôler les concentrations de nitrate et de méthane ainsi que de micronutriments. Les efforts se portent maintenant sur les mesures biologiques et chimiques de la biodiversité marine par des dispositifs autonomes *in situ*, mais aussi, de manière plus générale, sur la réduction des besoins en énergie des capteurs et la mise au point de capteurs miniaturisés pouvant être fixés sur des planeurs et des bouées, et même sur des animaux aquatiques (European Marine Board, 2013).

Les progrès à venir dans la détection et l'imagerie ne bénéficieront pas uniquement à la communauté scientifique, mais serviront également les besoins de l'industrie et des entreprises. Des compagnies minières opérant sur les fonds marins mettent actuellement au point des techniques de télédétection qui permettent de quantifier non seulement l'étendue spatiale mais aussi la profondeur des gisements de sulfures massifs (voir la sous-section suivante). Dans le secteur du pétrole et du gaz, de nouveaux outils géophysiques sont élaborés, notamment des techniques d'imagerie subsalifère et subbasaltique améliorées, des systèmes d'imagerie sismique en 3 D (et même en 4 D) à très haute résolution et des capteurs de tête de puits plus sophistiqués. À de plus grandes profondeurs et dans des conditions climatiques plus rudes, les technologies de détection des aléas géologiques et des risques environnementaux prennent une importance accrue. Dans l'Arctique, le climat et l'environnement figureront parmi les principaux déterminants de la rapidité du développement économique de la région. L'un des grands problèmes auxquels les acteurs économiques doivent faire face dans l'Arctique, toutefois, est la disponibilité de données détaillées, fiables et de qualité sur le climat et l'environnement, qui leur permettraient de planifier leurs futurs investissements et l'exploitation des installations. Or, en raison du réchauffement de la planète et du recul de la banquise, les données historiques se révèlent une piètre référence pour prévoir des conditions

climatiques et météorologiques essentielles, comme les mouvements de la glace ou la fréquence des tempêtes. Les outils scientifiques et technologiques permettant d'améliorer la connaissance et la compréhension du climat arctique seront donc très recherchés. De nombreux experts, par exemple, considèrent que les conditions météorologiques extrêmes (notamment les tempêtes polaires) vont devenir plus fréquentes et plus intenses, et représenteront un réel danger pour le transport maritime, les activités d'exploitation du pétrole et du gaz, la pêche, etc. Il est également difficile de prévoir comment la structure de la banquise va évoluer. La glace arctique « fragile » (glace de première et de deuxième année), par exemple, semble être plus sensible aux vents forts et se déplacer plus vite et de manière moins prévisible que la glace plus ancienne, plus stable, ce qui constitue un risque potentiel pour les activités d'exploration et de forage.

La navigation commerciale devrait voir se développer les données embarquées, collectées de façon autonome grâce au déploiement d'un réseau de télécapteurs capables de communiquer et de transmettre des données en temps réel. La mise au point d'une architecture de réseau sans fil robuste pour le secteur du transport maritime nécessitera des capteurs dotés de diverses caractéristiques : auto-étalonnage, tolérance aux pannes, très faible consommation énergétique, échelle miniaturisée et possibilité d'être éliminé selon des méthodes respectueuses de l'environnement (Lloyd's Register, 2015).

Technologies satellitaires

Les diverses fonctionnalités des satellites – communication, navigation, localisation, télédétection/télémesure et suivi – font déjà partie des infrastructures vitales pour tous les domaines de l'économie de la mer, que ce soit les sciences de la mer, le suivi du milieu marin et la cartographie des fonds marins, l'identification et le suivi des navires à longue distance, la surveillance des pêches ou la communication avec les installations en mer. D'autres innovations dans les technologies satellitaires sont à l'étude et pourraient voir le jour dans les années qui viennent. On attend des améliorations, entre autres, dans l'optique, l'imagerie, la résolution des capteurs, la qualité et le volume des données transmises par les satellites, mais aussi dans la couverture satellitaire, à mesure que de nouveaux systèmes (Copernicus ou Galileo, par exemple) sont mis en orbite et que le déploiement de petits satellites, de microsatellites et de nanosatellites permet d'intensifier l'observation et le suivi de haute précision, plus adaptés à des besoins spécifiques (OCDE, 2014).

Ces types d'améliorations permettront une évolution progressive dans de nombreux domaines. Citons par exemple la possibilité : 1) de réaliser des échanges d'informations plus complets entre les systèmes (tels que ceux qui sont déployés par de nouveaux groupes d'utilisateurs dans le transport maritime ; qui sont utilisés entre systèmes embarqués et systèmes à terre pour la navigation et la prise de mesures correctives ; et qui permettent aux capitaines et aux propriétaires de navires de déléguer des tâches de supervision) ; 2) de combiner plusieurs fonctionnalités des satellites (radar, suivi des navires à l'aide d'un système d'identification automatique [AIS] et d'un système de surveillance des navires [SSN], et communication) pour établir une « situation maritime générale » ou parvenir à une « sensibilisation au domaine maritime » plus complètes ou, par exemple, pour proposer une approche intégrée de localisation et d'identification des navires qui ne signalent pas leur position ; 3) de mettre au point plusieurs bandes spectrales afin de faciliter le suivi des eaux côtières optiquement complexes, et d'améliorer la résolution des observations par des satellites en orbite polaire ; 4) de coupler les satellites avec des véhicules aériens sans pilote (UAV) et des drones pour les

applications d'observation à haute résolution, de cartographie, d'analyse du milieu et de la biodiversité, etc.

Informatisation et analytique de données massives

L'introduction de machine et de systèmes informatiques intelligents traitant l'information à l'aide de processus assimilables à ceux du cerveau humain fait progresser les techniques de traitement de données et leurs applications. Celles-ci devraient donc renforcer leurs capacités à prendre en charge l'extraordinaire accroissement du volume de données attendu dans les années qui viennent et offrir ainsi des moyens innovants et économiques de décrypter des phénomènes complexes, de mieux comprendre les relations intriquées et d'améliorer les processus décisionnels dans de nombreux domaines de l'économie de la mer.

Dans le secteur du pétrole et du gaz, par exemple, de très grands volumes de données sont collectés à tous les stades de l'exploration, de la production, du transport, du raffinage et de la distribution. La capacité de relier et d'analyser ces données est essentielle pour permettre aux compagnies d'améliorer leurs décisions d'investissement dans l'exploration et la production, de positionnement des stocks, de planification de la production, de sécurité, etc.

À titre d'illustration, les progrès dans le traitement des données et la création d'images virtuelles ont permis des avancées majeures dans le suivi et la gestion des réservoirs.

Dans le domaine de l'éolien en mer, de nouveaux outils logiciels permettent une optimisation sur plusieurs variables de la configuration des parcs. Dans celui des énergies renouvelables d'origine marine, les avancées des TIC contribuent à la mise au point de systèmes électriques en réseaux et à l'analyse des interactions entre ces réseaux, ainsi qu'à l'interconnexion sous-marine de plusieurs dispositifs en vue de réduire les coûts. Dans le secteur du tourisme maritime, la fourniture d'une connexion en pleine mer aux équipages et aux passagers s'est révélée jusqu'ici un défi technique redoutable. Mais les grandes compagnies de croisière ont commencé à investir massivement dans le haut débit à bord des navires, tirant parti des technologies satellitaires émergentes qui utilisent des orbites plus proches de la Terre que les satellites classiques, ou adoptant une approche « hybride » fondée sur les technologies d'accès multiple des réseaux satellitaires et terrestres (Murphy, 2014).

Systèmes autonomes

L'utilisation, dans le milieu marin, de véhicules autonomes sous-marins (AUV), d'engins sous-marins télécommandés (ROV), de véhicules autonomes ou semi-autonomes de surface (ASV), de drones et de stations fixes de collecte et de retransmission de données devrait se développer considérablement. En outre, du fait de l'augmentation des exigences en matière de sûreté, de sécurité et de productivité, et compte tenu des progrès accomplis dans la miniaturisation, la commande de mouvement, la reconnaissance et la détection, on s'attend à ce que les robots soient de plus en plus utilisés pour des opérations d'inspection, de réparation et de maintenance à bord des navires et à terre. Les secteurs de la construction navale et de la fabrication d'équipements maritimes devraient également s'ouvrir largement aux systèmes autonomes d'ici à 2030 – augmentation de l'automatisation ; utilisation d'algorithmes intelligents pour réaliser des conversions de 2 D en 3 D et accélérer le processus de conception ; fabrication additive (impression 3 D) pour offrir une plus grande liberté de conception et permettre la fabrication de produits

ayant une géométrie complexe, qui seraient trop coûteux à produire selon les procédés classiques (Lloyd's Register, 2015). Les ports modernes sont déjà équipés de systèmes de manutention des cargaisons partiellement ou totalement automatisés. Ainsi, sur le terminal Maasvlakte II de Rotterdam, ouvert en avril 2015, aucun humain n'est présent dans la section réservée à la manutention du fret (EIU, 2015).

Combinés à d'autres technologies, comme les systèmes satellitaires à hautes performances, les AUV, ROV et ASV laissent entrevoir des innovations plus radicales que progressives dans certains domaines. Celles-ci sont examinées à la section qui suit, avec d'autres innovations technologiques de rupture potentielles.

Innovations majeures et innovations de rupture combinant plusieurs technologies

Parallèlement aux innovations progressives évoquées plus haut, on voit se profiler plusieurs technologies émergentes et convergentes, qui pourraient amener des changements fondamentaux dans l'acquisition des connaissances et dans la pratique des activités liées à la mer. Plutôt que de présenter une liste exhaustive, cette section examinera quatre exemples d'innovations de rupture, ou du moins d'innovations majeures, en montrant comment elles influent sur de multiples secteurs maritimes. Ce sont la cartographie des fonds marins, la navigation électronique et le transport maritime intelligent, les stratégies durables de lutte contre les déversements d'hydrocarbures en mer, et la traçabilité des stocks de poissons et des produits halieutiques.

Exemple n° 1. Cartographie des fonds marins

Le manque de connaissance de la topographie, de la composition et des autres caractéristiques des fonds marins est un obstacle majeur à notre compréhension et à notre suivi des changements environnementaux liés au climat, de la dynamique des écosystèmes marins et, plus généralement, du milieu marin. Les avancées récentes dans l'altimétrie satellitaire et la gestion des données ont permis de cartographier l'ensemble des fonds marins de la planète. La résolution de ces données n'est toutefois pas très élevée (1.5 kilomètre) : elles offrent donc une vue générale du fond des mers, mais guère de détails. Néanmoins, les technologies satellitaires et les modèles de gravité offrent de puissants outils pour cartographier les structures tectoniques, notamment dans le bassin océanique profond. Sandwell et al. (2014), par exemple, ont combiné les mesures réalisées par les nouveaux radars altimétriques des satellites CryoSat-2 et Jason-1 avec des données existantes pour créer un modèle mondial de gravité des mers et des océans deux fois plus précis que les modèles précédents ; il devient ainsi possible de déterminer l'emplacement de dorsales éteintes et de milliers de monts sous-marins qui n'avaient encore jamais été portés sur les cartes.

Dans le même ordre d'idée, Dutkiewicz et al. (2015) donnent l'état d'avancement de la première carte numérique de la géologie des fonds marins. En associant la carte numérique aux grands ensembles de données océanographiques de façon à quantifier, par exemple, le lien entre le fond et la surface de la mer, on pourrait probablement obtenir au bout du compte des reconstitutions et des prévisions plus solides du changement climatique et de ses répercussions sur le milieu marin.

Augmenter nettement la résolution de ces cartes est une tout autre histoire. Jusqu'ici, seulement 5 % environ des fonds marins de la planète ont été cartographiés en haute résolution (généralement à l'aide de sonars multifaisceaux). Les cartes à haute résolution représentent pourtant un outil crucial à bien des égards : elles permettent, entre autres, de

détecter et d'observer, à des échelles plus fines et avec une plus grande précision, les ondulations et la composition des fonds marins ; d'affiner les connaissances sur des écosystèmes marins entiers ; de protéger et de suivre la vie marine ; de recenser les ressources naturelles et de réglementer l'exploration des ressources sous-marines, leur extraction et les équipements utilisés.

Les technologies acoustiques et optiques utilisées pour la cartographie à haute résolution évoluent rapidement. La technologie acoustique, par exemple, peut être utilisée à presque toutes les profondeurs, mais son efficacité augmente dans les eaux plus profondes. Généralement, les systèmes acoustiques sont installés sur des navires, de petites embarcations et même des AUV. Ils sont également très efficaces pour cartographier des zones trop chargées en sédiments pour les systèmes optiques (Battista, 2012).

La cartographie à haute résolution revêt une importance particulière dans de nombreux secteurs émergents liés à la mer qui sont examinés dans le présent rapport. L'implantation et l'ancrage des turbines éoliennes en mer, des dispositifs d'exploitation des énergies marines et des installations d'aquaculture marine, par exemple, nécessitent une connaissance précise des caractéristiques des fonds marins pour assurer la stabilité, la durabilité et un fonctionnement efficient des équipements. Dans le cas de l'exploration et de la production pétrolières et gazières en mer, de nouvelles techniques de surveillance et de gestion des réservoirs se font jour, notamment dans le domaine de l'imagerie et de l'interprétation sismiques : surveillance et gestion sismiques en 4 D des réservoirs (la quatrième dimension étant le temps), analyse des forages sur site en fonction des résultats en 4 D, installation de capteurs sur les puits pour une surveillance continue en temps réel, etc.

Dans le domaine de l'exploitation minière des grands fonds, l'une des opérations les plus coûteuses et les plus délicates est tout simplement la délimitation des ressources. Ainsi, la cartographie d'un secteur type de 75 000 km^2 en vue d'en explorer les nodules polymétalliques prendra des années, sans parler de la campagne de prospection détaillée servant à établir les conditions environnementales de référence. Le secteur correspondant à une demande d'exploitation d'amas sulfurés ne dépasse généralement pas 10 000 km^2 – une surface plus gérable. Malgré cela, un programme typique de cartographie haute résolution par AUV ne permet de couvrir que 10 km^2 environ par jour et par véhicule, ce qui porte à 1 000 jours la durée nécessaire pour prospecter le secteur dans son intégralité. La campagne de prospection exige des moyens bien plus efficients. Nautilus Minerals, par exemple, a réussi à utiliser des techniques émergentes de géoprospection à haute résolution pour délimiter les amas sulfurés des fonds marins, enregistrant un taux de réussite élevé dans la conversion de cibles d'exploration en zones prometteuses à forte teneur en sulfures massifs. Ces technologies avancées ne semblent toutefois pas être appliquées systématiquement (Hannington, à paraître).

Les AUV offrent une souplesse considérable, car ils peuvent être équipés de divers types de capteurs fonctionnant à différentes échelles de résolution, et leur adoption est considérée comme cruciale pour répondre aux besoins de géoprospection correspondant à un portefeuille de cibles d'exploration en rapide expansion.

Les technologies géophysiques marines actuelles se sont révélées efficaces pour cartographier l'étendue spatiale latérale des amas sulfurés des fonds marins, mais un peu moins pour déterminer leur profondeur. On a dû recourir à des programmes de forage menés par des ROV, solutions coûteuses, qui demandent du temps et qui ne permettent pas d'obtenir une vue complète de la profondeur d'un gisement. La technologie d'exploration sismique en 3 D devrait se révéler très utile dans l'avenir, car elle permettra

de réduire les coûts de forage et de fournir des informations géologiques et géotechniques de meilleure qualité (Stevenson, Lowe et Plunkett, 2010).

Il reste cependant à déterminer combien de temps il faudra encore attendre avant que les 95 % de fonds marins restants soient cartographiés. À titre indicatif, on peut partir d'un calcul grossier : en moyenne, un navire de recherche moderne, équipé des technologies actuelles et opérant seul, mettrait 1 042 ans à venir à bout de cette tâche. Avec 104 navires, il faudrait environ 10 ans. La gestion, le traitement et l'interprétation des données posent également des difficultés majeures quand on sait qu'en moyenne, un navire de recherche exploitant les technologies modernes de cartographie générerait probablement quelque 267 000 000 téraoctets de données (Casavant et al., 2015).

L'ampleur de la tâche à accomplir laisse entrevoir notamment une piste. Il faudra davantage de coopération à l'échelle internationale. La première campagne transatlantique de cartographie des fonds marins réalisée sous l'égide de l'Alliance de recherche de l'océan Atlantique, avec le déploiement du navire de recherche irlandais RV Celtic Explorer, offrira un premier jalon. Les travaux seront menés par une équipe internationale composée de spécialistes états-uniens, canadiens et européens de la cartographie marine, la date d'achèvement prévue étant 2020[3].

Exemple n° 2. Navigation électronique, gestion du trafic maritime et transport maritime intelligent[4]

Avec les progrès des technologies de l'information et des communications ainsi que de l'analytique de données massives, les échanges d'informations entre les principaux acteurs du secteur du transport maritime devraient se multiplier. Ces derniers devraient être en mesure d'acquérir des données et des informations adaptées à leurs besoins, ce qui renforcera considérablement l'efficacité commerciale et réglementaire et transformera le modèle économique du secteur. Lloyd's Register (2015) prévoit par exemple que :

- « Les sociétés de classification auront accès aux données aux fins de sécurité et de classification ou pour d'autres services, en fonction de la demande des clients.
- Les propriétaires des navires pourront accéder à l'ensemble des informations relatives à l'état physique des bâtiments.
- Les exploitants disposeront d'un contrôle total sur les données opérationnelles et les données de performance.
- Les propriétaires des cargaisons auront accès à l'ensemble des informations sur l'état physique du fret et sur les délais.
- Les autorités de réglementation telles que les États du pavillon pourront obtenir l'ensemble des informations relatives au respect des dispositions officielles.
- Les État du port disposeront des informations afférentes à la sécurité, à la cargaison et au personnel. »

En parallèle, la numérisation de la navigation est pleinement engagée, profitant de la convergence des applications satellitaires, des communications mobiles, des techniques de visualisation, de la télédétection et des technologies radar dans la gestion du secteur maritime. Cela a permis des avancées importantes ces dernières années dans un certain nombre de technologies à bord et à terre, lesquelles sont venues renforcer la connaissance de la situation et la prise de décision. Il s'agit notamment du Système d'identification automatique (AIS), du Système de visualisation des cartes électroniques et d'information

(ECDIS), des Systèmes de passerelle intégrés/Systèmes de navigation intégrés (IBS/INS), des aides de pointage radar automatique (ARPA), de la radionavigation, des systèmes d'identification et de suivi des navires à grande distance (LRIT), du Service de trafic maritime (STM) et du Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM). En outre, les navires sont désormais reliés au système mondial de navigation par satellite (GNSS) et disposeront bientôt de systèmes ECDIS fiables.

Des initiatives régionales se font jour, qui visent à apporter des améliorations essentielles en matière de gestion du trafic maritime. Le projet européen Mona Lisa 2.0, par exemple, a pour objectif d'améliorer la sécurité, le respect de l'environnement et l'efficience dans ce secteur. L'une des pierres angulaires de la stratégie est le dispositif Route Exchange, qui renforcera considérablement la sécurité en venant compléter les données dont les officiers de pont disposent déjà (leurs propres itinéraire, position, vitesse, etc.) par des informations sur les itinéraires des autres navires ; ces échanges permettront d'éviter des collisions et d'autres situations potentiellement dangereuses. On s'achemine également vers des centres de coordination du trafic maritime, qui seront en mesure de surveiller le trafic et de fournir aux navires des informations locales à jour, de les aider à détecter des mouvements en dehors des itinéraires prévus et de suggérer d'autres itinéraires pour éviter des conteneurs dérivants, des embouteillages et des zones écologiquement sensibles. Des initiatives similaires destinées à améliorer la connaissance de la situation maritime sont menées dans d'autres parties du monde (Australie et Corée, par exemple).

On ne pourra toutefois profiter à l'échelle mondiale des énormes avantages de ces initiatives transformationnelles que si les systèmes sont compatibles. Ce n'est pas le cas actuellement, aussi bien pour les systèmes technologiques (manque d'intégration et d'harmonisation des systèmes GNSS et ECDIS avec les autres systèmes embarqués et avec les systèmes des autres navires et des installations à terre) que pour les stratégies régionales décrites ci-dessus. Si les progrès technologiques actuels se poursuivent sans coordination adéquate, on court le risque de voir le développement futur des systèmes de navigation maritime entravé par un manque de normalisation à bord et à terre, une incompatibilité entre les navires et un niveau de complexité inutilement accru. C'est précisément là qu'entre en jeu la navigation électronique.

La navigation électronique est l'une des initiatives majeures menées par l'Organisation maritime internationale (OMI) pour harmoniser et améliorer les systèmes de navigation. On s'attend à ce qu'elle ait une incidence considérable sur la navigation maritime dans l'avenir.

La navigation électronique se définit comme suit : « la collecte, l'intégration, l'échange, la présentation et l'analyse harmonisés d'informations maritimes à bord et à terre par voie électronique visant à améliorer la navigation quai à quai et les services connexes, la sécurité et la sûreté en mer et la protection du milieu marin » (OMI NAV 53/13, 2007).

En 2014, l'OMI a approuvé le plan de mise en œuvre de la stratégie de navigation électronique (OMI, 2014), qui définit une liste de tâches associées à cinq solutions priorisées de navigation électronique sur la période 2015-19, à savoir :

- conception améliorée et harmonisée des passerelles, pour en assurer la facilité d'utilisation
- mise en place de moyens pour l'établissement de rapports standardisés et automatisés

- amélioration de la fiabilité, de la résilience et de l'intégrité des informations sur les équipements de passerelle et sur la navigation
- intégration et présentation des informations disponibles dans des affichages graphiques reçus via les équipements de communication
- meilleure communication du portefeuille de services STM (non limitée aux stations STM).

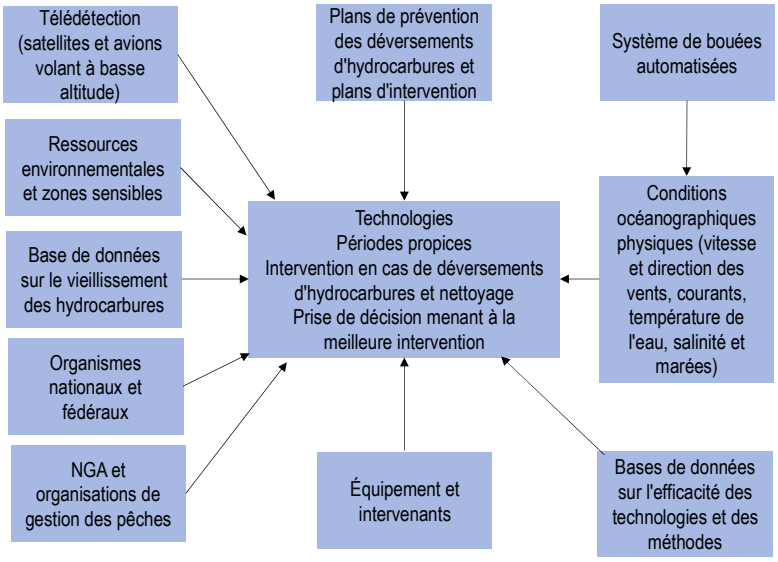
Exemple n° 3. Stratégies durables de lutte contre les déversements d'hydrocarbures[5]

La plupart des déversements d'hydrocarbures sont d'un assez faible volume (généralement moins de 7 tonnes), mais ils représentent 90 % environ des rejets d'hydrocarbures pétroliers dans l'environnement à l'échelle de la planète. Les grandes marées noires, en revanche, n'y contribuent que pour une faible part – moins de 10 %. Cependant, il s'agit en général d'événements spectaculaires, très en vue et très médiatisés, comme l'ont montré les récents accidents qui se sont produits sur des plateformes en mer en Australie (2009), aux États-Unis (2010), en République populaire de Chine (2011 ; ci-après « la Chine ») et au Brésil (2012). Elles sensibilisent aussi le public au fait que l'exploration et la production pétrolières se pratiquent dans des eaux de plus en plus profondes. Les éléments probants réunis sur le golfe du Mexique montrent une corrélation entre le nombre d'incidents et la profondeur : en moyenne, chaque fois que l'on descend de 30 m supplémentaires, la probabilité qu'un incident se produise croît de plus de 8 %. Or la profondeur à laquelle les opérations sont menées augmente ; le risque d'accidents progresse donc également, ce qui explique les efforts majeurs déployés à l'échelle mondiale pour élaborer des stratégies de réduction des déversements accidentels à un minimum et pour concevoir de nouvelles technologies de dépollution.

Il est frappant de constater l'extrême diversité des technologies proposées en nombre croissant pour résoudre le problème. De fait, les innovations technologiques à l'étude semblent témoigner en faveur de ce que certains chercheurs qualifient de « changement de paradigme » dans les travaux menés sur la question : tenter de se doter des capacités opérationnelles nécessaires avant la prochaine grande marée noire, plutôt que de chercher à mettre au point des solutions lors d'une telle catastrophe (graphique 4.1).

Le rôle des outils logiciels intelligents dans la planification des interventions d'urgence s'accroît rapidement. Le fait de disposer de systèmes d'aide à la décision efficaces permet en effet aux acteurs qui prennent en charge les situations d'urgence de limiter les dommages causés à l'environnement. Ces systèmes logiciels peuvent aussi comprendre des outils de science de la gestion et de recherche opérationnelle. Des outils mathématiques sont également utilisés pour appuyer la prise de décision dans les situations d'urgence. Bien qu'utiles, ils présentent certains inconvénients, comme des durées de calcul importantes et de faibles taux de réponse. De récentes innovations permettent cependant d'y remédier grâce à des méthodes « intelligentes », comme les réseaux neuronaux artificiels, de plus en plus utilisés dans les applications environnementales, et les outils de préparation aux situations d'urgence liées à des marées noires, qui incorporent des systèmes de modélisation mathématique intelligents – raisonnement à partir de cas, algorithmes génétiques et réseaux neuronaux artificiels.

Graphique 4.1. **Système de prise de décision dans la période propice pour la gestion des interventions consécutives à un déversement d'hydrocarbures**



Source : Adapté de Ornitz et Champ (2002).

Les données satellitaires sont fondamentales pour une intervention rapide et appropriée en cas de déversement d'hydrocarbures. Le radar à synthèse d'ouverture qui équipe les satellites est devenu un outil essentiel dans ce suivi : il présente l'avantage de couvrir une large zone, de jour comme de nuit, et de ne pas être sensible aux conditions météorologiques défavorables. Ses inconvénients, comme la difficulté à différencier les déversements d'hydrocarbures des proliférations d'algues ou les nappes de pétrole des reflets, sont de plus en plus souvent corrigés par des capteurs satellitaires visibles améliorés. On peut citer à titre d'exemples la méthode hyperspectrale AVIRIS, qui permet de mesurer l'épaisseur des nappes d'hydrocarbures (utilisée pour la première fois lors de l'incident sur la plateforme Deepwater Horizon), et les produits d'intervention rapide, comme le système expert Ocean Imaging et MODIS (un appareil photo numérique sophistiqué).

S'agissant de la dépollution, quatre grands types de technologies sont utilisés : 1) traitement chimique (dispersants, désémulsionneurs) ; 2) brûlage *in situ* ; 3) récupération mécanique (barrages, récupérateurs, séparateurs eau-pétrole, adsorbants) ; et 4) dépollution biologique. Il est généralement nécessaire de combiner les technologies de décontamination. La dépollution biologique est particulièrement intéressante dans ce cas. Les micro-organismes naturellement présents dans presque tous les écosystèmes marins présentent une énorme capacité de décomposition des hydrocarbures pétroliers. La majeure partie des dizaines de milliers de composés chimiques du pétrole brut peuvent être attaqués par ces populations bactériennes.

Les méthodes de dépollution biologique ne sont pas efficaces dans tous les cas, mais, parmi toutes celles disponibles, elles sont considérées comme les plus compatibles avec la notion de durabilité et celles qui présentent le meilleur rapport coût/efficacité. Accompagnées d'un apport d'engrais, elles peuvent accélérer la vitesse de biodégradation du pétrole dans certaines situations. En outre, à un horizon plus lointain, une série de plus en plus riche et importante de technologies du génome (génomique), de biocapteurs et

d'approches « écogénomiques » se profilent, qui pourront considérablement améliorer la bioréhabilitation des sites.

Exemple n° 4. Traçabilité des stocks de poissons et des produits halieutiques[6]

Une gouvernance bien plus efficace de nos océans et de nos mers est indiscutablement nécessaire pour préserver et reconstituer les stocks de poissons, et surtout pour lutter contre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN). La science et la technologie peuvent contribuer de façon importante et multiple à une application effective de la réglementation et à la conservation des ressources halieutiques – au moyen de l'identification et du suivi des populations naturelles de poissons et de la traçabilité du poisson frais et transformé. À cet égard, on a vu éclore ces dernières années des innovations remarquables, à même de révolutionner la gestion des stocks de poissons sauvages à une échelle géospatiale donnée et d'autoriser des avancées considérables dans la prévention de la pêche INN. Elles réunissent un ensemble de technologies allant du séquençage de l'ADN aux technologies satellitaires et aux techniques de géovisualisation web, en passant par la bioinformatique et la microchimie.

Jusqu'ici, l'un des principaux obstacles à la gestion durable des stocks halieutiques et à l'engagement de poursuites pour activité de pêche INN était les limites de la définition géographique des stocks utilisée comme indicateur de la région de provenance des poissons. En quelques années, l'accès à ce qu'on appelle le « séquençage nouvelle génération » a radicalement modifié la situation. Avec l'identification de milliers de différences génétiques sur un grand nombre de gènes, il est devenu possible d'élaborer des centaines et jusqu'à des milliers de nouveaux marqueurs génétiques. Les combinaisons uniques de ces variations génétiques permettent désormais de rattacher les poissons à des populations spécifiques issues d'un plus grand nombre de zones et avec une certitude plus grande qu'auparavant, et d'atteindre ainsi un degré de normalisation recevable devant un tribunal. En outre, la microchimie des otolithes (os pétrotympanique des poissons) permet de différencier les espèces de poissons et les populations au sein de chaque espèce : de nouvelles techniques d'analyse d'image sont utilisées pour photographier, numériser et analyser les différences subtiles de forme, ce qui permet de remonter jusqu'à la zone d'origine des poissons.

Certaines informations sur les caractéristiques génétiques sont librement accessibles par l'intermédiaire d'une interface cartographique – une plateforme de visualisation géographique – qui met en évidence les caractéristiques biologiques des espèces en relation avec leur milieu (courants océaniques, température, salinité, etc.) et les présente dans leur contexte géographique. Les données et les observations peuvent ainsi être mises à la disposition de la communauté scientifique et d'autres parties prenantes au fur et à mesure, afin d'étayer les décisions en matière de gestion et de réglementation – en particulier celles des autorités chargées du contrôle et de la mise à exécution des règles en vigueur.

Ces autorités bénéficient également des progrès des technologies satellitaires. Un nouveau système de surveillance – une « salle de contrôle virtuelle » – a ainsi été mis au point dans le cadre de l'initiative Satellite Applications Catapult du Royaume-Uni, en collaboration avec la fondation Pew, afin de recouper les informations relatives à des dizaines de milliers de bateaux de pêche opérant partout dans le monde. Les données sont fournies par le système AIS, obligatoire sur les navires de commerce (bateaux de pêche inclus) d'une jauge brute supérieure à 300, et par le système SSN. Si l'un ou l'autre des systèmes est coupé, la salle de contrôle signale que des activités potentiellement suspectes

sont en cours. Les satellites équipés d'un radar à synthèse d'ouverture peuvent détecter la position d'un navire dans toutes les conditions météorologiques. Même si un navire a coupé son système AIS ou SSN, son mode de pêche peut être enregistré et étudié plus en détail. Avec l'arrivée des nanosatellites, le système de salle de contrôle devrait encore gagner en efficacité : des nuées de petits satellites pourraient être lancées afin d'observer les activités de pêche INN, pour un coût toujours moins élevé.

Sur le plan de la traçabilité et de la conservation des stocks de poissons sauvages, le système de salle de contrôle s'annonce utile pour les supermarchés soucieux de protéger leur chaîne d'approvisionnement – et leur réputation – car il leur permettrait de ne pas vendre de produits issus de la pêche INN.

L'innovation au service d'une économie de la mer durable

Les technologies nouvelles et parfois déstabilisatrices peuvent entraîner des changements de grande ampleur, mais, bien souvent, elles ne sortent pas des schémas existants de « maintien du statu quo ». Or, comme nous l'avons vu au chapitre 3, il est peu probable que le statu quo soit la solution aux problèmes auxquels le milieu marin doit faire face. Certains signes montrent que la communauté scientifique et les milieux d'affaires sont en train d'en prendre conscience et commencent à s'intéresser à des approches innovantes pour développer l'économie de la mer. Ces approches mettent l'accent sur différents points : l'importance pour la science d'adopter une approche plus intégrée de l'étude des océans ; les avantages que présente l'exploitation des effets de synergie technologique ; la nécessité pour le monde universitaire et les entreprises de contribuer à faire naître une nouvelle culture de l'éducation et des compétences ; et le besoin de mener davantage d'analyses prospectives sur le milieu marin.

Vers une compréhension plus intégrée du milieu marin

La nécessité de multiplier les études interdisciplinaires ou transdisciplinaires pour relever les défis sociétaux complexes nés de l'interaction entre diverses tendances à court et long termes est l'un des grands thèmes des politiques scientifiques (Stirling, 2014). Sans une pression externe pour que les questions liées à la mer soient abordées de façon intégrée, les frontières entre disciplines des sciences marines et maritimes demeurent dans l'ensemble bien établies. Cela étant, cette pression commence à monter. Une étude récente résume la question ainsi :

> À mesure que le développement s'intensifie du côté mer de l'Interface terre-mer, il nous est rappelé que des écosystèmes ont déjà été exploités de manière insoutenable et continuent de l'être du côté terre de cette interface et dans les eaux peu profondes. Nous avons besoin d'un programme scientifique neuf et pluraliste pour accompagner la Grande accélération sur cette nouvelle frontière, afin d'éviter que les erreurs du passé ne se répètent. Des recherches innovantes […] sont notamment nécessaires pour éclairer les politiques et les pratiques et ouvrir la voie à des actions sociétales de nature à faire prévaloir la durabilité maritime et côtière. (Glavovic et al., 2015)

Markus, Huhn et Bischof (2015) vont dans le même sens.

Faire plus avec moins – exploiter les effets de synergie technologique entre les différents secteurs maritimes

L'idée de rassembler différentes activités liées à la mer en un même lieu est débattue depuis un certain temps déjà (Lacroix et Pioch, 2011). Cela tient aux avantages qui pourraient en être retirés : baisse des coûts du fait du partage des infrastructures, impact

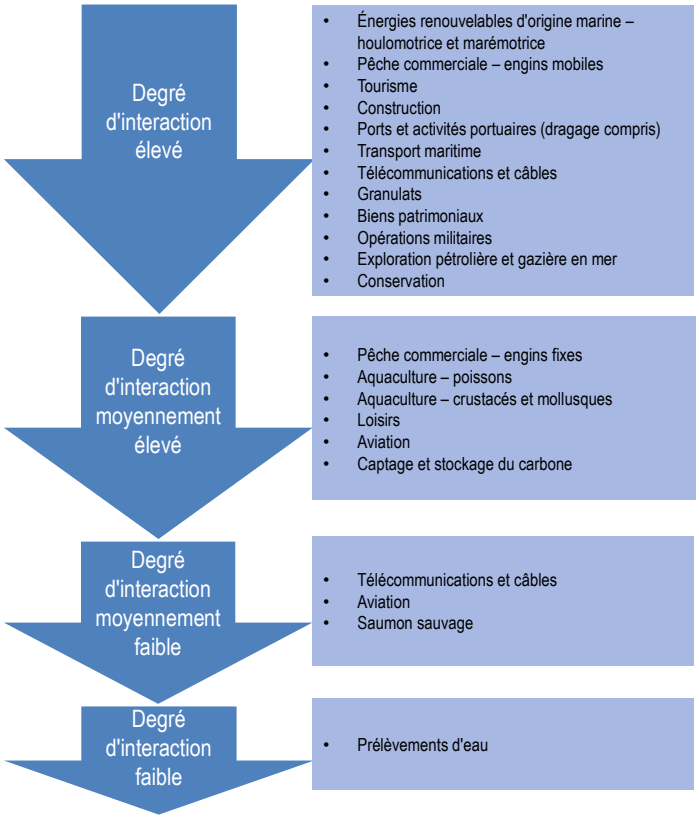
réduit sur le milieu marin et planification plus efficace de l'utilisation d'un espace maritime limité.

Effets de synergie technologique intersectoriels

Au début, tout du moins, les propositions visant à tirer parti des effets de synergie potentiels entre activités liées à la mer visaient principalement la production d'énergie – éolien en mer et exploitation de pétrole et de gaz en mer –, mais l'idée d'associer certaines formes d'aquaculture marine aux structures installées en mer a vite fait son chemin, et d'autres projets autour des loisirs et du tourisme, de la recherche marine et de la biotechnologie marine ont suivi.

Il existe un niveau étonnamment élevé d'interactions potentielles, par exemple, entre l'éolien en mer et une multitude d'autres activités liées à la mer (graphique 4.2).

Graphique 4.2. **Interactions potentielles de l'éolien en mer avec d'autres utilisateurs du milieu marin**



Source : Adapté à partir de Anson (à paraître).

Les besoins communs en matière d'infrastructures sont l'occasion pour l'éolien en mer et le secteur du pétrole et du gaz de rechercher des gains d'efficience mutuellement profitables. Ils peuvent notamment chercher à utiliser les navires et les infrastructures portuaires de manière plus productive et à acquérir des connaissances par la recherche, le développement et la démonstration (R-DD). La R-DD peut porter sur des techniques efficaces et sûres d'exploitation et de maintenance en milieu marin, sur la construction et l'ingénierie sous-marine, ainsi que sur le développement des connaissances dans des

domaines tels que la cartographie des fonds marins. En effet, les études préliminaires, y compris les conditions météorologiques et océanographiques du site et les informations bathymétriques et géotechniques détaillées sur les premières dizaines de mètres sous le fond de la mer, sont une condition préalable nécessaire à ces deux types de projets. Les méthodes et outils de construction en eaux peu profondes, notamment les structures d'appui, sont souvent complémentaires et susceptibles d'être utilisés à la fois pour l'extraction de pétrole et de gaz en mer et pour l'exploitation d'énergies renouvelables : aujourd'hui déjà, certains des équipements les plus efficients – structures d'appui, plateformes autoélévatrices, navires dotés de moyens de levage ou spécialisés dans la pose ou l'enfouissement de câbles – peuvent être utilisés dans les deux secteurs moyennant des frais de mobilisation mineurs. En revanche, les méthodes et les équipements utilisés en eaux profondes diffèrent (positionnement dynamique systématique, technologies d'intervention à distance, etc.) et les possibilités de synergie sont en général moins nombreuses (Borelli, à paraître). Il serait bénéfique pour les deux secteurs de multiplier et de renforcer les regroupements d'activités dans le domaine de l'énergie, qu'il s'agisse de bases de R-DD, d'une chaîne d'approvisionnement très concurrentielle ou de l'accès à une main-d'œuvre qualifiée. Naturellement, cette implantation dans un même lieu aboutirait inévitablement à une concurrence autour des ressources, qui pourrait diminuer certains des avantages potentiels (Anson, à paraître).

Les cas de synergie mentionnés ci-dessus s'appliquent souvent également à la mise en valeur des énergies renouvelables d'origine marine, dans laquelle il serait possible de réaliser des économies d'échelle au moyen de raccordements à un réseau partagé. L'imminence de leur développement plaiderait en faveur de certaines des conceptions les plus innovantes de réseaux interconnectés mentionnées plus haut dans ce chapitre. Cependant, comme Borelli (à paraître) le fait observer, il n'est pas toujours évident de combiner la production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables d'origine marine et l'exploitation de champs de pétrole et de gaz. L'énergie nécessaire en permanence pour exploiter un champ de 150 000 à 200 000 barils d'équivalent pétrole par jour se situe généralement dans une fourchette comprise entre 50 et 100 MW. Cela correspond globalement à la production totale d'une ferme éolienne en mer type, à ceci près que cette production est par nature irrégulière et doit être associée à une méthode de stockage pour fournir un flux d'énergie moyen stable. C'est pourquoi, il est probable que, de façon générale, on juge plus économe en ressources d'utiliser le gaz associé pour alimenter une installation de production centralisée d'énergie. Néanmoins, selon la configuration du champ et la distance par rapport à la source de production d'énergie primaire, il peut se faire qu'à proximité d'un puits isolé ou d'un gisement marginal, une production locale d'énergie soit compétitive par rapport à une liaison permanente par câble.

La réduction de la variabilité de l'approvisionnement en énergie serait un autre avantage. L'énergie houlomotrice est un phénomène principalement engendré par le vent, à un endroit et à un moment donnés. Or les niveaux d'énergie du vent et des vagues peuvent varier. Plus ambitieuse, la possibilité d'intégrer d'autres énergies renouvelables d'origine marine dans l'éolien en mer a également été envisagée. De telles conceptions « hybrides » utiliseraient la substructure ou fondation de la turbine éolienne. Ces coûts partagés représenteraient une économie importante, étant donné l'importance de cette substructure dans un projet en mer. Ce mode de production combiné aurait aussi l'avantage de réduire l'impact sur l'environnement par rapport à deux solutions séparées (Anson, à paraître). Quoi qu'il en soit, il est de plus en plus évident que le développement futur des secteurs de l'énergie houlomotrice et de l'énergie marémotrice sera lié à celui

d'autres secteurs, comme l'éolien en mer, le pétrole et le gaz, et l'hydro-électricité. Les possibilités liées à la co-implantation de technologies (énergie houlomotrice, énergie marémotrice et éolien en mer, par exemple) et à l'utilisation de plateformes communes sont considérables. L'apprentissage mutuel, le partage des infrastructures et les innovations résultant d'une chaîne d'approvisionnement commune seront utiles pour l'expansion future du secteur des énergies d'origine marine, mais aussi des secteurs connexes. Les recherches menées par le Centre commun de recherche (CCR) du consortium SI Ocean indiquent que le degré de synergie entre l'éolien en mer et les énergies houlomotrice et marémotrice pourrait représenter jusqu'à 40 % des composantes et des projets. Les initiatives de coopération entre secteurs peuvent également ouvrir la voie à une coopération accrue entre les filières et à un partage des connaissances avec d'autres secteurs maritimes (Sweeney, à paraître).

En ce qui concerne les énergies renouvelables et l'aquaculture, l'exploitation conjointe de parcs éoliens et de fermes aquacoles en haute mer est actuellement à l'étude (Wever, Krause et Buck, 2015). Les infrastructures et les conditions environnementales spécifiques des parcs éoliens en mer détermineront le type d'aquaculture envisageable. On ne dispose actuellement que de peu d'informations sur la faisabilité d'une co-implantation piscicole et éolienne en mer. Cependant, il a été démontré qu'en théorie, l'élevage d'espèces aquacoles telles que les moules sur des infrastructures d'éoliennes était biologiquement et économiquement réalisable, à condition de prendre les mesures de gestion appropriées (Michler-Cieluch et Krause, 2008 ; Buck et Krause, 2012). Une autre possibilité est la culture d'algues marines, la biomasse récoltée servant ensuite à produire des aliments pour poissons et autres animaux d'élevage, des agrocarburants et de l'énergie. Les zones d'implantation de parcs éoliens en mer étant souvent fermées au transport maritime et à la pêche commerciale (par une loi ou à l'aide d'autres mesures), les conditions pourraient être favorables à l'aquaculture ; le parc éolien pourrait également être transformé en une sorte de zone de conservation marine. Les poissons seraient probablement attirés par les champs d'algue, qu'ils utiliseraient comme abri ou comme zone de reproduction. En outre, les algues pourraient fournir des nutriments et de l'énergie (Ecofys, 2012 ; Fredheim et Reve, à paraître). Par ailleurs, les parcs éoliens fourniraient les supports nécessaires aux installations d'aquaculture et les ouvriers aquacoles – dûment formés – pourraient en retour assurer certaines opérations d'entretien des éoliennes (Allard, 2009).

Côté inconvénients, il faut savoir que la conception des bases d'éolienne est un exercice délicat qui doit concilier résistance aux forces spécifiques du milieu marin et maîtrise des coûts. Il pourrait donc être problématique d'ajouter des connexions physiques entre les installations. De plus, les parcs éoliens sont souvent implantés loin des côtes, et les longues distances de transport pourraient poser des problèmes économiques aux exploitations aquacoles.

En dépit de ces obstacles potentiels, les avantages que pourrait apporter la co-implantation de turbines éoliennes et d'installations aquacoles sont substantiels, surtout si l'objectif de polyvalence est pris en compte dès le début des opérations de conception, de développement et de construction. Les habitats artificiels qui doivent permettre d'assurer des fonctions écologiques telles que la protection, la reproduction, la ponte et l'alimentation pourraient être conçus comme une partie intégrante de l'infrastructure et de ses environs ; ils offriraient une plus grande diversité le long de la structure, depuis la surface (lieu le plus approprié pour les poissons au stade postlarvaire et les juvéniles) jusqu'au fond de la mer (pour les spécimens adultes) et stimuleraient le développement de la biodiversité et de la biomasse dans l'ensemble de la zone occupée par le parc éolien (Lacroix et Pioch, 2011).

Naturellement, en pratique, toute forme de co-implantation sera tributaire de la mise en place d'un cadre réglementaire efficace définissant officiellement les responsabilités en matière de planification et de prise de décision, ainsi que d'une mise à l'essai des équipements existants sur les sites en mer, d'améliorations technologiques et d'une prise en compte précise des questions pratiques, des questions liées à la santé, à la sécurité et à la responsabilité, et des aspects économiques, opérationnels, juridiques et commerciaux (DEFRA, 2015). En outre, il faudra convaincre les promoteurs des projets que les avantages potentiels sont supérieurs aux risques (Fredheim et Reve, à paraître).

Pour ce qui est de la synergie possible entre projets d'exploitation pétrolière et gazière, et extraction minière en eaux profondes, le tableau est mitigé. En premier lieu, il faut examiner les aspects relatifs à l'architecture, à l'ingénierie et à la prospection. Dans le cas de l'extraction minière en eaux profondes, les réserves à exploiter sont situées sur les fonds marins ou à une faible profondeur sous ces derniers, tandis qu'avec le pétrole et le gaz, les réserves se trouvent souvent à plusieurs milliers de mètres sous le fond de la mer, ce qui implique de construire de grandes installations souterraines (puits et services connexes). Ces deux types de projets peuvent donc avoir des architectures très différentes. Ils présentent toutefois de grandes similitudes dans les méthodes d'ingénierie employées et les travaux de prospection à réaliser. Dans ces deux activités, les études préliminaires sont essentielles, notamment celles qui permettent de réunir les données météo-océanographiques, les conditions de mer en surface et le long de la colonne d'eau, ainsi que les données bathymétriques et géotechniques détaillées relatives aux premières dizaines de mètres sous le fond de la mer. Les deux types d'extraction ont également en commun les principes de base de division des installations entre le système de production sous-marin, les conduites (y compris la conduite de production, les câbles et les ombilicaux) et les flotteurs (sur lesquels se trouvent les systèmes de production, le quartier de vie et le terminal d'expédition). En second lieu, il faut considérer les méthodes et les équipements de construction. Dans ce domaine, la synergie potentielle tient à la nécessité de disposer de navires dotés d'un système de positionnement dynamique et d'équipements de construction, de levage et de manutention, et de recourir à des technologies d'intervention à distance, notamment pour l'inspection, les mesures de précision et la télémesure (Borelli, à paraître).

Des effets de synergie peuvent également exister avec le tourisme maritime. Une étude menée dans la région Sud de la Baltique sur les retombées à terre des fermes éoliennes en mer (Stiftung Offshore-Windenergie, 2013) a permis de constater que ce secteur pouvait avoir des effets favorables sur le tourisme. La fascination pour la technologie de l'éolien en mer, ses caractéristiques et sa contribution à la protection de l'environnement étaient les principaux facteurs qui déterminaient cet intérêt de la part des touristes. En outre, la région profite de la valeur générée par l'éolien en mer. Ces éléments peuvent augmenter l'attrait général d'une région et créer une niche dans le secteur concurrentiel du tourisme (Anson, à paraître).

Enfin, les observatoires câblés sous-marins, qui combinent réseaux de câbles et fonctions de surveillance et de détection (ensembles de capteurs, y compris de biocapteurs), pourraient considérablement améliorer, à l'échelle locale et à l'échelle des océans, les activités d'observation en eaux profondes, la cartographie des fonds marins et d'autres activités similaires. Les possibilités de synergie avec les secteurs des câbles de télécommunications et électriques pourraient être très importantes. En effet, plusieurs observatoires de ce type sont déjà opérationnels sur les fonds marins, notamment au Japon (DONET et DONET 2) et au Canada (NEPTUNE). Aux États-Unis, l'initiative OOI (*Ocean Observatories Initiative*) de la Fondation nationale pour la science (NSF,

National Science Foundation) prévoit un réseau composé d'observatoires installés sur les fonds marins et équipés de capteurs et de systèmes d'imagerie très sophistiqués, mais aussi de systèmes d'amarrage et de robots et planeurs sous-marins instrumentés, le tout interconnecté à l'aide de câbles en fibre optique et réparti dans les hémisphères nord et sud des océans Atlantique et Pacifique. Ce réseau d'observation sera le premier à diffuser, en temps réel et en continu, des données et des images sur le fond de la mer et la colonne d'eau (OOI, 2015).

Des réseaux de pôles d'activité maritime pour innover

Ces vingt dernières années, on a vu apparaître des pôles d'activité maritime au niveau national, mais également au niveau régional (en Europe notamment). En plus de représenter les intérêts de leurs divers secteurs membres, nombre de ces pôles servent aussi d'agents de transfert intersectoriel de technologie, et de catalyseurs des effets de synergie dans l'innovation, en particulier parmi les petites et moyennes entreprises (PME). Cependant, de nombreux pôles ne couvrent qu'une petite partie des sous-secteurs maritimes ; quelques-uns sont publics, d'autres privés ou mixtes ; certains pôles interagissent peu avec d'autres secteurs et ne peuvent pas assumer les tâches de coordination et d'échange intersectoriels ; d'autres encore n'ont aucun mandat pour mener des initiatives d'innovation scientifique et technologique plurisectorielles. Enfin, nombre de pays et de régions du monde ne possèdent aucun pôle d'activité maritime actif. Si les conditions nécessaires sont réunies, les politiques publiques peuvent aider à créer, renforcer, soutenir et développer ce type d'instruments, mais il n'existe pas de stratégie universelle, et les cas de figure dépendent en grande partie des circonstances locales et nationales. Cependant, les possibilités qu'offrent ces structures de promouvoir l'innovation et les échanges technologiques dans le domaine maritime peuvent être considérables.

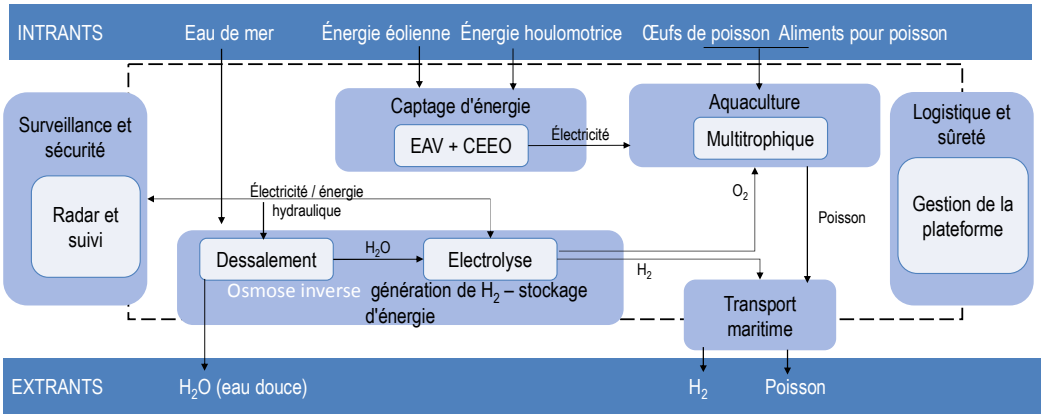
Plateformes polyvalentes

Une version plus évoluée et plus complexe de la co-implantation de différentes activités en mer suscite un intérêt considérable dans le domaine du génie océanique et de la gestion de l'espace maritime : il s'agit du concept de plateformes polyvalentes ou de plateformes communes. L'idée maîtresse est une intégration des systèmes, qui va plus loin dans la mise à profit des effets de synergie qu'offre le déploiement sur un même site de différentes technologies liées à la mer – énergies renouvelables (éolienne, houlomotrice, etc.), aquaculture marine, transport et logistique maritimes, recherche marine, biotechnologie – (voir, par exemple, Karmakar et Guedes Soares, 2015).

Des études sont en cours pour déterminer les perspectives de croissance économique durable et d'utilisation pérenne des océans que pourrait offrir l'association de différents secteurs, et de différentes technologies et fonctions sur une même plateforme. L'Union européenne, entre autres, a lancé plusieurs projets de plateformes maritimes polyvalentes. Citons par exemple les projets TROPOS, H2OCEAN, MERMAID, ORECCA et MARINA (voir l'annexe 4.A1).

Le graphique 4.3 présente la mise en œuvre de la plateforme H2OCEAN, et donne un premier aperçu de la complexité des concepts sur lesquels reposent ces plateformes intégrées.

Graphique 4.3. **Processus de la plateforme polyvalente H2OCEAN**



Source : Koundouri (2014).

Des plateformes multifonctionnelles devront également être mises au point pour un certain nombre d'activités sous-marines. L'exploitation minière des fonds marins, par exemple, implique de recueillir et de mesurer de multiples paramètres durant la phase préliminaire. Il faudra donc développer un système composé de plusieurs plateformes (fixes et mobiles) équipées des divers capteurs et appareils d'imagerie nécessaires à une gestion et un suivi adaptatifs, complétés de capteurs polyvalents offrant des capacités d'analyse (*in situ*) et d'échantillonnage d'un certain nombre d'éléments. L'IFREMER, par exemple, met au point et teste des instruments de ce type avec ses partenaires du secteur. L'organisme japonais JAMSTEC cartographie les panaches qui apparaissent naturellement au-dessus des « fumeurs », en se servant pour cela de capteurs géologiques (mesures acoustiques, mesure de la turbidité, électrométrie), et étudie les sites d'encroûtements de ferromanganèse à l'aide de données bathymétriques, d'informations sur la direction et la vitesse des courants de marée, de vidéos, etc. Dans l'avenir, cependant, la somme de travaux interdisciplinaires intégrés à mener sera beaucoup plus importante (EcoDeep-SIP, 2015).

Centres d'excellence, incubateurs scientifiques et technologiques, et laboratoires de technologie marine

Si l'on se place dans une perspective plus lointaine, on constate l'émergence récente, un peu partout dans le monde, de nombreuses initiatives (encore en phase de planification pour beaucoup) ayant pour objectif de créer des centres d'excellence particuliers, qui visent à exploiter les possibilités de synergie des innovations technologiques entre branches d'activité tournées vers la mer, et même au-delà, souvent en liaison avec des pôles d'activité maritime. On peut citer les initiatives suivantes : *S.E.A. Lab Innovation Centre* (Méditerranée), *Blue Tech Incubator de San Diego* (États-Unis), *Ocean Space Centre* (Norvège) et Alliance de recherche de l'océan Atlantique (Canada). Nombre d'entre elles sont des partenariats public-privé, ce qui permet aux pouvoirs publics de varier les formes de soutien de l'innovation dans le secteur maritime.

Le *S.E.A. Lab Innovation Centre*, par exemple, est une plateforme d'innovation collaborative – en cours de développement – conçue pour renforcer les effets de synergie par l'intégration d'éléments technologiques innovants issus de projets de R-D menés dans les pôles de compétitivité français et de produits innovants mis au point par les entreprises. Le centre norvégien *Ocean Space Centre* ambitionne de devenir un centre de

connaissances pour la technologie marine de demain. Il sera la plaque tournante des initiatives nationales en matière de développement de technologies et d'infrastructures pour l'espace maritime et permettra des contacts et des mises en réseau à grande échelle avec des établissements de recherche nationaux et internationaux et les entreprises participantes.

Une nouvelle culture de la formation et de l'éducation

Si l'avenir de l'économie de la mer doit reposer sur les compétences et les connaissances, il faut s'attacher activement à relier le monde universitaire et le monde des entreprises. En Europe, ce lien a été établi dans le rapport de la Commission européenne (2014) intitulé « L'innovation dans l'économie bleue », qui souligne les possibilités de création d'emplois et de croissance offertes par les secteurs tournés vers la mer. On sait que la majorité des diplômés en sciences et technologies de la mer quitteront le monde universitaire pour entrer sur le marché de l'emploi général. La formation postuniversitaire de ces diplômés doit aussi associer le milieu universitaire, les entreprises et les autres parties prenantes, et favoriser des parcours professionnels attrayants entre les différents secteurs existants ou émergents de l'économie bleue. Lors de l'annonce d'une future publication intitulée *Future Science Brief on Marine Graduate Training*, le European Marine Board (2016) a indiqué que pour combler le fossé culturel entre les disciplines et les secteurs maritimes et pour constituer une main-d'œuvre pluridisciplinaire et adaptable, capable de traiter les questions globales liées à la mer, la formation des diplômés en sciences et technologies de la mer devait :

- définir et fournir les connaissances nécessaires aux diplômés qui entrent sur le marché du travail
- encourager l'internationalisation
- favoriser des partenariats actifs entre le monde universitaire, les responsables de l'action publique et les secteurs concernés
- promouvoir la formation permanente des diplômés en sciences et technologies de la mer
- privilégier les engagements de financement à long terme de ces formations
- améliorer le recrutement et renforcer l'image de marque
- renforcer l'attractivité des carrières universitaires.

Évaluations prospectives de l'économie de la mer

Les études scientifiques et les analyses de marché portant sur la mer et l'économie de la mer foisonnent, mais il existe peu de lieux d'échange – s'il en existe – permettant d'analyser l'évolution actuelle des affaires maritimes et ses effets potentiels sur l'avenir, ou de débattre des différentes visions normatives de l'avenir de l'économie de la mer. Étant donné la nature fragmentée de la gouvernance de la mer (voir le chapitre 9), si l'objectif poursuivi est d'aboutir à une économie mondiale de la mer gérée de manière durable, alors un lieu d'échange où l'on s'intéresserait à la prospective pourrait avoir un rôle utile à jouer dans l'avenir.

Une démarche prospective vise souvent explicitement à établir des réseaux d'agents bien informés, capables d'apporter une contribution de meilleure qualité lors de l'élaboration des politiques ou pour relever d'autres défis. Comme l'indique Hanus (2012), une telle

approche comprend cinq éléments essentiels : une collecte systématique de renseignements permettant d'anticiper l'avenir ; un processus participatif, interactif et itératif ; la création de réseaux d'agents bien informés ; l'élaboration de visions communes de l'avenir ; et la détermination des implications des décisions et mesures actuelles.

Globalement, il reste clairement un fossé à combler entre, d'une part, la coopération stratégique effective entre les communautés de l'enseignement, de la recherche, des technologies et des entreprises, et, de l'autre, les attentes formulées par la *Global Oceans Commission*, par exemple. Réunir ces communautés dans le cadre d'un forum de prospective à long terme pourrait être un moyen innovant d'évaluer les chaînes de valeur de l'économie de la mer et d'en débattre – l'objectif étant de définir celles qui sont les plus susceptibles de générer de la croissance et des emplois –, et d'établir où précisément se situe le potentiel d'activité économique dans un contexte mondial. Dans leur rapport de 2014 intitulé « Global value chains », l'OCDE, l'Organisation mondiale du commerce et la Banque mondiale ont montré que les chaînes de valeur couvrant l'ensemble du sujet, de l'éducation à la commercialisation, étaient de puissants moteurs de croissance et de productivité et aidaient à la création d'emplois (OCDE, OMC et Groupe de la Banque mondiale, 2014).

Il reste toutefois beaucoup à faire dans les secteurs maritimes. Dans le domaine de l'observation et des données marines, par exemple, on trouve des plans scientifiques de grande envergure, des entreprises qui mettent au point des applications commerciales et des évaluations réalisées par le secteur public sur la nécessité d'une meilleure compréhension de la dynamique des océans, des valeurs écosystémiques et des effets du changement climatique et des activités humaines. En revanche, il n'existe aucune analyse stratégique qui détermine vers quoi il faudrait orienter les investissements publics et privés pour qu'ils répondent au mieux à ces différents besoins, et qui puisse ouvrir la voie à de toutes nouvelles possibilités. De la même façon, s'agissant de la région arctique (qui est à la fois vulnérable sur le plan environnemental et intéressante sur le plan commercial), on dispose de données et de chiffres pour certains secteurs commerciaux – croissance des transports, impacts environnementaux possibles (particules de suie, par exemple), réserves de pétrole et de gaz –, mais pas d'une analyse intégrée des nouvelles compétences, des services scientifiques et éducatifs ou des applications technologiques qui pourraient découler de financements publics dans la région. On constate une absence similaire d'analyse coût-avantages stratégique dans les domaines qui utilisent la biodiversité et la biotechnologie marines dans de nouveaux produits et applications.

Un forum de prospective à long terme sur les affaires maritimes pourrait remplir un certain nombre de missions concrètes, telles que :

- déterminer les activités économiques liées à la mer qui offrent d'importantes possibilités sur le plan du commerce et de la création d'emplois, ainsi que les chaînes de valeur régionales correspondantes, de la recherche fondamentale et de l'enseignement jusqu'au marché
- évaluer le potentiel des chaînes de valeur en matière de nouvelles avancées scientifiques, de nouvelles compétences, de nouvelles réussites commerciales et d'emploi
- évaluer les défis et possibilités liés à de nouveaux investissements dans ces domaines au vu du contexte mondial
- examiner les contributions possibles des sciences et technologies de la mer à la gouvernance de celle-ci.

Conclusions

Les tendances décrites dans le présent chapitre brossent le tableau d'une économie de la mer aux prises avec une évolution scientifique et technologique remarquable. Des innovations émergent à un rythme soutenu dans tous les domaines couverts par le présent document, et leurs retombées et interactions donnent naissance à d'autres innovations encore. Face à des secteurs entiers qui se transforment et se mondialisent encore un peu plus et à l'évolution des modes d'utilisation des mers et d'extraction des ressources, on en appelle à la réglementation – en particulier au niveau international – pour apporter des réponses susceptibles de donner un cadre durable à ce développement si rapide et de faire évoluer ce cadre, tout en protégeant les écosystèmes marins et le bien-être humain. Mais la réglementation pourra-t-elle tenir le rythme dans les années qui s'annoncent ? C'est la question à laquelle nous allons essayer de répondre dans le prochain chapitre.

Notes

1. Des dispositifs de plus en plus sophistiqués de détection du poisson, par exemple, ou une cartographie et une analyse des fonds marins beaucoup plus précises pour l'exploitation minière.
2. Consultable en ligne à l'adresse suivante : www.un.org/depts/los/biodiversityworkinggroup/documents/BBNJ_Worshops.pdf.
3. Pour en savoir plus, voir : www.thefishsite.com/fishnews/25497/transatlantic-ocean-floor-to-be-mapped-in-international-effort/#sthash.lzJRxVeM.dpuf.
4. Cette étude de cas est tirée de : www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/eNavigation.aspx.
5. Cette étude de cas est tirée de Ivshina et al. (2015).
6. Cette étude de cas est tirée de Carvalho, MacAoidh et Martinsohn (2011) et de *The Economist* (2015).

Annexe 4.A1.
Projets de plateforme polyvalente de l'UE[1]

Le projet TROPOS vise à :

- étudier les relations qui unissent un large éventail de secteurs (notamment l'énergie, l'aquaculture et le transport maritime y associé) et leur intégration dans la plateforme
- étudier les rapports entre les activités liées à la mer, notamment l'exploitation de l'énergie éolienne, l'aquaculture, les solutions de transport maritime et d'autres services
- déterminer les emplacements optimaux pour des plateformes polyvalentes en Méditerranée et sous les latitudes subtropicales et tropicales
- élaborer de nouveaux modèles de plateformes polyvalentes flottantes et modulaires, d'un bon rapport coût-efficacité et permettant d'associer de manière optimale les divers services et activités
- définir le cahier des charges logistique de la nouvelle plateforme polyvalente
- évaluer la faisabilité et la viabilité économiques de la plateforme
- élaborer une méthode d'évaluation détaillée de l'incidence sur l'environnement et mener cette évaluation
- configurer au moins trois solutions complètes, pour les zones méditerranéenne, subtropicale et tropicale.

Le projet H2OCEAN a pour objectif de :

- Mettre au point une plateforme de haute mer polyvalente, durable sur les plans économique et environnemental, et permettant d'exploiter les énergies éolienne et houlomotrice. Une partie de l'électricité générée sera utilisée pour diverses applications sur site, notamment la conversion en hydrogène, qui peut être stocké et transporté à terre, et l'exploitation d'une ferme aquacole multitrophique. Lancé en janvier 2012 pour une durée de deux ans, le projet H2OCEAN fait intervenir des partenaires industriels et universitaires de cinq pays.

Le projet MERMAID vise à :

- Élaborer des concepts innovants de plateformes maritimes répondant à différentes conditions physiques (des eaux profondes aux hauts-fonds et aux eaux du plateau continental) afin de faire le meilleur usage possible de l'espace maritime. Lancé

1. Cette annexe repose sur les informations figurant à l'adresse www.troposplatform.eu/tropos-european-collaborative-project/Other-Platforms.

en janvier 2012 pour une durée de trois ans, le projet MERMAID réunit 28 partenaires de 13 pays.

Le sigle ORECCA signifie :

- *Offshore Renewable Energy Conversion – Co-ordination Action*. Ce projet est destiné à créer un cadre de partage de connaissances et à élaborer une feuille de route pour mener des activités de recherche dans les énergies renouvelables d'origine marine, un domaine d'intérêt relativement nouveau et mobilisateur. Le projet vise en particulier à stimuler la collaboration dans les activités de recherche menées pour mettre au point des plateformes de conversion d'énergies renouvelables (énergies éolienne et houlomotrice et autres ressources énergétiques de la mer) qui soient innovantes, d'un bon rapport coût-efficacité et respectueuses de l'environnement, permettant une utilisation combinée de différentes énergies et des utilisations complémentaires, telles que l'aquaculture (biomasse et poissons) et le suivi du milieu marin (mammifères marins, poissons et oiseaux).

Le projet MARINA vise à :

- Définir un ensemble de critères équitables et transparents pour l'évaluation des plateformes polyvalentes destinées à l'exploitation d'énergies renouvelables d'origine marine. Ces critères permettront de mettre au point une série de nouveaux outils de conception et d'optimisation à l'échelle du système – couvrant, entre autres, la conception de nouvelles plateformes, l'ingénierie des composants, l'évaluation des risques, l'aménagement de l'espace, les concepts de raccordement au réseau spécifiques des plateformes –, tous axés sur l'intégration des systèmes et la réduction des coûts. Les projets de plateformes polyvalentes destinées à l'exploitation d'énergies renouvelables seront menés jusqu'au stade de la conception technique préliminaire, ce qui comprendra les estimations de production d'énergie, la taille et le poids des équipements, les dimensions de la plateforme, les caractéristiques techniques des composants et d'autres facteurs utiles. On pourra ainsi porter les nouveaux modèles de plateformes polyvalentes destinées à l'exploitation d'énergies renouvelables d'origine marine (validées à l'aide d'une modélisation avancée et d'essais à échelle réduite au bassin des carènes) à un nouveau stade de développement : celui de l'élaboration de plateformes à l'échelle pilote en vue d'essais en mer.

Références

Allard, J. (2009), « Symbiotic relationship: Aquaculture and wind energy ? », *Ecological Aquaculture Studies and Reviews*, University of Rhode Island, Kingston, Rhode Island, disponible à l'adresse : http://ecologicalaquaculture.org/Allard(2009).pdf.

Anson, S. (à paraître), « Prospects for offshore wind to 2030 », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Battista, T. (2012), « Technology: Using mapping technology to improve our understanding of the ocean floor », NOAA Ocean Science Blog, 1 avril, https://noaaoceanscience.wordpress.com/2012/04/01/technology-using-mapping-technology-to-improve-our-understanding-of-the-ocean-floor.

Bojanowski, A. (2015), « Forscher entdecken Lebewesen 2500 Meter tief im Meeresgrund », *Spiegel Online*, 23 juillet, www.spiegel.de/wissenschaft/natur/lebewesen-in-2-5-kilometer-tiefe-entdeckt-a-1045022.html.

Borelli, A. (à paraître), « Offshore oil and gas: The new frontiers », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Buck, B.H. et G. Krause (2012), « Short expertise on the potential combination of aquaculture with marine-based renewable energy systems », dans : *Welt im Wandel: Menschheitserbe Meer, Expertise für das WBGU-Hauptgutachten « Welt im Wandel: Menschheitserbe Meer »*, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), Berlin, www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/hg2013/Expertise_Buck.pdf.

Carvalho, G., E. MacAoidh et J. Martinsohn (dir. pub.) (2011), « Traceability of fish populations and fish products: Advances and contribution to sustainable fisheries », Consortium FishPopTrace, disponible à l'adresse : https://fishpoptrace.jrc.ec.europa.eu/c/document_library/get_file?uuid=c21ccbef-029f-43da-b1cd-ade11e743301&groupId=10226.

Casavant, A. et al. (2015), « The other 95 percent: A campaign to map the world's oceans », *Okeanos Explorer*, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2 juin, http://oceanexplorer.noaa.gov/okeanos/explorations/ex1503/logs/jun2/jun2.html.

Commission européenne (2014), « L'innovation dans l'économie bleue : Réaliser le potentiel de création d'emplois et de croissance de nos mers et océans », COM(2014)254 final/2, Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions, Bruxelles, https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/FR/1-2014-254-FR-F2-1.Pdf.

DEFRA (2015), « United Kingdom multiannual national plan for the development of sustainable aquaculture », Department for Environment, Food and Rural Affairs, octobre.

Dutkiewicz, R. et al. (2015), « Census of seafloor sediments in the world's ocean », *Geology*, vol. 43, n° 9, pp. 795-798, http://dx.doi.org/10.1130/G36883.1.

EcoDeep-SIP (2015), « The crafting of seabed mining ecosystem-based management: Assessing deep sea ecosystems in the Pacific Ocean », rapport final, EcoDeep-SIP Workshop, 29 juin-1er juillet, Tokyo.

Ecofys (2012), « Ecofys launches test module for seaweed cultivation in offshore wind farms », communiqué de presse, 5 mars, www.ecofys.com/en/press/ecofys-launches-trial-module-for-seaweed-cultivation-in-offshore-wind-farm.

EIU (2015), « A turning point: The potential role of ICT innovations in ports and logistics », report for DP World prepared by The Economist Intelligence Unit, http://web.dpworld.com/wp-content/uploads/2015/11/ICT-innovations-DP-World_Eng.pdf.

European Marine Board (2016), « Marine graduate training: Training the 21st century ocean scientists », www.marineboard.eu/marine-graduate-training.

European Marine Board (2013), « Navigating the future IV », *document de position n° 20*, European Marine Board, Ostende, Belgique.

Fredheim, A. et T. Reve (à paraître), « Future prospects of marine aquaculture », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Glavovic, B.C. et al. (2015), « Living on the margin in the Anthropocene: Engagement arenas for sustainability research and action at the ocean-land interface », *Current Opinion in Environmental* Sustainability, vol. 14, juin, pp. 232-238, http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2015.06.003.

GOC (2014), « From decline to recovery: A rescue package for the global ocean », Global Ocean Commission, Oxford, Royaume-Uni, www.globaloceancommission.org/wp-content/uploads/GOC_Report_20_6.FINAL_.spreads.pdf.

Hannington, M. (à paraître), « Prospects and challenges of deep-sea mining », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Hanus, J. (2012), « Preliminary definitional report and review of existing foresight processes relevant to JPI Oceans », JPI Oceans, Bruxelles.

Ivshina, I.B. et al. (2015), « Oil spill problems and sustainable response strategies through new technologies », *The Royal Society of Chemistry. Environmental Science, Processes and Impacts*, vol. 17, pp. 1 201-1 219.

Karmakar, D. et C. Guedes Soares (2015), « Review of the present concepts of multi-use offshore platforms », dans : Guedes Soares, C. (dir. pub.), *Renewable Energies Offshore*, CRC Press.

Koundouri, P. (2014), « The ocean of tomorrow », présentation, www.aueb.gr/users/koundouri/resees/uploads/Athens%20presentation.pdf.

Lacroix, D. et S. Pioch (2011), « The multi-use in wind farm projects: More conflicts or a win-win opportunity? », *Aquatic Living Resources*, vol. 24, pp. 129-135.

Lloyd's Register (2015), *Global Marine Technology Trends 2030*, Lloyd's Register.

Markus, T., K. Huhn et K. Bischof (2015), « The quest for sea-floor integrity », *Nature Geoscience*, vol. 8, mars, pp. 163-164.

Michler-Cieluch, T. et G. Krause (2008), « Perceived concerns and possible management strategies for governing "wind farm-mariculture integration" », *Marine Policy*, vol. 32, n° 6, pp. 1 013-1 022, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2008.02.008.

Murphy, C. (2014), « Broadband demand hits the high seas », *Information Week*, 21 novembre, www.informationweek.com/strategic-cio/digital-business/broadband-demand-hits-the-high-seas/a/d-id/1317631.

OCDE (2016), *Brevets par technologies,* base de données, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PATS_IPC.

OCDE (2014), *The Space Economy at a Glance 2014*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264217294-en.

OCDE, OMC et Groupe de la Banque mondiale (2014), « Global value chains: Challenges, opportunities, and implications for policy », report prepared for submission to the G20 Trade Ministers Meeting Sydney, Australie, 19 juillet, www.oecd.org/tad/gvc_report_g20_july_2014.pdf .

OMI NAV 53/13 (2007), « Development of an e-navigation strategy », Sous comité de la navigation, Organisation maritime internationale.

OOI (2015), « Ocean Observatory Initiative », http://oceanobservatories.org/about.

Ornitz, B.E. et M.A. Champ (2002), « The technology windows-of-opportunity oil spill response strategy », in : Ornitz, B.E. et M.A. Champ, *Oil Spills First Principles : Prevention and Best Response*, Elsevier Science, Pays-Bas.

Perkins, R. (2015), « New species discovered beneath the ocean », *USC News*, 15 janvier. http://news.usc.edu/73851/new-species-discovered-beneath-ocean-crust.

Rogers, A.D. et al. (2015), « Delving deeper: Critical challenges for 21st century deep-sea research », *document de position* nº *22*, European Marine Board, Ostende, Belgique, www.marineboard.eu/sites/marineboard.eu/files/public/publication/EMB_PP22_Web_v4.pdf.

Sandwell, D.T. et al. (2014), « New global marine gravity model from CryoSat-2 and Jason-1 reveals buried tectonic structure », *Science*, vol. 346, n° 6 205, pp. 65-67, http://dx.doi.org/10.1126/science.1258213.

Shepard, F.P. (1948), *Submarine Geology*, Harper & Brothers, New York.

Stevenson, I., J. Lowe et S. Plunkett (2010), « New technologies for deep-ocean seafloor resource exploration », *Sea Technology Magazine*, octobre, www.sea-technology.com/features/2010/0910/seafloor_exploration.php.

Stiftung Offshore-Windenergie (German Offshore Wind Energy Foundation) (2013), « The impact of offshore wind energy on tourism: Good practices and perspectives from the South Baltic region », Varel, Allemagne, www.offshore-stiftung.com/60005/Uploaded/Offshore_Stiftung|2013_04SBO_SOW_tourism_study_final_web.pdf.

Stirling, A. (2014), « Disciplinary dilemma: Working across research silos is harder than it looks », *The Guardian Online*, 11 juin 2014, www.theguardian.com/science/political-science/2014/jun/11/science-policy-research-silos-interdisciplinarity.

Sweeney, E. (à paraître), « Prospects for ocean energy to 2030 », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

The Economist (2015), « Combating illegal fishing. Dragnet: A new satellite-based surveillance system will keep a sharp eye on those plundering the oceans », *The Economist*, 24 janvier, www.economist.com/news/science-and-technology/21640306-new-satellite-based-surveillance-system-will-keep-sharp-eye-those.

Wever, L., G. Krause et B. Buck (2015), « Lessons from stakeholder dialogues on marine aquaculture in offshore wind farms: Perceived potentials, constraints and research gaps », *Marine Policy*, vol. 51, pp. 251-259, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2014.08.015.

Witze, A. (2014), « Gravity map uncovers sea-floor surprises », *Nature*, 2 octobre, www.nature.com/news/gravity-map-uncovers-sea-floor-surprises-1.16048.

Witze, A. (2013), « Marine science: Oceanography's billion-dollar baby », *Nature,* 25 septembre, www.nature.com/news/marine-science-oceanography-s-billion-dollar-baby-1.13803.

Chapitre 5.

Réglementation maritime internationale et secteurs émergents liés à la mer

Ce chapitre offre une vue prospective de l'évolution du paysage réglementaire des secteurs liés à la mer. Il décrit brièvement comment la composition traditionnelle du secteur maritime s'est trouvée transformée au fil du temps par l'émergence de nouvelles activités liées à la mer, et aborde quelques-unes des difficultés rencontrées pour adapter les cadres réglementaires existants à ces nouveaux secteurs. Il reste que, même difficilement, ces cadres évoluent. Ce chapitre étudie donc certains des changements réglementaires auxquels on peut s'attendre dans les prochaines années, en s'intéressant plus particulièrement à trois domaines : le milieu marin et la protection de la biodiversité, la prévention et l'atténuation de la pollution, et la sécurité maritime. Il examine la question des secteurs liés à la mer et de la protection de la biodiversité marine en partant des lacunes dans les instruments réglementaires qui avaient été recensées il y a plusieurs années par l'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (UICN), et dont certaines subsistent. La question de la réglementation de la pollution est abordée sous l'angle des émissions de CO_2, de NO_x et de SO_x des activités maritimes, ainsi que des problèmes potentiels que posent encore les déversements d'hydrocarbures et les rejets de déchets, tout particulièrement dans le milieu extrêmement vulnérable de l'Arctique. Quant aux changements de réglementation qui s'annoncent dans le domaine de la sécurité maritime, ils sont étudiés du point de vue notamment de la cybersécurité maritime.

L'industrie maritime est entrée dans une période de profonde transformation. Longtemps considérée comme le domaine du transport maritime, de la construction navale, de la pêche et – depuis les années 60 – de l'exploitation de pétrole et de gaz en mer, elle s'enrichit aujourd'hui de nouvelles activités : éolien en mer, énergies marémotrice et houlomotrice, aquaculture en haute mer, exploitation minière des fonds marins, biotechnologie marine, pour ne citer que celles-là. Ces nouvelles activités se développent rapidement, remodelant et diversifiant l'économie de la mer, tout en nouant de plus en plus d'interconnexions, entre elles et avec les secteurs maritimes traditionnels. Parallèlement, la santé des mers et des océans du globe s'est sérieusement détériorée. Malgré les efforts déployés de longue date par un ensemble d'organisations internationales, il a été difficile d'adapter les régimes réglementaires mondiaux et régionaux à ces nouvelles conditions et d'y intégrer efficacement les questions soulevées par l'importance croissante que prennent les secteurs maritimes émergents. Il en est résulté des ajustements sans cohérence des réglementations existantes, qui vont continuer d'entraver les futures initiatives visant à améliorer la gestion des mers.

Que ce soit au sein des entreprises ou parmi les responsables de l'élaboration des politiques, on s'accorde largement sur l'intérêt qu'il y a à doter les secteurs liés à la mer d'un cadre réglementaire clair, cohérent et stable, afin de leur permettre de faire des plans à long terme et de lancer les investissements nécessaires au développement de leurs activités. Mais cet objectif est devenu de plus en plus difficile à atteindre dans un monde en évolution rapide, toujours plus complexe et foisonnant d'interdépendances. Comme nous l'avons noté au chapitre 4, l'innovation technologique, en particulier, progresse à un rythme très soutenu.

En dépit d'actions menées de longue date par les institutions existantes (Organisation maritime internationale [OMI], Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], Organisation internationale du travail [OIT], Autorité internationale des fonds marins [AIFM], Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques [IPBES], Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources [UICN], Recensement de la vie marine), les régimes réglementaires aux niveaux mondial, régional – et, de fait, national – ont du mal à suivre l'évolution du monde réel, surtout celle des secteurs maritimes émergents. Un grand nombre d'acteurs traditionnels ont déjà élaboré leurs propres systèmes réglementaires, et l'on dispose de programmes bien établis en matière de sécurité maritime ou de prévention de la pollution, par exemple, grâce aux efforts des institutions spécialisées des Nations Unies dont le mandat comprend ces questions. Mais devant l'importance prise par les secteurs émergents liés à la mer et leur développement dans le monde entier, le défi consiste maintenant à les intégrer dans les structures réglementaires existantes. En effet, il n'existe aucun organisme chargé des questions maritimes. N'étant pas couvertes par un unique ensemble de règlements, les activités maritimes émergentes ont été prises en compte dans la législation existante par bribes, lorsque le besoin s'en faisait sentir. Cette intégration au coup par coup des nouvelles activités dans les instruments juridiques traditionnels va probablement perdurer. Le reste du présent chapitre explore trois domaines de réglementation liés à la mer – environnement et biodiversité, prévention de la pollution et sécurité maritime – en cherchant à déterminer ce qui se prépare en matière de réglementations internationales et régionales pour les secteurs maritimes, établis ou émergents, dans les prochaines années.

Protection de la biodiversité marine

En 2008, l'UICN a effectué une « analyse des lacunes » afin de détecter et de récapituler les déficits de réglementation et de gouvernance qui existaient aux niveaux mondial et régional dans le régime international de conservation et d'utilisation durable de la biodiversité marine des zones ne relevant d'aucune juridiction nationale (Gjerde et al., 2008). L'objet de l'étude était donc la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine, mais ses conclusions sont intéressantes pour notre propos, car nombre des lacunes et faiblesses du régime qui ont été recensées ont également des répercussions sur le fonctionnement et la viabilité économique de la plupart, sinon de la totalité, des secteurs et activités liés à la mer – de la pêche à la bioprospection, en passant par l'extraction minière en eaux profondes et la pose de câbles sur les fonds marins.

L'UICN définissait les déficits de réglementation ainsi : « des lacunes quant au fond et/ou sur le plan géographique dans le cadre juridique international, c'est-à-dire des aspects qui, actuellement, ne sont pas réglementés ou le sont insuffisamment au niveau mondial, régional ou infrarégional ». (De leur côté, les déficits de gouvernance étaient définis par l'UICN comme « des lacunes dans le cadre institutionnel international, notamment l'absence d'institutions ou de mécanismes au niveau mondial, régional ou infrarégional, et des mandats incohérents pour les organisations et mécanismes en place ».)

Comme le montre l'encadré 5.1, la liste des lacunes établie par l'UICN en 2008 était longue et variée. Elle mentionnait notamment : des mécanismes inadéquats de mise en œuvre des principes de conservation ; des outils d'évaluation et de gestion insuffisants ; l'absence de règles et de normes convenues à l'échelle internationale pour les activités maritimes établies et émergentes ; le manque d'instruments efficaces pour contrôler et imposer le respect des règles.

Encadré 5.1. **Lacunes dans la réglementation maritime internationale**

Les lacunes réglementaires recensées dans l'étude de l'UICN comprenaient :

- l'absence d'un instrument ou d'un mécanisme permettant de veiller à ce que les principes modernes de conservation tels que l'approche écosystémique et l'approche de précaution – qui s'inspirent des obligations générales énoncées dans les traités, comme la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS), la Convention sur la diversité biologique (CDB) et l'Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons chevauchants (UNFSA) – soient intégrés et/ou appliqués de manière cohérente dans tous les instruments mondiaux et régionaux existants qui se rapportent aux zones ne relevant d'aucune juridiction nationale (ABNJ)
- l'absence de règles et de normes internationales détaillées organisant l'application des principes modernes de conservation aux activités existantes (recherche scientifique marine, bioprospection, pose de câbles et de pipelines et construction de divers types d'installations) ; aux pêches non réglementées (stocks distincts de poissons hauturiers ou requins, par exemple) ; et aux activités nouvelles et émergentes (fertilisation des mers, techniques d'atténuation du changement climatique, et construction et exploitation potentielles d'installations flottantes de production d'énergie et d'aquaculture)

Encadré 5.1. **Lacunes dans la réglementation maritime internationale** *(suite)*

- l'absence de réglementation permettant de gérer les effets croissants (bruit sous-marin ou essais d'armes, par exemple) des utilisations traditionnelles de la mer, comme le transport maritime, la recherche scientifique marine et les activités militaires, conformément aux principes modernes de conservation
- l'absence de prescriptions spécifiques permettant que les outils de conservation modernes – tels que les études d'impact sur l'environnement (EIE), le suivi et l'établissement de rapports, les mesures portant sur une zone déterminée, les réseaux d'aires marines protégées (AMP) représentatives, les évaluations environnementales stratégiques (EES) et la planification de l'espace maritime – s'appliquent à l'ensemble des activités humaines liées à la mer menées dans des ABNJ ou ayant une incidence sur ces zones
- l'absence de mécanismes efficaces permettant de contrôler et d'imposer le respect des règles aux niveaux mondial et régional pour toutes les activités humaines et toutes les mesures
- l'absence d'instruments juridiquement contraignants dans l'ensemble des régions maritimes offrant une couverture intégrée à l'échelle régionale pour la pêche et la conservation de la biodiversité
- l'absence de règles ou d'un processus permettant de coordonner la réglementation des interactions entre les activités menées dans la colonne d'eau en haute mer et celles effectuées sur le plateau continental étendu des États côtiers.

Source : Gjerde et al. (2008).

Cela ne veut pas dire que rien n'avait été fait avant 2008 dans ce domaine. Dans le secteur de la pêche, par exemple, quelque 17 organisations régionales de gestion des pêches (ORGP) avaient été créées entre les années 50 et 2006, couvrant de larges zones en haute mer et chargées, entre autres, des mesures de conservation et de gestion des pêches. En outre, la FAO a effectué un travail considérable pour mettre en place des règlements et promouvoir des pratiques optimales concernant la pêche et d'autres questions liées à la biodiversité. Citons à titre d'exemples le Code de conduite pour une pêche responsable ou l'élaboration de directives internationales sur la gestion des prises accessoires et la réduction des rejets en mer, ou encore d'importants travaux sur des sujets liés à la pêche INN.

Depuis 2008, des progrès ont été accomplis sur un certain nombre de fronts, comme l'illustrent les exemples ci-après :

- En 2015, les États membres de l'Organisation des Nations Unies sont convenus d'élaborer un instrument juridiquement contraignant pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique marine dans les zones situées au-delà de leurs frontières nationales. L'Assemblée générale des Nations Unies, composée des représentants des 193 membres de l'Organisation, a décidé de créer un comité préparatoire, ouvert à tous les pays et chargé de mener les négociations relatives à ce nouvel instrument sur la période 2016-17. Le comité devra rendre compte à l'Assemblée générale des progrès accomplis fin 2017. Les négociations porteront, entre autres questions, sur le partage des avantages liés à l'utilisation des ressources génétiques marines et sur les aires marines protégées, les études

d'impact sur l'environnement et le transfert de technologies marines (ONU, 2015).

- De plus en plus de régions optent pour des approches reposant sur les écosystèmes marins et renforcent leurs dispositifs d'analyse, d'évaluation et de gestion des mers. Ainsi, l'Union européenne a adopté ces dernières années deux instruments – la recommandation de 2002 relative à la mise en œuvre d'une stratégie de gestion intégrée des zones côtières et la directive-cadre de 2008 « Stratégie pour le milieu marin » – qui proposent une approche complète et intégrée de la gestion de l'ensemble des côtes et des eaux marines européennes et fixent aux États membres des objectifs à moyen et long termes (jusqu'en 2020 et au-delà) pour la gestion de leurs activités maritimes. Les programmes du PNUE pour les mers régionales ont une portée plus modeste, mais sont néanmoins menés au moyen d'un Plan d'action qui s'appuie sur un cadre juridique solide, constitué d'une convention régionale et de protocoles connexes régissant des questions spécifiques telles que les aires marines protégées. Au sein de la convention OSPAR, 15 gouvernements et l'Union européenne travaillent sur la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est, en étroite coopération avec la Commission des pêches de l'Atlantique Nord-Est (CPANE), notamment sur les problèmes de conservation en haute mer. En Asie de l'Est, l'organisation internationale PEMSEA (*Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia*), dont les activités sont axées sur la gouvernance des côtes et des mers de la région, transpose à grande échelle des initiatives de gestion intégrée des zones côtières et s'efforce d'améliorer la coopération technique en matière de gestion écosystémique des bassins versants, des estuaires et des eaux côtières.

Cela étant, un grand nombre des lacunes en matière de réglementation et de gouvernance que l'UICN avait recensées dans son analyse de 2008 subsistent. Outre le manque de protection du milieu marin et de sa biodiversité qu'elles impliquent, ces lacunes créent une situation de vide décisionnel dans de nombreux secteurs liés à la mer, notamment en ce qui concerne les investissements futurs. À titre d'illustration, les négociations autour de la mise en œuvre de l'accord de l'ONU sur la protection de la biodiversité marine annoncent le début d'une période de grande incertitude pour les secteurs d'activité qui opèrent en haute mer. La création d'aires marines protégées en haute mer aura probablement des répercussions directes sur la pêche, puisqu'elle déplacera cette activité vers d'autres zones, ce qui pourrait augmenter les coûts de transport et modifier la composition spécifique des prises ; les études d'impact sur l'environnement, quant à elles, pourraient amener les compagnies minières, pétrolières et gazières et les entreprises spécialisées dans la pose de câbles sous-marins à modifier leurs plans concernant d'éventuelles activités futures dans les zones ne relevant d'aucune juridiction nationale ; enfin, le partage des ressources génétiques marines pourrait avoir des conséquences sur la biotechnologie et la bioprospection marines.

La législation environnementale internationale et régionale peut avoir de très vastes conséquences, notamment pour les secteurs maritimes émergents. Le tableau ci-après présente l'incidence des instruments internationaux et européens sur les principales phases de mise en valeur des énergies renouvelables en mer.

Comme le souligne l'EWEA (2012), il existe des instruments centrés sur la pêche ou le transport maritime, par exemple, mais aucun d'eux n'aborde explicitement la question des énergies renouvelables en mer. Or la plupart de ces instruments auront probablement un impact direct sur l'espace disponible pour exploiter ces énergies.

Tableau 5.1. **Incidence de la législation sur les différentes phases de mise en valeur des énergies renouvelables en mer**

Phase	Instrument	Éléments influant sur la mise en valeur des énergies renouvelables en mer
Transport maritime et navigation	UNCLOS	– Les installations de production d'énergie renouvelable en mer peuvent être construites n'importe où dans la zone économique exclusive (ZEE) à condition de respecter une zone tampon de sécurité de 500 mètres.
	OMI	– Les voies maritimes et les dispositifs de séparation du trafic régis par l'OMI sont considérés comme des zones d'exclusion de l'espace maritime. – Le principe de déviation des routes maritimes a été introduit à l'occasion de la création des zones maritimes particulièrement vulnérables (PSSA).
	Organisations régionales de gestion des pêches (ORGP)	– Les ORGP fixent des limites de pêche et créent des zones contrôlées afin d'encourager la pêche durable. Ces mesures peuvent être incompatibles avec les activités d'exploitation d'énergies renouvelables en mer.
	Convention sur la diversité biologique (CDB)	– En vertu de la CDB, les parties à la Convention peuvent créer des aires marines protégées (AMP) à l'intérieur et à l'extérieur de leur juridiction nationale (y compris dans les ZEE). La définition d'AMP en application de la CDB (traité juridiquement contraignant) peut influer sur la localisation des activités ; parallèlement, les compatibilités possibles doivent être clarifiées.
	Directives « Oiseaux » et « Habitats »	– La Directive « Oiseaux » appelle à créer des zones de protection spéciale pour les oiseaux. La Directive « Habitats », quant à elle, appelle à créer des zones spéciales de conservation d'habitats ou d'espèces. Les zones protégées définies par ces directives sont juridiquement contraignantes et limitent ou interdisent certaines activités humaines. Les États membres doivent prendre des mesures pour atteindre les objectifs de conservation définis pour chaque site. – Ces directives autorisent l'implantation d'activités industrielles dans ces zones protégées (éolien en mer, notamment), à condition qu'elles n'aient pas d'incidence notable sur les objectifs de conservation. Une procédure de sélection rigoureuse a été mise en place pour évaluer les projets potentiels à ce titre et, si nécessaire, ceux-ci doivent produire une évaluation d'impact sur l'environnement aboutissant à des conclusions favorables. – Les effets de synergie possibles entre les objectifs des utilisateurs et les objectifs environnementaux doivent être examinés.
	PCP, CGPM, CPANE	– Actuellement, il n'existe pas de restrictions réglementaires entre la pêche et les activités d'exploitation d'énergies renouvelables en mer (parcs éoliens, par exemple). L'objectif de la PCP est de veiller à une exploitation durable des ressources ichtyques. Elle implique de réduire le nombre de navires de pêche et la durée de la période de pêche, et de fixer l'ouverture et la fermeture des saisons et des zones de pêche. Ces mesures influent sur la localisation et certaines phases opérationnelles des activités liées aux énergies renouvelables. Parallèlement, il convient de déterminer la compatibilité entre la pêche et les infrastructures d'exploitation d'énergies renouvelables en mer.
	Convention de Barcelone	– L'ORGP fixe des limites de pêche et crée des zones contrôlées pour encourager la pêche durable. Ces mesures peuvent être incompatibles avec les activités d'exploitation d'énergies renouvelables en mer.
	Convention d'Espoo	– La Convention d'Espoo encourage la consultation et la coopération transfrontière durant la planification de diverses activités maritimes. Elle expose, dans les grandes lignes, les conditions spécifiques à intégrer dans les procédures nationales d'EIE.
Permis et licences	Directive « EES », directive « EIE »	– Les activités d'exploitation d'énergies renouvelables en mer nécessitent une EIE, conformément aux directives « EES » et « EIE ». Les résultats de l'EIE sont présentés dans un avis relatif aux incidences sur l'environnement et joints à la demande de licence et d'autorisation.
	OSPAR	– La Commission OSPAR adopte des règles juridiquement contraignantes qui imposent aux États membres de mettre en place des procédures et des mesures de protection du milieu marin. Cette réglementation peut influer sur la procédure d'obtention de licence ou de permis pour la mise en valeur d'énergies renouvelables en mer. – OSPAR sert de plateforme d'échange d'informations et joue un rôle important dans l'ouverture de débats sur les nouveaux enjeux liés au milieu marin. Les parties à cette convention sont tenues d'effectuer des évaluations environnementales régulières.
	UNCLOS	– Cette convention définit des obligations de protection du milieu marin, ainsi que de suivi et d'évaluation de l'environnement.

Tableau 5.1. **Incidence de la législation sur les différentes phases de mise en valeur des énergies renouvelables en mer** (*suite*)

Phase	Instrument	Éléments influant sur la mise en valeur des énergies renouvelables en mer
Suivi	UNCLOS	– Un État côtier ne peut pas réglementer les activités de pose de câbles menées par d'autres États dans sa ZEE. La liberté de poser des câbles est prévue à l'article 58 de la Convention. Cependant, le tracé des câbles doit être approuvé par l'État côtier (article 79). Dans sa mer territoriale, l'État côtier dispose d'un droit de regard plus complet sur la pose de câbles et de pipelines, et peut imposer des restrictions.
	OSPAR	– La Commission OSPAR adopte des règles juridiquement contraignantes qui imposent aux États membres de mettre en place des procédures et des mesures de protection du milieu marin.
Construction et exploitation	Accord de Bonn	– Le chapitre 8 du *Manuel de Lutte contre la Pollution* de l'Accord de Bonn examine les tenants et aboutissants des problèmes liés aux parcs éoliens. Il s'appuie sur le principe pollueur-payeur.
	PCP, CGPM, CPANE	– Les périodes de pêche peuvent entraîner des aménagements ou des limitations des opérations de construction et de maintenance.
	UNCLOS	– L'article 60 de la Convention prévoit que les installations d'exploitation d'énergies renouvelables en mer abandonnées ou désaffectées doivent être enlevées.
	OMI	– En 1989, l'OMI a adopté des directives et des règles pour l'enlèvement des installations et des ouvrages d'exploitation d'énergies renouvelables sur le plateau continental et dans la ZEE.
Enlèvement/ démantèlement	PCP, CGPM, CPANE	– Les périodes de pêche peuvent entraîner des aménagements ou des limitations des enlèvements planifiés.
	OSPAR	– La Commission OSPAR a adopté en 1998 une règle juridiquement contraignante relative à l'enlèvement des installations d'exploitation d'énergies renouvelables en mer qui ne sont plus utilisées. Les parties ont l'obligation de prévoir l'enlèvement de ces installations.

Notes : PCP : politique commune de la pêche ; CGPM : Commission générale des pêches pour la Méditerranée ; CPANE : Commission des pêches de l'Atlantique Nord-Est. Certains points de ce tableau sont discutables. Ainsi, on y trouve la Convention de Barcelone, qui traite de la protection de la Méditerranée contre la pollution, mais pas HELCOM ni l'Accord de Bonn pour la mer du Nord et la Baltique ; les zones maritimes particulièrement vulnérables ne sont en réalité pas régies par une convention de l'OMI – plus exactement, c'est une résolution de l'OMI qui règle actuellement la définition de ces zones. Néanmoins, ce tableau illustre bien la complexité des incidences que peut avoir la législation sur les différentes phases de la mise en valeur d'énergies renouvelables en mer.

Source : Adapté de EWEA (2012).

Pollution (air et mer)

Importants rejets atmosphériques du transport maritime

Différentes études estiment que le transport maritime est responsable de 2 à 3 % environ du total des émissions mondiales de CO_2, de 5 à 10 % des émissions de SO_x et de 17 à 31 % des émissions de NO_x, la part exacte dépendant de la méthode utilisée (OCDE, 2014). On s'attend à ce que les émissions de ce secteur augmentent au cours des prochaines décennies. L'OMI, par exemple, indique que les émissions de dioxyde de carbone liées au transport maritime vont doubler, voire tripler, d'ici à 2050 (OMI, 2014). Les progrès dans ce domaine se heurtent à différents obstacles, l'un des principaux étant qu'on ne dispose en pratique d'aucune méthode permettant d'attribuer les émissions d'une traversée transnationale à un pays donné. En outre, les navires internationaux bénéficient d'une grande souplesse quant à leur pays d'immatriculation et au choix du pavillon sous lequel ils naviguent, des paramètres qui déterminent souvent la réglementation à laquelle ils doivent se conformer.

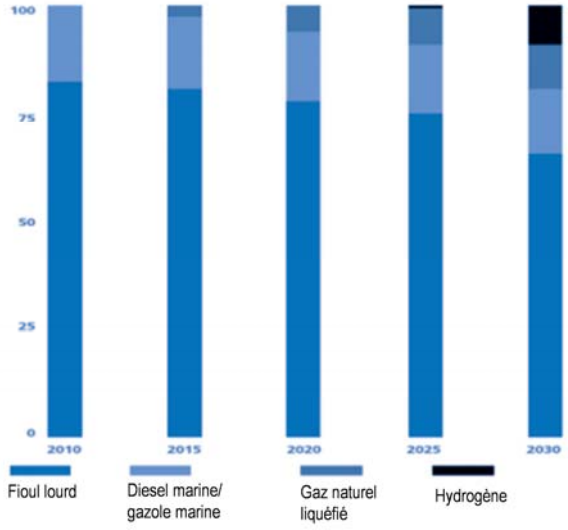
Néanmoins, certains progrès sont obtenus – en particulier sous les auspices de l'OMI – et d'autres mesures devraient être prises dans un avenir proche ; celles-ci obligeront les compagnies de transport maritime à se mobiliser davantage pour réduire

leurs futures émissions de gaz à effet de serre, notamment en les incitant à une plus grande efficacité énergétique. Exemples :

- En 2012, l'OMI a adopté un nouvel ensemble de règlements sur l'efficacité énergétique des navires, dont deux mesures entrées en vigueur début 2013 et applicables à tous les navires dont la jauge brute (UMS) est supérieure à 400 : premièrement, l'indice nominal de rendement énergétique, qui implique l'introduction progressive de critères rigoureux dans les normes de construction de navires de différents types et de différentes tailles ; et deuxièmement, le plan de gestion du rendement énergétique du navire, utilisé pour établir une référence et améliorer les navires en exploitation, et amener leurs propriétaires et leurs exploitants à en revoir et en accroître les performances énergétiques (CNUCED, 2014 ; OCDE et FIT, 2015).
- L'OMI travaille également sur des règlements visant à réduire les émissions d'autres substances toxiques dues à l'utilisation de fioul, notamment les rejets de NO_x et de SO_x. (Les hydrocarbures de soute sont considérés comme un carburant particulièrement toxique.) La date fixée pour la mise en œuvre des normes NO_x de « niveau III » dans les zones de contrôle des émissions (ZCE) existantes était janvier 2016, et d'ici à 2020, la teneur maximale en soufre sera ramenée à 5 000 ppm (Convention MARPOL (*Marine Pollution*), Annexe VI).
- S'agissant des ZCE, les exigences réglementaires sont énoncées à l'Annexe VI de la Convention MARPOL. Même si les niveaux de SO_x et de particules ne devraient pas augmenter d'ici à 2050 du fait des règlements qui vont être promulgués dans les années à venir, des diminutions substantielles des deux types d'émissions pourraient être obtenues si les ZCE existantes étaient étendues et si davantage de ces zones étaient créées (OCDE et FIT, 2015). Le nouvel accord relatif à l'Annexe VI à la Convention MARPOL pourrait toutefois se révéler assez coûteux pour les participants du secteur du transport maritime (Notteboom, 2011). La hausse des coûts du carburant, de son côté, va braquer les projecteurs sur l'efficacité énergétique. Comme le laissent entendre Cullinane et Bergqvist (2014) : « La plus grande rigueur des futures limites en matière d'émissions de SO_x comme de NO_x, conjuguée à une applicabilité géographique plus large, auront pour effet de placer les mesures liées à l'utilisation de l'énergie et d'autres mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique au premier rang des priorités des compagnies de transport maritime. Il pourrait s'ensuivre un plus large recours à des dispositions telles que la modulation de la vitesse, qui, à leur tour, pourraient permettre aux compagnies de transport maritime de mieux absorber les variations de prix découlant de la réglementation relative aux ZCE. Les importants avantages socioéconomiques que procure cette réglementation et les problèmes mondiaux liés à la pollution dans les zones densément peuplées, comme la Méditerranée et l'Asie, montrent à quel point il est important de multiplier les ZCE. » De puissants facteurs déterminants sont donc à l'œuvre, qui pourraient provoquer une transition majeure vers des carburants plus respectueux de l'environnement. Dans son rapport sur les futurs carburants des navires, Lloyd's Register (2014) modélise un scénario de « Patrimoine commun », dans lequel une politique carbone plus agressive associée à un prix modéré de l'hydrogène (deux composantes définies dans le scénario en question) mène à une augmentation significative de l'utilisation d'hydrogène et de gaz naturel liquéfié (GNL) aux environs de 2025 (voir le graphique 5.1).

Les déversements accidentels d'hydrocarbures ne représentent qu'une petite partie des rejets totaux de ces substances dans l'environnement (5 à 10 % environ). Les déversements accidentels de 100 tonnes ou plus par des pétroliers diminuent dans le monde depuis de nombreuses années, et ce résultat est largement dû à la réduction des rejets d'hydrocarbures lors des opérations courantes exécutées sur ces bâtiments (Farrington, 2013). On enregistre également une forte baisse des grands déversements (plus de 700 tonnes) depuis les années 70.

Graphique 5.1. **Évolution de la répartition des carburants, tous types de navires confondus, 2010-30 (en pourcentage)**



Source : Lloyd's Register (2014).

Cependant, de nouvelles destinations s'ouvrent, et les autorités de réglementation doivent réagir rapidement afin de mettre en place les ensembles de mesures appropriés. En ce qui concerne l'Arctique, des progrès considérables ont été effectués ces dernières années dans l'élaboration d'un Recueil sur la navigation polaire. Il y a désormais accord sur un ensemble obligatoire de règles applicables aux navires exploités dans les eaux polaires. Ces règles concernent les navires à passagers et les navires de charge dont la jauge brute est égale ou supérieure à 500 et couvrent l'ensemble des questions de protection, y compris la prévention de la pollution et la protection de l'environnement (CNUCED, 2014).

La Partie II du Recueil, qui a été adoptée par le Comité de la protection du milieu marin (MEPC) de l'OMI et dont l'entrée en vigueur est prévue pour 2017, comprend des dispositions impératives dans les chapitres portant sur les thèmes suivants :

- « Prévention de la pollution par les hydrocarbures – cela inclut des restrictions interdisant tout rejet en mer d'hydrocarbures ou de mélanges contenant des hydrocarbures par un navire, quel qu'il soit, et des normes de construction censées assurer une meilleure protection et portant notamment sur la structure et l'emplacement des soutes à combustible et des citernes à cargaison.
- Maîtrise de la pollution par les substances liquides nocives transportées en vrac – interdiction de tout rejet à la mer de ces substances ou de mélanges contenant ces substances.

- Prévention de la pollution par les eaux usées des navires – interdiction des rejets d'eaux usées, à l'exception de celles qui ont été préalablement broyées et désinfectées dans des conditions spécifiques et qui sont rejetées à une distance minimum par rapport à la glace.
- Prévention de la pollution par les ordures des navires – ajout de nouvelles restrictions aux rejets autorisés (en vertu de l'Annexe V de MARPOL, le rejet de tout type d'ordures est interdit, sauf disposition contraire). Les déchets alimentaires ne doivent pas être abandonnés sur la glace et le rejet de déchets alimentaires broyés ou concassés à la mer n'est autorisé que dans des conditions spécifiques (notamment à une distance de 12 milles marins au moins de la terre, du plateau de glace ou de la banquise de rive les plus proches). Seuls certains résidus de cargaison, considérés comme inoffensifs pour le milieu marin, peuvent être rejetés. »

Malgré tout, les avancées dans l'exploration et la production pétrolières et gazières en mer, surtout à de plus grandes profondeurs et dans des milieux plus difficiles, font craindre de futurs risques de déversements d'hydrocarbures à partir des installations en mer (voir, par exemple, Schroeder-Hinrichs et al., 2013). Pour de nombreux observateurs, il y a peu de chances qu'on parvienne à un accord mondial sur ce sujet à court ou moyen terme. Aucune institution internationale ne semble disposée à fédérer les efforts pour parvenir à des conventions mondiales sur la sécurité ou sur les questions de responsabilité et d'indemnisation. En outre, de nombreux États peuvent actuellement compter sur des organisations régionales pour réaliser des avancées significatives dans la mise en place d'une réglementation plus efficace des activités de forage dans leurs zones géographiques respectives. Les nombreux programmes pour les mers régionales en offrent un bon exemple. Au cours des prochaines années, d'autres organisations intergouvernementales pourraient suivre le même chemin, notamment sur les questions de sécurité. Outre les accords régionaux existants (dans la zone relevant de l'Organisation régionale pour la protection du milieu marin [ROPME] ou dans l'Atlantique Nord-est, par exemple), d'autres viennent d'entrer en vigueur (en Méditerranée) ou sont en cours d'élaboration (en Afrique occidentale, centrale et australe et dans l'océan Indien Ouest ; Rochette, 2014).

La pollution peut également provenir d'activités menées sur les fonds marins, comme le dragage de granulats et l'exploitation minière, qui sont susceptibles d'entraîner une perturbation des sédiments et des rejets de déchets minéraux et d'eaux résiduaires dans la colonne d'eau ou sur le fond. Comme Hannington (à paraître) l'a souligné dans sa contribution à l'atelier de l'OCDE de novembre 2014 sur l'exploitation minière des fonds marins, la réglementation environnementale internationale sur ce sujet n'en est qu'à ses balbutiements :

> Même menée avec la plus grande prudence, toute activité minière dans les grands fonds perturbera le milieu marin. On considère généralement que les dommages causés par une extraction minière à l'échelle industrielle altéreraient de manière irréversible les grands fonds marins, mais la nature de ces répercussions potentielles est encore loin d'être claire. Les « dommages graves » auxquels font référence les règlements de l'AIFM restent à définir. Il en va autrement des règlements relatifs à ces mêmes activités sur la terre ferme, qui sont très spécifiques dans la plupart des secteurs miniers (voir, par exemple, les règlements de l'EPA relatifs aux métaux dans les eaux de surface). La superficie au sol d'une activité minière donnée pourrait être peu importante, mais personne ne connaît l'ampleur ni la nature de l'incidence qu'elle

pourrait avoir sur les écosystèmes marins, nature qui variera d'ailleurs en fonction du type d'exploitation minière et de la technique utilisée. S'agissant de l'extraction de nodules, les calculs initiaux du projet MIDAS de l'UE portent à croire que la superficie au sol directement concernée par l'exploitation minière des fonds marins sera bien plus étendue que celle d'activités équivalentes sur la terre ferme. […] Les nodules étant uniquement disséminés sur le fond de la mer, l'extraction commerciale pourrait avoir un impact sur des dizaines, voire des centaines de kilomètres carrés. Les retombées des panaches sédimentaires générés par ces opérations pourraient toucher une superficie encore plus vaste. D'un point de vue commercial, il est nécessaire de disposer de ces informations pour déterminer si les dépenses d'exploitation liées à la protection de l'environnement seront supérieures à la valeur du projet. […] Il faut intégrer les recommandations issues des évaluations des risques environnementaux et tenir compte de l'ensemble des coûts et des contraintes d'ordre juridique des opérations envisagées, mais cela n'a encore jamais été le cas.

Dans les champs de nodules de la zone Clarion-Clipperton, on a déjà fait appel à des spécialistes pour délimiter un réseau de sites à protéger présentant les mêmes caractéristiques générales que les sites d'exploitation pressentis (« zones présentant un intérêt écologique particulier »). […] Cependant, jusqu'ici, les zones désignées ne l'ont pas été à titre définitif, et l'on ne dispose d'aucune information sur leurs attributs géologiques, physiques, chimiques ou biologiques, et encore moins de mesures de référence qui permettraient un suivi des répercussions. On ne possède pas non plus beaucoup de connaissances sur les habitats marins qui risquent d'être touchés, pas même d'informations de base sur la composition et les aires de répartition des espèces, leur variabilité naturelle et la dynamique de leurs populations, leur connectivité, et les nombreux facteurs qui influent sur la diversité des communautés. […] Il est difficile de savoir quel régime réglementaire devrait être mis en place pour remédier à des effets sur l'environnement de zones qui n'ont jamais été cartographiées ni même visitées, et pour protéger ces zones contre des dommages qu'on évalue encore très mal et qui pourraient ne pas se produire avant des décennies (Hannington, à paraître).

Devant les nombreuses inconnues et incertitudes liées aux effets potentiels sur l'environnement de l'extraction minière en eaux profondes, les pressions montent pour qu'on intensifie la collecte de données scientifiques et qu'on renforce la réglementation avant que l'exploitation minière à plus grande échelle ne commence. En 2015, les participants au séminaire EcoDeep-SIP, par exemple, ont demandé notamment :

- des évaluations stratégiques environnementales d'ensemble, intégrant une approche écosystémique complète
- une prise de décision fondée sur le principe de précaution
- des réseaux stratégiques d'aires marines protégées tenant compte de la connectivité
- la limitation de la propagation des panaches issus des eaux de retour et de ceux générés par les équipements miniers – limitation à des quantités spécifiques et à des distances définies du site d'extraction
- la détermination des seuils et des déclencheurs associés à un effet important
- des règles décisionnelles claires et bien définies sur l'ampleur des variations admissibles des paramètres surveillés, avant le début de l'exploitation.

Sécurité maritime

Une très grande partie de la flotte commerciale mondiale opérant à l'international est assez bien réglementée du point de vue de la sécurité. Cela étant, la sécurité maritime aura de nombreux défis à relever d'ici à 2030. De nouvelles activités maritimes prennent le devant de la scène, ainsi que de nouveaux acteurs ; les mers deviennent de plus en plus encombrées à mesure que le transport maritime et les activités en mer se développent ; le volume de fret potentiellement dangereux (GNL, par exemple) augmente avec l'expansion du trafic maritime ; de nouvelles destinations (comme l'Arctique) s'ouvrent au transport maritime commercial, au tourisme de croisière, à l'exploration et l'extraction pétrolières et gazières, à la pêche et à l'aquaculture ; et des changements technologiques majeurs se profilent à l'horizon, avec la navigation électronique et les navires autonomes et sans équipage. (Il existe d'autres menaces importantes – guerres civiles, conflits entre États, piraterie, tensions liées aux revendications de souveraineté concernant les droits sur les fonds marins et les ressources naturelles du plateau continental, etc. ; ces questions sont abordées brièvement au chapitre 2.)

Devant la complexification du milieu marin, le système réglementaire international, sous la direction de l'OMI (ainsi que de l'OIT), gagne lui aussi en complexité. Il faut continuellement l'adapter à l'évolution des modes d'utilisation de la mer, le recentrer sur les lacunes qui demeurent en matière de sécurité et faire en sorte qu'il réponde aux exigences spécifiques de certains types de navires et qu'il prenne en compte les nouvelles technologies et les nouveaux risques environnementaux. Dans certains cas, cela se fait rapidement ; dans d'autres, il faut plus de temps.

La sécurité des navires de pêche, par exemple, est un domaine où les progrès sont lents, alors même que les taux de mortalité chez les pêcheurs sont généralement beaucoup plus élevés que la moyenne nationale. La Convention de Torremolinos, premier instrument mondial de ce type consacré spécifiquement à cette question, a été adoptée par l'OMI il y a plusieurs dizaines d'années, mais ses dispositions ne sont toujours pas en vigueur à l'échelle internationale. Malgré cela, on s'efforce à nouveau d'établir un régime contraignant au niveau mondial qui serait à la fois robuste et praticable, pour aborder et renforcer la sécurité des navires de pêche. La Convention internationale sur les normes de formation du personnel des navires de pêche, de délivrance des brevets et de veille (récemment mise en œuvre et introduisant des normes impératives en matière de certification et de formation minimale des équipages des navires de pêche en mer) présente elle-même une couverture fonctionnelle et géographique incomplète, puisqu'elle s'applique uniquement aux navires d'au moins 24 mètres de longueur et ne concerne que 17 États membres, ce qui représente moins de 5 % de la flotte de pêche mondiale. D'autres initiatives récentes visant à améliorer les normes internationales ont été plus efficaces[1].

Dans le domaine des énergies renouvelables en mer aussi la réglementation internationale sur les questions de sécurité voit lentement le jour. L'éolien en mer en est un bon exemple. On trouve dans ce domaine des normes techniques et des normes de conception bien établies (CEI 61400, par exemple), mais il n'existe aucune réglementation impérative applicable à l'échelle internationale, et le mandat de l'OMI ne couvre pas ces questions. Dans ce contexte, les États côtiers ont dû élaborer leurs cadres juridiques indépendamment les uns des autres. Cependant, l'élaboration de lignes directrices et de pratiques a souvent été laissée au soin du secteur lui-même ; les fabricants, promoteurs et exploitants ont donc adapté leur approche à chaque pays ou projet. La difficulté tient en

partie à l'extrême variété des milieux marins dans lesquels les parcs éoliens en mer sont implantés et exploités partout dans le monde. Comme Sirnivas et al. (2014) le soulignent :

> Les normes CEI 61400 sont bien établies dans le secteur éolien à l'échelle internationale et sont les principales normes régissant la conception de turbines éoliennes en mer. Elles ont été respectées sans problème dans la plupart des installations, conjointement avec la réglementation, les normes et les directives de classement locales applicables aux éoliennes sur fondations fixes. Il reste que plusieurs aspects critiques des projets d'éoliennes en mer ne sont pas couverts par ces normes. En outre, les normes CEI actuelles ne fournissent pas encore d'analyse complète de la façon dont on doit prendre en compte les événements tropicaux (et extratropicaux), ni les déploiements dans un environnement de glace d'eau douce ou en eaux profondes, qui nécessitant des structures flottantes, or ces aspects sont importants pour l'aménagement de parcs éoliens dans les eaux relevant de la juridiction des États-Unis. Il faut toutefois préciser que plusieurs normes et directives sont actuellement élaborées en vue de combler ces lacunes (Sirnivas et al., 2014).

De plus, toujours d'après Sirnivas et al., les futures normes et directives relatives au développement de l'éolien en mer devraient aussi profiter du vaste ensemble de réglementations, de directives et de normes existant dans d'autres secteurs d'activité en mer – pétrole et gaz, équipements maritimes, transport maritime.

En l'absence de réglementation internationale, des normes volontaires viennent combler les manques. Ainsi, la nouvelle norme internationale ISO 29400:2015, « Navires et technologie maritime – Énergie éolienne offshore – Opérations portuaires et maritimes », vise à soutenir le développement du secteur en améliorant la sécurité et l'accessibilité des sites. Elle présente les « exigences et recommandations pour la planification et l'analyse des composants, systèmes, équipements et procédures nécessaires aux activités portuaires et maritimes, ainsi que les méthodes ou procédures assurant la sécurité de ces dernières »[2].

Au niveau régional, différentes initiatives sont en cours, notamment en Europe qui ouvre la voie dans le secteur de l'éolien en mer. Ainsi, le progrès qui est peut-être le plus important à l'heure actuelle en matière de législation est la publication en 2012 de la dernière version de la norme européenne 50308 (EN 50308, rév. 1, Aérogénérateurs – Mesures de protection – Exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance). C'est la première norme à prendre en compte le secteur de l'éolien en mer de manière appropriée et à tenter d'intégrer les aspects concernant la sécurité dès le début du cycle de vie d'une turbine éolienne. On observe également que, dans le domaine de la santé et de la sécurité, une approche plus unifiée se fait jour au sein des fabricants, promoteurs, exploitants, associations professionnelles et autres parties prenantes du secteur éolien. Parmi les mesures prévues figurent le partage des données relatives aux incidents et un accord sur des normes européennes cohérentes en matière de formation à la sécurité. Dans le cadre d'une initiative plus ciblée, la *Global Wind Organisation* (GWO), qui rassemble des fabricants tels que Vestas et Siemens et des exploitants tels que SSE Renewables et Vattenfall, s'attelle à un problème précis : définir des normes communes de formation à la sécurité dans l'ensemble de l'Europe (Lawson, 2011).

Il manque également un cadre réglementaire spécifique pour les navires servant au secteur de l'éolien en mer. L'exploitation des navires utilisés pour construire et faire fonctionner les installations éoliennes en mer est très différente de celle des navires déployés dans le secteur du pétrole et du gaz. En l'absence de réglementation spécifique en Europe, les sociétés de classification ont élaboré des règles pour les parties prenantes ;

on peut citer, parmi les plus récentes, celles concernant les structures de coque, les équipements de chargement sur les installations en mer et les règles de classification relatives aux « Navires de transport de personnel et navires de service pour les parcs éoliens en mer » (Earls, 2013). L'OMI étudie la possibilité d'élaborer un cadre de ce type couvrant les navires d'installation, les navires de transport de personnel et la catégorisation du personnel travaillant en mer.

Une situation similaire se profile pour d'autres sources d'énergies renouvelables d'origine marine – énergies houlomotrice et marémotrice, par exemple – même s'il convient de garder à l'esprit que ces technologies sont à un stade beaucoup plus éloigné de la maturité et de l'exploitation commerciale que l'éolien en mer. Comme Elefant (2009) l'indique :

> Malheureusement, les processus réglementaires internationaux relatifs à la création de sites d'exploitation des énergies renouvelables d'origine marine n'a pas suivi le rythme des avancées technologiques. Dans de nombreux pays, les projets prêts à être déployés se heurtent à des procédures longues et coûteuses d'obtention de permis mises en place par différents organismes, qui ont chacun leurs propres exigences légales et réglementaires. Peu de régimes prévoient une procédure rapide pour les installations commerciales de petite taille ou à un stade peu avancé. En outre, la plupart des projets de ce secteur sont confrontés à une situation inextricable : les organismes de réglementation sont réticents à accorder des autorisations en l'absence d'informations sur les incidences du projet, mais, pour pouvoir collecter ces données, les promoteurs doivent d'abord démarrer l'exploitation (Elefant, 2009).

Les avancées dans les TIC, combinées à d'autres technologies émergentes, ouvrent une nouvelle ère d'automatisation dans le domaine du transport maritime et des activités en mer (voir le chapitre 4). En particulier, le passage progressif des pratiques de navigation traditionnelles à la navigation électronique et, en parallèle, des navires avec équipage à des navires automatisés et autonomes, va engendrer une forte demande de communication navire-navire et navire-terre ainsi que d'échange et d'analyse de données. (Une nouvelle réglementation reposant sur une approche fondée sur les risques sera également nécessaire.) Jusqu'ici, la sécurité des réseaux et des systèmes d'information dans le secteur maritime n'a guère reçu d'attention. Cela explique que la sensibilisation aux besoins et aux défis en matière de cybersécurité soit très faible, voire inexistante, dans le secteur (ENISA, 2011). Le rapport ENISA souligne en outre les risques liés à la complexité des TIC et au manque de prise en compte des questions de cybersécurité :

> Du fait de la complexité des TIC et de l'utilisation de technologies spécifiques, la mise en place de dispositions de sécurité appropriées aux systèmes maritimes pose des problèmes particuliers. Le développement technologique rapide et la course vers une automatisation totale dans le secteur maritime ont parfois détourné l'attention des aspects liés à la sécurité.
>
> On peut citer l'exemple du nombre croissant d'éléments d'infrastructure des TIC (dispositifs SCADA, par exemple) utilisés dans les ports et connectés à l'internet – même lorsque cela n'est pas vraiment nécessaire – sans souci d'en renforcer la sécurité. La vulnérabilité engendrée par ces failles dans la sécurité des systèmes TIC du secteur peut menacer non seulement les services qui en dépendent, mais aussi les couches d'infrastructure communes (bases de données, systèmes hébergeant des informations sensibles, etc.).

Le contexte réglementaire actuel du secteur maritime aux niveaux mondial, régional et national ne tient guère compte des questions de cybersécurité. La plupart du temps, la réglementation en matière de sécurité prévoit uniquement des dispositions liées à la sûreté et à la sécurité physique, à l'instar du Code international pour la sûreté des navires et des installations portuaires (ISPS) et d'autres règlements sur la sécurité et la sûreté maritimes, tels que le Règlement (CE) n° 725/2004 du Parlement européen et du Conseil du 31 mars 2004 relatif à l'amélioration de la sûreté des navires et des installations portuaires. Ces règlements n'envisagent pas les cyberattaques comme des menaces potentielles d'actes illicites (ENISA, 2011).

Le NCC a exprimé des inquiétudes du même ordre au sujet de cybermenaces dans le secteur maritime, mettant en lumière les points de vulnérabilité de la connectivité et des logiciels des systèmes ECDIS (NCC Group, 2014). En janvier 2015, la Garde côtière des États-Unis a tenu une réunion interinstitutions à Washington pour recueillir des avis sur l'élaboration de méthodes d'évaluation de la cybersécurité des installations et des navires placés sous son autorité[3].

Au niveau international, le thème de la cybersécurité commence à peine à entrer dans le champ réglementaire. Lors de sa 94e session tenue en novembre 2014, le Comité de la sécurité maritime (CSM) de l'OMI s'est penché sur l'adoption d'une proposition d'élaboration de directives volontaires sur les pratiques de cybersécurité destinées à protéger les cybersystèmes sur lesquels repose le fonctionnement des ports, des navires et des installations marines, ainsi que d'autres éléments du système de transport maritime, et à renforcer leur résilience[4].

Comme pour les cybermenaces qui pèsent sur d'autres infrastructures critiques, en attendant qu'une réglementation internationale se mette en place, il incombera en premier lieu au secteur lui-même d'agir pour assurer la protection de ses réseaux et de ses activités.

Conclusions

Les progrès que nous avons évoqués ici et que l'on peut attendre de la réglementation internationale de certains secteurs maritimes dans les prochaines années semblent indiquer que les avancées scientifiques et technologiques suivent un rythme beaucoup plus rapide que la mise en place de la coopération réglementaire à l'échelle internationale. C'est particulièrement le cas pour les secteurs maritimes émergents, mais cela s'applique aussi – quoique dans une moindre mesure – aux secteurs établis. Le vide réglementaire est comblé, du moins en partie, par des initiatives des parties prenantes – entreprises, organisations de normalisation volontaire ou organismes de certification. Cela étant, à mesure que les activités liées à la mer vont s'intensifier à l'échelle mondiale et que la pression sur les ressources naturelles et l'espace maritime va croître, il deviendra nécessaire d'en améliorer l'intendance, ce qui donnera probablement un nouveau souffle à la collaboration internationale sur les questions réglementaires. Ces questions et des sujets connexes sont abordés de nouveau au chapitre 9, consacré à la gouvernance et à la gestion de la mer d'ici à 2030.

Notes

1. On trouvera des exemples dans Lloyd's Register Marine, « Future IMO Legislation », à l'adresse suivante :www.lr.org/en/_images/213-35746_Future_IMO_legislation.pdf.
2. Consultable en ligne à l'adresse suivante : www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=60906.
3. http://mariners.coastguard.dodlive.mil/2015/01/23/1232015-guidance-on-maritime-cyber-security-standards-part-3-cyber-command-remarks.
4. www.imo.org/MediaCentre/PressBriefings/Pages/37-MSC-94-preview.aspx#.VPJF9vmUf14.

Références

CNUCED (2014), *Review of Maritime Transport 2015*, Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, New York et Genève, http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2015_en.pdf.

Cullinane, K. et R. Bergqvist (2014), « Emission control areas and their impact on maritime transport », *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 28, mai, pp. 1-5, http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2013.12.004.

Earls, E. (2013), « Steering a course through offshore energy regulations », *Worldwind Technology*, 14 août, www.windpower-international.com/features/featuresteering-a-course-through-offshore-wind-energy-regulations.

Elefant, C. (2009), « Overview of global regulatory processes for permits, consents and authorization of marine renewables », dans : *Ocean Renewable Energy Coalition (OREC) Annual Report 2009*, http://lawofficesofcarolynelefant.com/renewablesoffshore/wp-content/uploads/2010/04/CE_IEA_Rpt.pdf.

ENISA (2011), « Analysis of cyber security aspects in the maritime sector », Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information, novembre, Heraklion, Grèce, www.enisa.europa.eu/activities/Resilience-and-CIIP/critical-infrastructure-and-services/dependencies-of-maritime-transport-to-icts/cyber-security-aspects-in-the-maritime-sector-1/at_download/fullReport.

EWEA (2012), « Delivering offshore electricity to the EU: Spatial planning of offshore renewable energies and electricity grid infrastructures in an integrated EU maritime policy », Seanergy 2020, Final Project Report, mai, www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/Seanergy_2020.pdf.

Farrington, J.W. (2013), « Oil pollution in the marine environment I: Inputs, big spills, small spills, and dribbles », *Environment*, vol. 55, n° 6, http://dx.doi.org/10.1080/00139157.2013.843980.

Gjerde, K.M. et al. (2008), « Regulatory and governance gaps in the international regime for the conservation and sustainable use of marine biodiversity in areas beyond national jurisdiction », Marine Series n° 1, *IUCN Environmental Policy and Law Papers*, UICN, Gland, Suisse, https://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_marine_paper_1_2.pdf.

Hannington, M. (à paraître), « Prospects and challenges of deepsea mining », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Lawson, J. (2011), « Offshore wind still at sea over safety regulation », *Power Engineering International*, 1er novembre, www.powerengineeringint.com/articles/print/volume-19/issue-10/features/offshore-wind-still-at-sea-over-safety-regulation.html.

Lloyd's Register (2014), « Global marine fuel trends 2030 », Lloyd's Register Global Technology Centre, Londres, www.lr.org/en/_images/213-34172_Global_Marine_Fuel_Trends_2030.pdf.

NCC Group (2014), « Preparing for cyber battleships – Electronic chart display and information system security », NCC Group, www.nccgroup.trust/globalassets/our-research/uk/whitepapers/2014-03-03_-_ncc_group_-_whitepaper_-_cyber_battle_ship_v1-0.pdf.

Notteboom, T. (2011), « The impact of low sulphur fuel requirements in shipping on the competitiveness of roro shipping in Northern Europe », *WMU Journal of Maritime Affairs*, vol. 10, n° 1, pp. 63-95, http://dx.doi.org/10.1007/s13437-010-0001-7.

OCDE (2014), *The Competitiveness of Global Port-Cities*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264205277-en.

OCDE et FIT (2015), *Perspectives des transports FIT 2015*, Éditions OCDE, Paris/FIT, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789282107805-fr.

OMI (2014), *Third IMO GHG Study 2014*, Organisation maritime internationale, Londres.

ONU (2015), Élaboration, dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, d'un instrument international juridiquement contraignant sur la conservation et l'exploitation durable de la biodiversité marine dans les zones situées au-delà des limites de la juridiction nationale, Assemblée générale de l'ONU, A/69/L.65, www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/69/L.65&referer=/english/&Lang=F.

Rochette, J. (2014), « International regulation of offshore oil and gas activities: Time to head over the parapet », *Policy Briefs*, n° 06/2014, Iddri.

Schroeder-Hinrichs, J.U. et al. (2013), « Sustainable ocean development in the Arctic: Making a case for marine spatial planning in offshore oil and gas exploration », dans : Chircop, A., S. Coffen-Smout et M. McConnell (dir. pub.), *Ocean Yearbook 27*, Martinus Nijhoff Publishers, pp. 503-530, http://dx.doi.org/10.1163/22116001-90000171.

Sirnivas, S. et al. (2014), « Assessment of offshore wind system design, safety, and operation standards », Technical Report NREL/TP-5000-60573, janvier, National Renewable Energy Laboratory.

Chapitre 6.

Mesure de la contribution économique mondiale des secteurs d'activité liés à la mer

L'économie de la mer comprend les secteurs d'activité liés à la mer et les écosystèmes marins. Il reste toutefois beaucoup à faire pour établir une comptabilité environnementale qui chiffre la valeur des services écosystémiques et des actifs naturels des océans à l'échelle mondiale. Ce chapitre se limite donc à mesurer la valeur des secteurs d'activité liés à la mer dans le monde, jusqu'à ce qu'il se présente une occasion favorable de réaliser de nouvelles études sur l'évaluation monétaire des écosystèmes marins. Après quelques observations sur les questions actuelles que posent les mesures, il décrit la Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer*, sa composition structurelle ainsi que les sources et les données utilisées. Le reste du chapitre est consacré à une partie des constatations tirées de cette nouvelle base de données, notamment l'estimation de la valeur mondiale de l'économie de la mer sur la base des activités sélectionnées et du niveau approximatif d'emploi de ces différentes activités, et une ventilation par secteur et par grande région géographique.*

La valeur ajoutée et les chiffres de l'emploi des activités liées à la mer retenues sont calculés à partir de la *Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer*, qui a été élaborée spécifiquement pour le présent projet. Cette base, qui comprend 169 pays côtiers, vise à harmoniser les hypothèses, les méthodes de mesure et les indicateurs adoptés pour estimer la taille de l'économie de la mer. Elle utilise en grande partie des sources de l'ONU et de l'OCDE pour recueillir des données sectorielles sur le stock de capital physique, l'emploi et la valeur ajoutée des activités liées à la mer définies dans la troisième révision de la Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique (CITI Rév. 3). Lorsque les données officielles étaient incomplètes, on a utilisé des indicateurs de substitution fondés sur des rapports nationaux et des sources secondaires. La contribution économique des dix secteurs d'activité liés à la mer sélectionnés ici en raison de leur importance économique et de la disponibilité de données est évaluée à 1 500 milliards USD en valeur ajoutée directe pour 2010 (2.5 % environ de la valeur ajoutée mondiale). Les secteurs qui représentaient la majeure partie de la valeur ajoutée mondiale étaient l'exploration et la production de pétrole et de gaz en mer, le tourisme maritime et côtier, les activités portuaires et les équipements maritimes. L'emploi direct a été estimé à plus de 31 millions d'emplois en équivalent temps plein (ce qui équivaut approximativement à l'ensemble de la population active de la France en 2010). À elle seule, la pêche industrielle comptait pour un tiers de cet emploi.

De nombreuses raisons poussent à déterminer la valeur des secteurs d'activité liés à la mer, que ce soit au niveau national, régional ou mondial. Cela permet de montrer l'importance de ces activités et de les rendre plus visibles aux yeux de l'opinion ; les décideurs publics sont ainsi sensibilisés, et les branches d'activité concernées sont alors plus en vue dans le champ de l'action publique ; cela permet aussi de suivre dans le temps les progrès de leur développement ainsi que leur contribution, en termes monétaires et en nombre d'emplois, à l'économie globale ; enfin, cela corrobore l'idée que les secteurs liés à la mer constituent un ensemble, les activités de cet ensemble ayant pour dénominateur commun la mer, son utilisation et ses ressources.

Au cours des 15 dernières années approximativement, un grand nombre de pays ont tenté d'évaluer l'économie de la mer à l'aune de la contribution des activités maritimes à l'économie (voir l'annexe 6.A1). Ce qui frappe dans les résultats du tableau 6.A1.1, c'est que la fourchette des estimations est extraordinairement grande – la part des secteurs d'activité liés à la mer dans le produit intérieur brut (PIB) des différents pays varie de moins de 1 % à 26 %. Ces fortes disparités sont dues aux raisons suivantes : l'importance de ces secteurs et les données disponibles sur le sujet varient selon les pays examinés ; on constate des différences considérables dans la méthode, les définitions, l'année d'évaluation et le champ étudié (activités incluses ou exclues) ; et les sources (officielles, semi-officielles ou privées) d'où les statistiques ont été tirées sont de qualité inégale.

Il apparaît immédiatement que pour obtenir une estimation globale de la contribution économique mondiale des secteurs d'activité liés à la mer, il ne suffit pas d'additionner les diverses estimations nationales.

Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer

La *Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer* sert de fondement pour mesurer la contribution des secteurs d'activité liés à la mer à la production économique mondiale, en valeur ajoutée brute (VAB) et en emploi. Comme il était nécessaire de disposer d'un ensemble de statistiques officielles internationales aussi complet que possible, l'année de référence retenue a été 2010.

À ce jour, les activités économiques comprises dans la base de données sont les suivantes :

- Transport par eau : transport de marchandises et de voyageurs par mer, généralement appelé « transport maritime ». Cette activité ne comprend toutefois pas la construction et la réparation des navires.
- Activités portuaires : exploitation et gestion des ports, ce qui englobe notamment les activités de stockage, de chargement et de déchargement. Les activités d'aménagement et de construction des ports sont aussi comprises dans ce secteur ; elles permettent de mesurer les investissements dans les installations et leur entretien.
- Tourisme maritime et côtier : activités de tourisme et de loisirs liées à la mer, y compris les croisières et les nouvelles destinations (l'Arctique et l'Antarctique, par exemple).
- Transformation industrielle des produits de la pêche : transformation des produits de la mer.
- Pêche industrielle : prises provenant de populations naturelles de poissons.
- Aquaculture marine industrielle : production de produits de la mer.
- Pétrole et gaz en mer : exploration et production de pétrole et de gaz en mer, y compris l'exploitation et la maintenance des équipements associés à cette activité (ne comprend pas la valeur réelle du pétrole brut, ce qui augmenterait sensiblement la contribution de l'activité).
- Éolien en mer : production d'électricité à partir de turbines éoliennes installées en mer.
- Construction et réparation navales : construction, réparation et entretien des navires de toutes tailles, des plateformes en mer et des navires avitailleurs.
- Équipements maritimes : fabrication des équipements et matériels maritimes, tels que les machines, les vannes, les câbles, les capteurs, l'accastillage ou les fournitures pour l'aquaculture.

Sous réserve de disponibilité des données, on pourrait ajouter à la liste ci-dessus d'autres secteurs d'activité liés à la mer, comme les services aux entreprises des secteurs maritimes, la biotechnologie marine, l'exploitation des énergies d'origine marine, l'exploitation minière des fonds marins et la surveillance maritime (voir l'annexe 1.A1 pour connaître l'ensemble des activités maritimes qu'il est possible de prendre en compte). Le groupe de secteurs d'activité retenu dans ce chapitre est plus réduit faute de données disponibles.

Sources et données utilisées

Les calculs ci-après ont été effectués à partir de la *Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer*, élaborée spécifiquement pour le présent projet. Cette base comprend 169 pays côtiers, exploite en priorité les statistiques officielles harmonisées et s'appuie aussi, en l'absence de données officielles, sur des sources semi-officielles de la meilleure qualité possible. Les sources de l'ONU et de l'OCDE sont utilisées pour recueillir des données sectorielles sur le stock de capital physique, l'emploi et la valeur ajoutée des activités liées à la mer définies dans la CITI Rév.3, à savoir la pêche (pêche

de capture et aquaculture), la transformation des produits de la pêche, le transport par eau (transport maritime) et la construction et la réparation navales (à l'exclusion des équipements maritimes). Plus précisément, le Système de comptabilité nationale des Nations Unies (UNSNA), l'*International Yearbook of Industrial Statistics* de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) et la base de données STAN (Analyse structurelle) de l'OCDE ont été exploités afin de réunir des données sur les quatre secteurs mentionnés ci-dessus. La valeur ajoutée générée par la construction et la réparation navales a été calculée à partir de la base de données IHS (IHS, 2016) de façon à inclure un plus grand nombre de pays appartenant à la catégorie des pays à faible revenu ou à revenu intermédiaire. Les données relatives aux branches d'activité non définies dans la CITI Rév.3 ont été extraites de rapports sectoriels d'autres organisations internationales et d'associations professionnelles. Celles sur l'exploitation de pétrole et de gaz en mer et sur l'éolien en mer proviennent principalement de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et de l'Association européenne de l'énergie éolienne (EWEA). Les chiffres relatifs au tourisme maritime et côtier ont été estimés à partir des données sur les dépenses touristiques tirées des *Tendances et politiques du tourisme* de l'OCDE (OCDE, 2014). Pour plus d'informations, voir Liebender et al. (à paraître).

Les données ont été réunies à plusieurs niveaux.

- Au premier niveau, les données ont été recueillies auprès d'institutions internationales, telles que l'UNSNA et l'*International Yearbook of Industrial Statistics* de l'ONUDI[1].
- Le deuxième niveau comprend les données de l'OCDE, qui sont utilisées à la place de celles de l'ONU en cas de chevauchement.
- Le troisième niveau est celui des sources secondaires, qui comprennent les rapports des différents pays, les rapports sectoriels et les associations commerciales mondiales. Pour certaines activités, les données émanant de ces sources secondaires remplacent celles de l'OCDE et de l'ONU si elles sont plus récentes.

Les données relatives aux secteurs d'activité liés à la mer ont été sélectionnées à partir de la CITI Rév.3, qui est gérée et publiée par l'ONU. La plupart des pays transposent la CITI dans leur système statistique national. Pour les travaux de recherche futurs, il serait utile qu'un plus grand nombre de pays adoptent la CITI Rév.4 comme système de classification statistique pour l'économie de la mer. Cela permettrait des comparaisons plus détaillées entre les pays. Toutefois, tous les secteurs pertinents et relevant de l'économie de la mer ne sont pas définis comme tels dans la CITI ni dans les comptes statistiques nationaux. Les codes de la CITI à trois ou quatre chiffres ne sont pas suffisamment détaillés pour lister toutes les activités mentionnées plus haut. Aux fins de la présente analyse, ce sont les données de la CITI Rév.3 qui ont été utilisées, car les pays sont plus nombreux à se référer à cette version plutôt qu'à la révision 4 ultérieure (voir l'annexe 6.A1 pour obtenir une estimation, calculée à partir de la fonction Cobb-Douglas, de la valeur ajoutée et du nombre d'emplois qu'offrent les activités liées à la mer définies conformément à la CITI Rév.3).

Estimation de la valeur ajoutée et du nombre d'emplois de l'économie de la mer à l'échelle mondiale

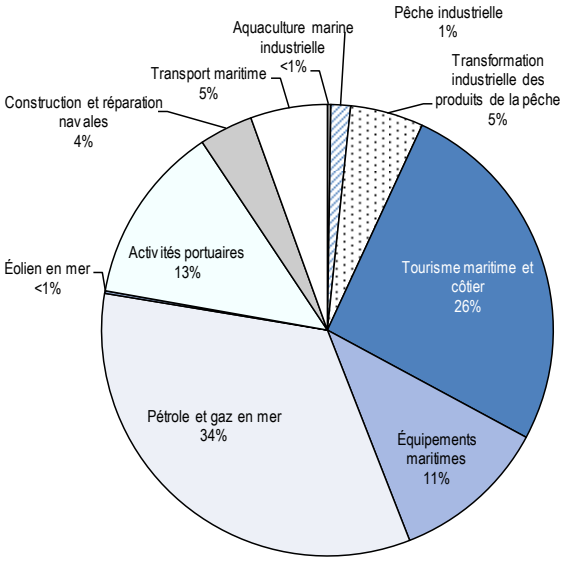
Pour mesurer la contribution d'un secteur à l'ensemble de l'économie (et effectuer des comparaisons entre pays), on utilise la part de VAB[2] de préférence à la part de PIB. Le Système de comptabilité nationale (SCN) recommande d'utiliser la VAB aux prix de base à cet effet. La différence entre la VAB sectorielle totale et le PIB total est égale aux

impôts diminués des subventions sur les produits, un chiffre qui varie d'un pays à l'autre. Cet ajustement est effectué au niveau agrégé (total de l'économie), parce que les séries chronologiques des impôts diminués des subventions sur les produits sont parfois disponibles par produit, mais généralement pas par secteur. Lors de l'évaluation de 2010 de la contribution (valeur ajoutée et emploi) à l'économie mondiale des secteurs d'activité liés à la mer, les questions ci-après ont été posées.

- À combien s'est élevée la valeur ajoutée directe des secteurs d'activité liés à la mer dans l'économie mondiale en 2010 ?
- Quel a été le nombre d'emplois directs dans les secteurs d'activité liés à la mer en 2010 ?

Pour résumer, la valeur ajoutée créée en 2010 par les secteurs d'activité liés à la mer retenus ici s'est élevée à 1 500 milliards USD (en USD de 2010), soit 2.5 % environ de la VAB mondiale (qui avoisinait les 59 000 milliards USD). L'Asie et l'Europe ont contribué pour deux tiers environ à la VAB totale. Le pétrole et le gaz représentaient à eux seuls près de 34 % de la valeur ajoutée créée par les secteurs d'activité liés à la mer, devant le tourisme maritime et côtier (26 % ; graphique 6.1). Venaient ensuite les activités portuaires – valeur ajoutée directe du volume d'activité portuaire mondiale – (13 %), suivies des équipements maritimes (11%), du transport par eau (5 %), de la transformation industrielle de la production mondiale de produits de la mer (5 %) et de la construction et de la réparation navales (4 %). Des parts plus faibles ont été enregistrées par la pêche industrielle (1 %), l'aquaculture marine industrielle (0.3 %) et l'éolien en mer (0.2 %). La prise en compte de l'estimation de la valeur ajoutée générée par la pêche artisanale (principalement en Afrique et en Asie) aurait ajouté des dizaines de milliards de dollars des États-Unis au total de la pêche de capture.

Graphique 6.1. **Valeur ajoutée des secteurs d'activité liés à la mer par secteur, en 2010**



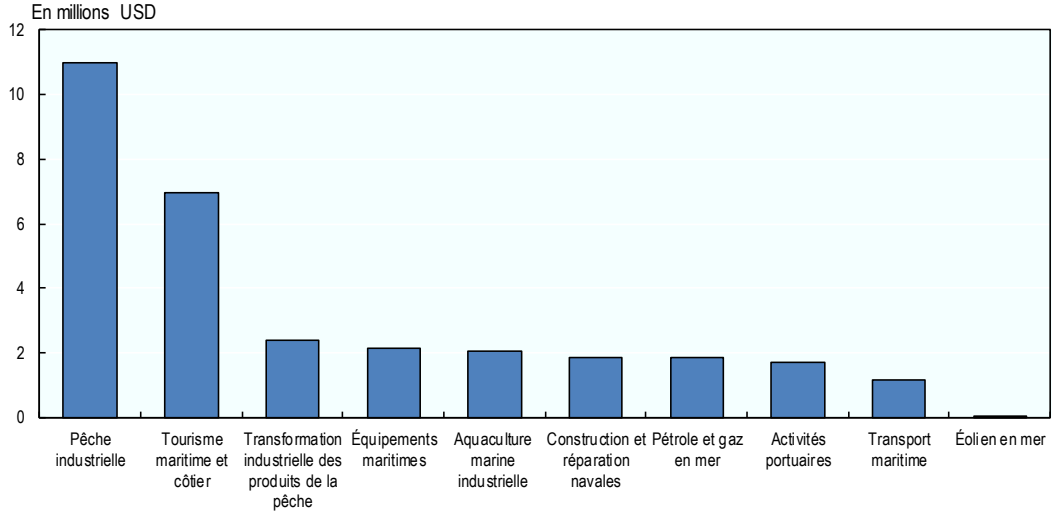
StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334614

Note : La pêche artisanale n'est pas prise en compte dans cette vue d'ensemble.

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014) ; OCDE (2014a, 2014b) ; et différents rapports sectoriels.

Les secteurs d'activité liés à la mer ont fourni quelque 31 millions d'emplois directs à temps plein en 2010, ce qui représente 1 % environ de la main-d'œuvre mondiale ou approximativement 1.5 % de la population active mondiale occupée (en faisant l'hypothèse d'un taux d'activité de 63 %). Comme on le voit sur le graphique 6.2, les principaux employeurs étaient la pêche industrielle (36 %) et le tourisme maritime et côtier (23 %). La part de chacun des autres secteurs était comprise entre moins de 1 % et 8 %.

Graphique 6.2. **Emploi des secteurs d'activité liés à la mer par secteur, en 2010**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334627

Note : La pêche artisanale n'est pas prise en compte dans cette vue d'ensemble.

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014) ; OCDE (2014a, 2014b) ; et différents rapports sectoriels.

Un certain nombre de remarques restrictives s'imposent. Premièrement, la part en pourcentage de l'emploi total attribuée à la pêche de capture augmenterait considérablement si l'on prenait en compte le nombre total d'emplois de la pêche artisanale, lequel ajouterait environ 100 millions de pêcheurs (pêche de capture et aquaculture, y compris les activités continentales) au total général. Deuxièmement, le secteur de la transformation industrielle des produits de la pêche ne prend pas en compte les millions de personnes (principalement des femmes) qui contribuent à des activités de transformation artisanale de ces produits (pour plus d'informations, voir plus loin les sections de ce chapitre consacrées à la pêche de capture, à l'aquaculture et à la transformation des produits de la pêche).

Estimation de la valeur ajoutée et du nombre d'emplois dans une sélection de secteurs d'activité liés à la mer

Transport maritime et côtier (transport maritime)

Le code 6110 de la CITI Rév.3 définit le transport par eau comme étant le « transport maritime et côtier de voyageurs et de marchandises »[3] et rattache la valeur ajoutée et les emplois au lieu d'enregistrement des entreprises de transport maritime. La valeur ajoutée et les emplois du tourisme de croisière ont été exclus du transport par eau et ajoutés au

tourisme. Par conséquent, la valeur ajoutée mondiale du transport maritime et côtier s'est élevée à 60 milliards USD environ en 2010. Il convient de noter que l'on ne disposait d'ensembles cohérents de données officielles sur la valeur ajoutée et l'emploi que pour les pays de l'OCDE ; les données relatives aux pays émergents et aux pays en développement étaient incomplètes. L'utilisation des seules données émanant d'entreprises enregistrées dans les économies de l'OCDE aurait toutefois entraîné des biais dans les calculs, aussi a-t-il fallu procéder à des approximations. Un ratio moyen pondéré « représentatif » de la valeur ajoutée par tonne de fret[4] a été calculé, puis appliqué aux principales économies partenaires de l'OCDE (Brésil, République populaire de Chine, Inde, Indonésie, Fédération de Russie, Singapour et Thaïlande) (pour plus d'informations, voir Liebender et al. [à paraître]). Cette correction augmente la valeur ajoutée du transport maritime de 23 milliards USD, ce qui porte le total mondial à 83 milliards USD.

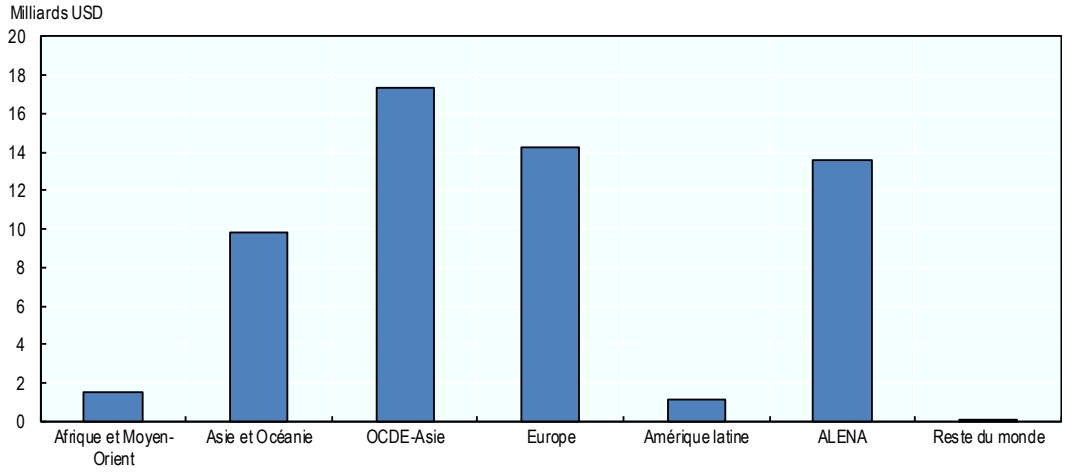
Le nombre d'emplois à temps plein dans les entreprises de transport maritime enregistrées dans ces pays est évalué à 293 000 environ en 2010 (cette estimation comprend les emplois réguliers, mais pas les travailleurs détachés travaillant en sous-traitance). Cela étant, compte tenu du manque de données officielles, ce chiffre ne comprend pas les gens de mer originaires des économies partenaires de l'OCDE, estimés par la Chambre internationale de la marine marchande à 200 000 officiers employés à temps complet et à plus de 700 000 hommes d'équipage (matelots de pont sans certificat d'aptitudes) supplémentaires. Le nombre total d'emplois dans le transport maritime est donc évalué à 1.2 million environ. La majorité des hommes d'équipage du secteur sont recrutés dans les pays en développement, en particulier en Extrême-Orient et en Asie du Sud-Est. L'Inde et les Philippines sont de très grands pourvoyeurs de main-d'œuvre, nombre de gens de mer originaires de ces pays s'enrôlant à bord de navires sous pavillon étranger exploités par des entreprises internationales de transport maritime. La Chine a également connu une forte augmentation du nombre de gens de mer, mais, pour le moment, la plupart d'entre eux travaillent sur des navires chinois pour répondre aux besoins intérieurs.

Construction et réparation navales

L'ensemble des navires construits en 2010 représente 96.4 millions de tonneaux de jauge brute ; il s'agit en majorité de porte-conteneurs, de vraquiers et de pétroliers, ces trois catégories représentant au total 77 millions de tonneaux. La contribution économique totale correspondant aux navires achevés en 2010 a été estimée à 58 milliards USD environ. D'après les estimations, c'est l'Asie qui possède la plus grosse part de marché, avec 47 %, suivie de l'Europe (25 %) et de l'Amérique du Nord (23 %) (graphique 6.3). Néanmoins, il convient de noter que l'année 2010 marque le milieu d'une période durant laquelle les niveaux de construction navale ont été particulièrement élevés, ce qui s'est traduit plus tard par une surcapacité.

En 2010, la construction et la réparation navales comptent pour 1.9 million d'emplois environ. La plupart des chantiers navals étant situés en Asie, la majorité des emplois se trouvent dans cette région, notamment en Chine, en Corée, en Indonésie et au Japon. Ces pays représentent près de 60 % des emplois du secteur. Les chantiers navals d'Europe et d'Amérique du Nord totalisent 0.6 million d'emplois, soit approximativement 30 % de l'emploi mondial du secteur (graphique 6.4).

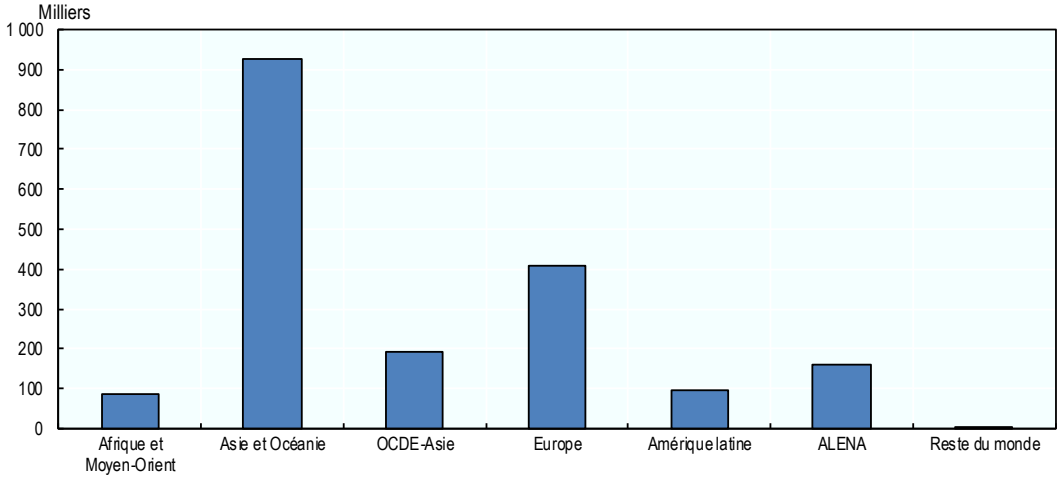
Graphique 6.3. **Valeur ajoutée de la construction et de la réparation navales, par région, en 2010**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334657

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base IHS Global Insights.

Graphique 6.4. **Emploi dans le secteur de la construction et de la réparation navales, par région, en 2010**



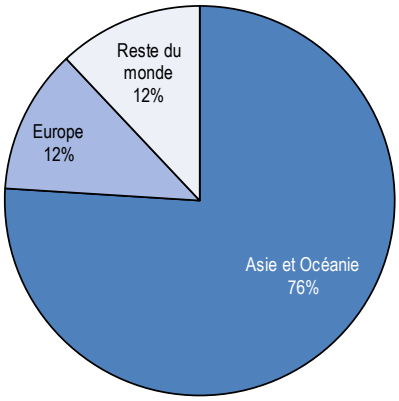
StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334662

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE.

Équipements maritimes

La valeur ajoutée mondiale des équipements maritimes est estimée à 168 milliards USD en 2010, la majeure partie étant réalisée par l'Asie. Le continent asiatique représente en effet plus des trois quarts du marché mondial, la Chine et la Corée représentant plus de la moitié à elles seules. Le Japon, le reste de l'Asie, l'UE-28 et le reste du monde comptent chacun pour 12 % (graphique 6.5). D'après les données calculées par approximation par BALance Technology Consulting (2014), les équipements maritimes ont fourni 2.1 millions d'emplois à temps plein en 2010[5].

Graphique 6.5. **Valeur ajoutée des équipements maritimes, par région, en 2010**



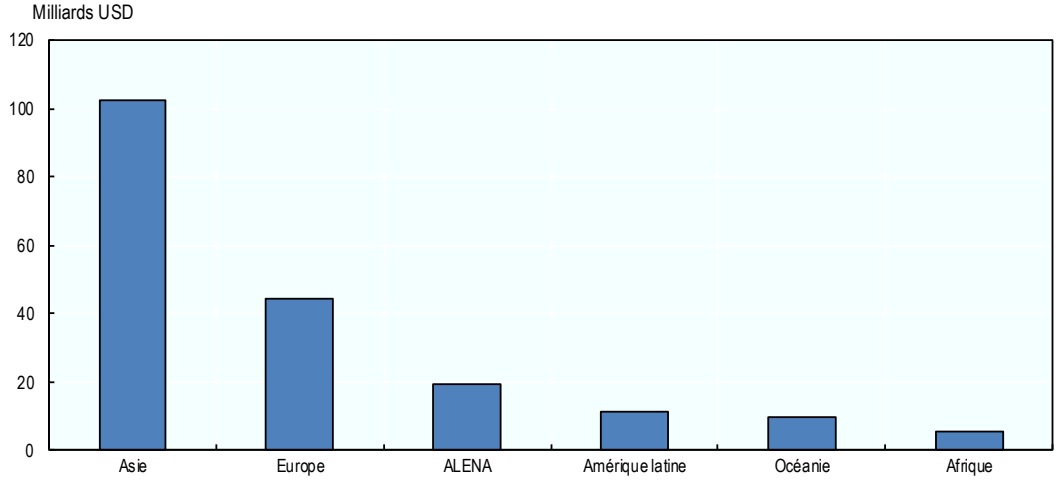
StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334670

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après BALance Technology Consulting (2014).

Activités portuaires

D'après la base de données FIT/OCDE consacrée aux activités portuaires mondiales, qui comprend les 830 premiers ports par le tonnage et près de 100 % de la manutention dans le monde, la valeur ajoutée directe du volume d'activité portuaire mondiale se chiffre à 193 milliards USD en 2009. Le graphique 6.6 montre que d'après les estimations, plus de la moitié de la valeur ajoutée mondiale des activités portuaires est réalisée en Asie, laquelle contribue à hauteur de 102 milliards USD environ à l'économie mondiale. Ce continent représente 53 % du volume d'activité portuaire mondiale, devant l'Europe (23%), la région ALENA (10 %), l'Amérique du Sud (6 %), l'Océanie (5 %) et l'Afrique (3 %). En 2009 toujours, l'emploi direct généré par le total des activités portuaires mondiales est estimé à 1.7 million d'emplois à temps plein (pour plus d'informations, voir Liebender et al. [à paraître]).

Graphique 6.6. **Valeur ajoutée directe du volume d'activité portuaire mondiale, par région, en 2009**



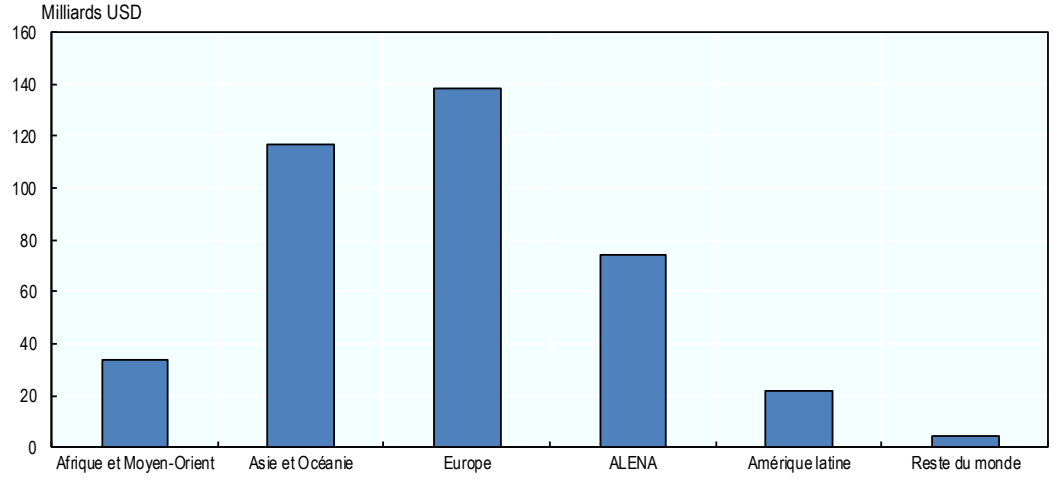
StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334685

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après les données FIT/OCDE ; OCDE (2004b).

Tourisme maritime et côtier

D'après la consommation touristique par pays (OCDE, 2014a) et une décomposition du tourisme total pour isoler le tourisme maritime et côtier, la valeur ajoutée directe de ce dernier à l'échelle mondiale est estimée à 390 milliards USD (graphique 6.7). Avec 35 % du total, l'Europe génère la plus grande part de cette valeur ajoutée, devant l'Asie et l'Océanie (30 %), la région ALENA (19 %), l'Afrique (9 %) et l'Amérique latine (6 %). En 2013, le secteur du tourisme maritime et côtier compte 7 millions d'emplois directs à temps plein (WTTC, 2014).

Graphique 6.7. **Valeur ajoutée du tourisme maritime et côtier, par région, en 2010**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334699

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après OCDE (2014) ; Banque mondiale (2013) ; Banque mondiale, IDM (s. d.) ; OMT (2011).

Selon l'OMT (2011), c'est l'Europe qui enregistre le plus grand nombre d'arrivées de touristes internationaux au total (y compris le tourisme terrestre), 480 millions environ, suivie de l'Asie et du Pacifique, 205 millions, ce qui représente une part de 51 % pour l'Europe et de 22 % pour l'Asie et le Pacifique. En outre, c'est en Europe que le tourisme émetteur est le plus élevé, soit 509 millions de départs internationaux environ.

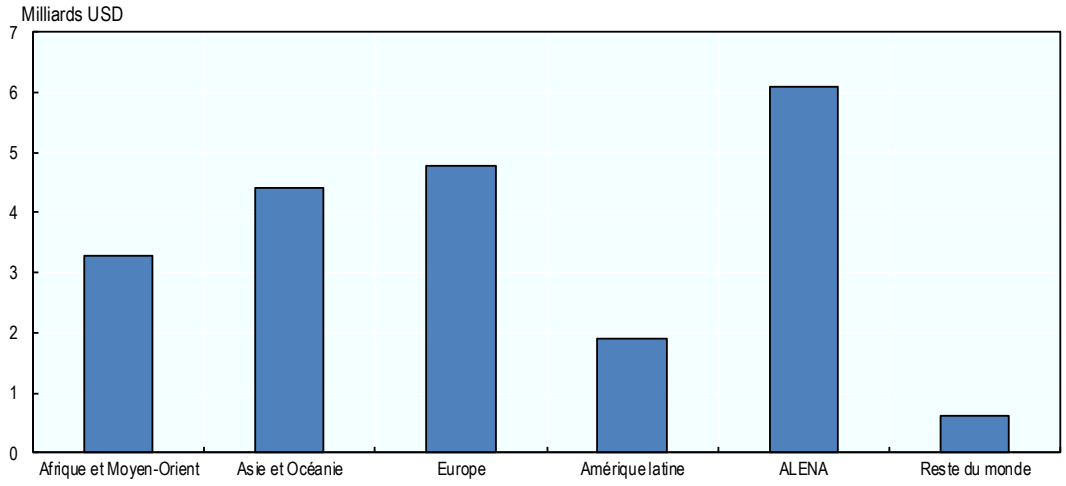
D'après les données relatives à la distribution régionale de la valeur ajoutée (*European Cruise Council*, 2010), on estime qu'en 2010, le tourisme de croisière crée une valeur ajoutée de quelque 17.8 milliards USD et occupe 150 000 personnes. Ces chiffres ne comprennent toutefois pas les effets indirects du secteur, qui porteraient le total à un niveau nettement supérieur.

Pêche industrielle

Au total, la valeur ajoutée mondiale de la pêche industrielle est estimée à 21 milliards USD environ en 2010. La région ALENA arrive en tête (plus de 6 milliards USD), devant l'Europe et l'Asie (graphique 6.8).

La pêche industrielle représente environ 11 millions d'emplois à temps plein dans le monde. En 2010, les régions comptant le plus grand nombre d'emplois dans ce secteur sont l'Asie et l'Océanie, qui cumulent à elles deux près de 7 millions de salariés à temps plein.

Graphique 6.8. **Valeur ajoutée de la pêche industrielle, par région, en 2010**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334707

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après UNSTAT, la base de données STAN de l'OCDE ; Banque mondiale (2013).

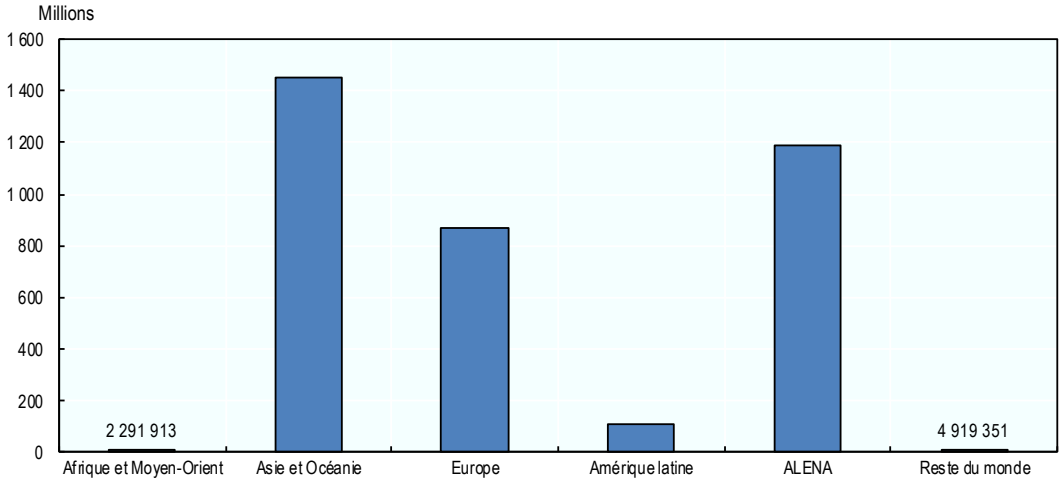
Les chiffres ci-dessus relatifs à la valeur ajoutée et à l'emploi portent uniquement sur la pêche industrielle enregistrée par les statistiques officielles. Ils sont sous-estimés à deux titres : premièrement la pêche maritime artisanale n'est pas prise en compte dans les statistiques officielles ; deuxièmement, comme Paul et Zeller (2016) l'ont fait remarquer, ces statistiques n'incluent pas les activités de pêche illicite, puisque ces dernières ne peuvent pas être enregistrées dans les débarquements officiels. L'ampleur de la pêche artisanale est considérable. D'après les estimations de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), cette pêche représente 90 % de l'ensemble des emplois du secteur de la pêche dans le monde, 45 % environ de la pêche mondiale et près d'un quart des prises mondiales, ce qui correspond à une valeur ajoutée de 18 milliards USD par an environ, créée en majorité en Afrique et en Asie, où la plupart des activités de pêche artisanale ont lieu. Par conséquent, si l'on ajoutait ces estimations aux activités de la pêche industrielle et aux données officielles, le total serait sensiblement différent en valeur absolue. La pêche artisanale ajouterait 35 millions d'emplois à temps plein environ au secteur de la pêche, encore que ce chiffre englobe à la fois la production continentale et la production marine. D'après les estimations de la FAO (2014), ce chiffre serait multiplié par deux si les pêcheurs à temps partiel étaient également pris en compte.

Aquaculture marine industrielle

L'Asie est la principale région d'exploitation de l'aquaculture marine en 2010. Cette région réalise en effet 83 % environ de la production mondiale totale, devant l'Europe (9 %) et l'ensemble de la région ALENA et de l'Amérique latine (7 %). La part en volume de l'aquaculture marine dans le total de la production aquacole mondiale (aquacultures marine et continentale, industrielle et artisanale) est de 38 %. Sur le plan régional, cette part est de 81 % pour l'Europe, 62 % pour l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud réunies, 35 % pour l'Asie et 1 % pour l'Afrique. En d'autres termes, même si l'Afrique compte 48 pays continentaux et 5 pays insulaires qui, pour la plupart, pratiquent l'aquaculture sous une forme ou une autre, la majeure partie de la production africaine repose sur l'aquaculture continentale.

Le graphique 6.9 montre que l'on estime à 3.6 milliards USD environ la valeur ajoutée mondiale de l'aquaculture marine industrielle en 2010. L'Asie est le plus grand producteur. La valeur ajoutée créée en Asie s'élève approximativement à 1.4 milliard USD, devant celle générée dans la région ALENA, 1.2 milliard USD environ.

Graphique 6.9. **Valeur ajoutée de l'aquaculture marine industrielle, par région, en 2010**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334717

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après UNSTAT, la base de données STAN de l'OCDE ; Banque mondiale (2013) ; FAO (2015).

Toujours en 2010, le nombre total d'emplois dans l'aquaculture industrielle est évalué à quelque 2 millions. En corollaire à la forte production asiatique, 92 % des emplois se situent en Asie et en Océanie, devant l'Europe (5 %) et l'ensemble de la région ALENA et de l'Amérique latine (3 %). La prise en compte de l'aquaculture artisanale, principalement en Afrique, en Asie et en Amérique latine, ajouterait 65 millions d'emplois environ au total, même si ce chiffre comprend à la fois la production continentale et la production marine.

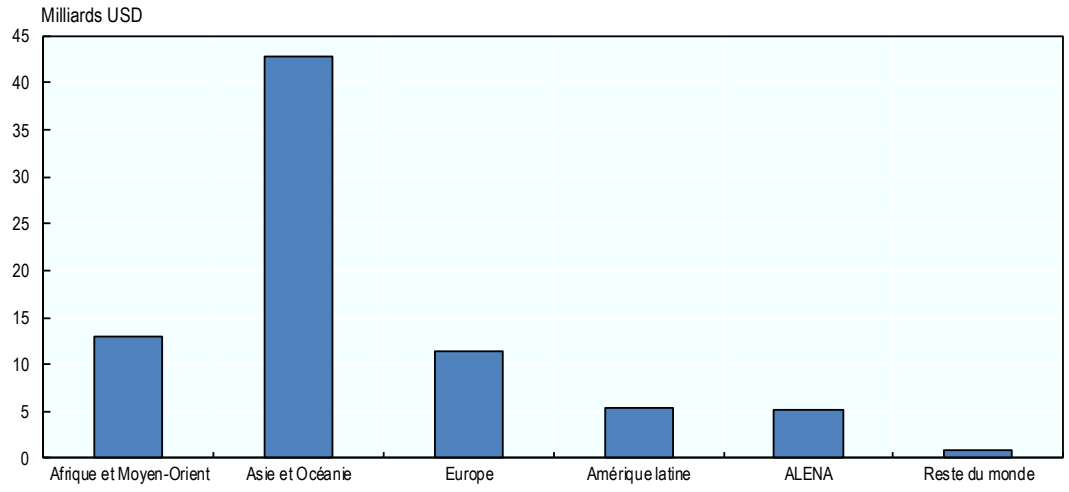
Transformation des produits de la pêche

On estime à 79 milliards USD environ la valeur ajoutée mondiale du secteur de la transformation des produits de la pêche en 2010. Le graphique 6.10 montre qu'en s'appuyant sur sa forte production de l'aquaculture et de la pêche, l'Asie a généré la part la plus élevée, soit 54 % de la valeur ajoutée mondiale du secteur de la transformation des produits de la pêche, suivie de l'Afrique et du Moyen-Orient (16 % au total) et de l'Europe (14 %). Les plus gros transformateurs mondiaux ont été la Chine, l'Indonésie, l'Inde, le Viet Nam, le Pérou, les États-Unis, le Myanmar, la Fédération de Russie, le Japon, le Bangladesh, la Norvège, les Philippines et la Thaïlande.

Au total, le secteur de la transformation des produits de la pêche représente 2.4 millions d'emplois à temps plein en 2010. L'Asie, principale région dans ce secteur, a généré la plus grande partie de ces emplois. L'Afrique, avec 0.5 million d'emplois à temps plein, affiche approximativement le même niveau d'emploi que l'Amérique latine et l'Amérique du Nord réunies. En sus du secteur de la transformation industrielle des

produits de la pêche, des millions de personnes (principalement des femmes) contribuent à des activités de transformation artisanale de ces produits.

Graphique 6.10. **Valeur ajoutée de la transformation des produits de la pêche, par région, en 2010**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334722

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après UNSTAT, la base de données STAN de l'OCDE ; Banque mondiale (2013) ; FAO (2015).

Pétrole et gaz en mer

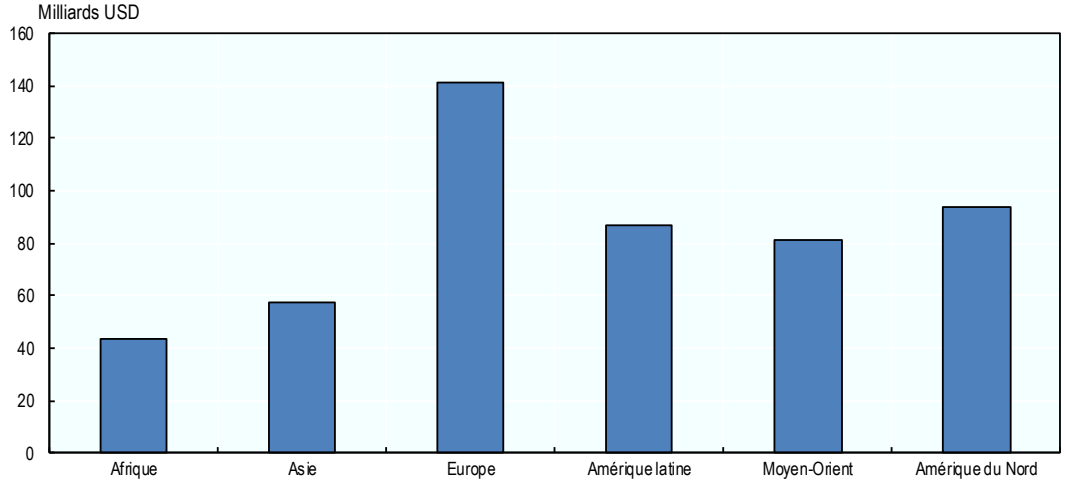
D'après l'hypothèse selon laquelle 32 % environ des activités pétrolières et gazières mondiales ont été réalisées en mer (voir APEC, 2014), la valeur ajoutée mondiale de l'exploration et de la production d'hydrocarbures en 2010 est estimée à 504 milliards USD. La majeure partie de ces activités ont été menées en Europe et en Amérique du Nord (graphique 6.11). Environ 270 plateformes pétrolières et gazières flottantes (Lloyds Register Marine, 2013) et plus de 9 000 plateformes fixes étaient exploitées, concentrées principalement dans les plus grands bassins sédimentaires riches en hydrocarbures, comme la mer du Nord, la Méditerranée, le golfe Arabo-Persique, l'Afrique de l'Ouest et de l'Est, l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud, l'Inde, la mer de Chine du Nord et du Sud, et l'Australie-Occidentale[6].

Il convient de noter que les chiffres relatifs à la valeur ajoutée comprennent les activités d'exploration et de production en eaux peu profondes, déjà bien établies, et celles en eaux profondes, qui constituent un secteur émergent. D'après les estimations de la production de pétrole brut en mer par site et région physiographiques publiées dans le document *World Energy Outlook 2012* de l'AIE (AIE, 2012), la production en eaux peu profondes représentait 93 % de la production totale, contre 7 % pour la production en eaux profondes. Selon un calcul très simplifié, il semble donc que la production de pétrole et de gaz en eaux peu profondes ait généré une valeur ajoutée avoisinant les 468 milliards USD, la production en eaux profondes ayant dégagé une valeur ajoutée de 35 milliards USD environ.

À l'échelle mondiale, le nombre d'emplois dans le secteur de l'exploitation de pétrole et de gaz en mer est estimé à 1.8 million approximativement en 2010[7]. Les emplois se déplacent du nord et de l'ouest vers l'est et le sud, en raison de coûts de main-d'œuvre inférieurs, ce qui accroît le nombre d'emplois en Amérique latine (notamment au Brésil),

laquelle génère désormais 24 % des emplois du secteur dans le monde, devant l'Europe (19%), l'Asie (17 %) et l'Amérique du Nord (16 %).

Graphique 6.11. **Valeur ajoutée de l'exploitation de pétrole et de gaz en mer, par région, en 2010**



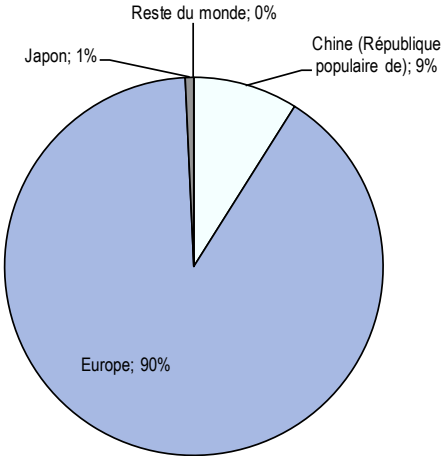
StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334733

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après AIE (2014) et AIE (2015).

Éolien en mer

La valeur ajoutée du secteur de l'éolien en mer est estimée à 2.9 milliards USD approximativement en 2010. Quelque 887 turbines éoliennes sont installées en mer (Lloyd's Register Marine, 2013), représentant une puissance installée de 340 gigawatts (GW) environ. Sur le graphique 6.12, on constate que la majorité de l'activité a été réalisée en Europe, qui totalise 91 % de la puissance installée, devant la Chine, 9 %. En 2010, le secteur comptait 38 000 emplois à peu près à l'échelle mondiale[8].

Graphique 6.12. **Valeur ajoutée de la production de l'éolien en mer, par région, en 2010**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334749

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après AIE (2014) ; APEC (2014) ; BTM Consulting (2010).

Conclusions

Les estimations ci-dessus soulignent l'importance pour l'économie mondiale des secteurs d'activité liés à la mer, en raison de leur contribution à fois à la croissance économique et à l'emploi à travers le monde. En outre, il convient de garder à l'esprit que ces estimations sont très prudentes. Premièrement, elles mesurent l'activité économique pratiquée à l'échelle industrielle. Pour plusieurs secteurs (pêche, aquaculture et transport maritime, par exemple), cela signifie l'exclusion de l'activité économique des artisans et des travailleurs indépendants, qui représente une part non négligeable de la valeur ajoutée et des emplois dans de nombreuses régions du monde. Deuxièmement, plusieurs activités majeures liées à la mer ne sont pas prises en compte dans la base de données. Ce problème tient en partie à la difficulté d'accès aux données à l'échelle internationale (comme dans le cas des services aux entreprises maritimes dans les domaines de la finance, du courtage et de l'assurance, ou des services de sécurité, de contrôle et de surveillance maritimes), et en partie au fait que certaines activités n'ont pas encore atteint le stade commercial au niveau mondial (biotechnologie marine, énergies renouvelables d'origine marine et exploitation minière des fonds marins, par exemple). Troisièmement, lors de l'utilisation d'approximations pour pallier l'absence de données, les auteurs ont presque toujours choisi de privilégier la prudence.

Il ressort de tous les points évoqués ci-dessus qu'il reste encore beaucoup à faire pour améliorer la qualité des données, leur couverture et les techniques de mesure, et parvenir ainsi à une évaluation plus précise des secteurs d'activité liés à la mer et de leur potentiel pour l'avenir. En particulier, il serait utile qu'un plus grand nombre de pays adoptent la CITI Rév.4 comme système de classification statistique pour l'économie de la mer, en y intégrant aussi les activités émergentes et en distinguant activités maritimes et continentales.

Enfin, pour dresser un tableau plus complet de l'ampleur et de la nature véritables de l'économie de la mer, il faut intensifier les travaux visant à calculer de manière plus systématique la valeur économique mondiale des actifs naturels et des services écosystémiques de la mer, comme on l'a indiqué au début du présent rapport.

Notes

1. Les données relatives aux activités sont collectées au moyen d'un questionnaire très détaillé (codes à quatre chiffres de la CITI) établi conjointement par l'OCDE et l'ONUDI. Néanmoins, des différences dans la façon dont les enquêtes ont été menées selon les pays affaiblissent quelque peu la comparabilité internationale des données.

2. Le lien entre VAB et PIB peut être défini ainsi : VAB aux prix de base actuels + impôts sur les produits (disponibles par produit) - subventions sur les produits (disponibles pour l'ensemble de l'économie uniquement) = PIB (aux prix actuels sur le marché ; disponibles pour l'ensemble de l'économie uniquement).

3. Le code 6110 de la CITI Rév.3 pour le transport par eau (transport maritime) englobe le transport des voyageurs et des marchandises, ce qui comprend aussi le tourisme de croisière. Par conséquent, la valeur ajoutée et les emplois du tourisme de croisière ont été estimés, puis exclus du transport par eau pour éviter un double comptage.

4. Le ratio moyen pondéré représentatif a été calculé à partir des chiffres officiels de valeur ajoutée et de volume de fret pour les pays d'Europe orientale pour lesquels ces données étaient disponibles (Estonie, Pologne et Slovénie).

5. Les données relatives au secteur des équipements maritimes étant incomplètes, BALance Technology Consulting (2014) a utilisé les ratios de valeur ajoutée et d'emploi par unité de production de l'Europe pour calculer des valeurs de substitution pour l'Asie et le reste du monde, ce qui a probablement conduit à surestimer la valeur ajoutée et à sous-estimer le nombre d'emplois dans ces régions. Pour plus d'explications, voir Liebender et al. (à paraître).

6. Les pays ont été inclus dans l'analyse lorsqu'ils déclaraient soit le total de leur production de pétrole et de gaz en mer soit le ratio de leur production en mer par rapport à la production totale.

7. La majorité des données recueillies datent de 2010, mais celles relatives à la production de certains pays étaient disponibles uniquement pour 2009 ou 2011.

8. Les chiffres de l'emploi pour les producteurs asiatiques sont évalués à partir des données concernant l'Europe, et sont donc probablement sous-estimés. À l'inverse, il est probable que les chiffres relatifs à la valeur ajoutée créée en Asie sont surestimés.

Annexe 6.A1. Estimation de la valeur courante

Deux approches différentes sont élaborées pour estimer la valeur courante de l'économie de la mer : une pour les activités maritimes définies dans la CITI Rév.3 et une autre pour celles qui ne le sont pas.

Pour les premières, on utilise une fonction de production Cobb-Douglas. Ces activités sont la pêche, le transport par eau, la construction et la réparation navales et la transformation des produits de la pêche. Les notations ci-après sont introduites dans la procédure d'estimation.

Les différents secteurs d'activité liée à la mer établis sont notés i=1, 2,…, I (dans le cas présent, i=4). Les différents pays sont notés j=1, 2,…, J (dans le cas présent j=215). Ensuite, $GVA_{i,j,t}$ représente la valeur ajoutée brute du secteur i dans le pays j au cours de l'année t. $GVA_{j,t}$ dénote la valeur ajoutée brute de tous les secteurs établis du pays j au cours de l'année t, tandis que $GVA_{i,t}$ représente la valeur ajoutée brute du secteur i au cours de l'année t. Les niveaux par pays et par secteur des composantes restantes de la fonction de production Cobb-Douglas, à savoir le stock de capital, l'emploi, le capital humain et la productivité globale des facteurs, sont notés de façon analogue sous la forme $K_{i,j,t}$, $L_{i,j,t}$, $h_{i,j,t}$ et $A_{i,j,t}$, respectivement.

La procédure d'estimation est la suivante :

- Collecter le niveau de $GVA_{i,j,2010}$, $K_{i,j,2010}$, $L_{i,j,2010}$ et $h_{i,j,2010}$ des pays déclarants.
- Aux fins d'extrapolation (voir le chapitre 7), collecter le niveau par pays de $GDP_{j,2010}$,$K_{j,2010}$ et $L_{j,2010}$.
- Pour estimer la productivité globale des facteurs $A_{i,j,2010}$, transformer la fonction de production Cobb-Douglas comme indiqué ci-après, et déterminer la valeur $A_{i,j,2010}$.

  $GVA_{i,j,2010} = A_{i,j,2010} \times K_{i,j,2010}^{\alpha} \times \left(h_{i,j,2010} \times L_{i,j,2010}\right)^{1-\alpha}$

  $A_{i,j,2010} = \frac{K_{i,j,2010}^{\alpha} \times \left(h_{i,j,2010} \times L_{i,j,2010}\right)^{1-\alpha}}{GVA_{i,j,2010}}$.

  Dans l'ensemble de cette étude, on part de l'hypothèse que l'élasticité de la production α est égale à 1/3.
- Calculer les moyennes pondérées par catégorie de revenu des ratios $\frac{GVA_{i,j,t}}{GDP_{j,t}}$, $\frac{L_{i,j,t}}{L_{j,t}}$ et $\frac{K_{i,j,t}}{K_{j,t}}$, et utiliser cette moyenne pour les pays non déclarants afin d'estimer les niveaux par pays et par secteur des facteurs de production respectifs.

Cette approche s'appuie sur le modèle de croissance de Solow, auquel on a ajouté le capital humain. Ce même cadre a été utilisé dans de nombreux documents empiriques pour analyser et projeter la croissance de l'économie nationale (voir, par exemple, Duval et de la Maisonneuve, 2009, ou Klenow et Rodriguez-Clare, 1997). Le cadre a été adapté pour modéliser plusieurs secteurs, conformément aux travaux consacrés aux modèles de croissance multisectoriels, tels que Hulten (1992 ; 1978), Greenwood, Hercowitz et Krusell (1997) et Ngai et Samaniego (2009).

Faute de données officielles, une méthode sectorielle a été élaborée pour les activités liées à la mer qui ne sont pas définies dans la CITI Rév.3. Celles-ci ne peuvent pas être estimées au moyen de la fonction de production Cobb-Douglas en raison notamment du manque de données sur les stocks de capital physique. Une valeur de production est donc utilisée afin d'obtenir une approximation pour les pays non déclarants. On note $Y_{i,j,t}$ la production par pays et par secteur.

La procédure d'estimation est ensuite la suivante :

- Collecter le niveau par pays de $Y_{i,j,t}$, $GVA_{i,j,t}$, et $L_{i,j,t}$ pour les différents secteurs au moyen de sources secondaires. Si les données n'existent pas au niveau d'un pays, on collecte l'ensemble du niveau de $GVA_{i,t}$, et $L_{i,t}$ pour chaque secteur.
- $GVA_{i,j,t}$ et $L_{i,j,t}$ sont extrapolés pour les pays non déclarants à partir des ratios de production du groupe de pays de la catégorie de revenu considérée.
- Pour terminer, agréger toutes les projections sectorielles estimées de la valeur ajoutée et du nombre d'emplois en un seul chiffre, correspondant à l'économie de la mer.

Pour plus d'informations, voir Liebender et al. (à paraître).

Études à l'échelle nationale des secteurs d'activité liés à la mer

Ces dernières années, quelques tentatives ont été effectuées pour estimer la valeur de l'économie de la mer à l'échelle régionale et mondiale : la Commission européenne a commandé un travail sur la croissance bleue (Ecorys, 2012) et, au niveau mondial, le Fonds mondial pour la nature et le *Boston Consulting Group* ont publié récemment leurs estimations communes de la valeur courante de cette économie (Hoegh-Guldberg et al., 2015).

Les études menées à l'échelle nationale sont plus nombreuses. Au cours des 15 dernières années approximativement, un grand nombre de pays ont tenté d'évaluer l'économie de la mer à l'aune de la contribution des activités maritimes à l'économie. À titre d'exemple : Pugh et Skinner (2002) et Pugh (2008) ont estimé les activités maritimes au Royaume-Uni ; l'Australie a produit deux études dans le cadre de sa politique nationale de la mer, Allen Consulting Group (2004) ayant examiné la contribution économique des activités liées à la mer ; la France a réalisé une étude nationale en 2009 (Kalaydjian et al., 2009), qui a été actualisée en 2011 et 2014 ; et en 2006, la Nouvelle-Zélande a conduit une étude afin de déterminer comment l'environnement marin était utilisé pour générer de l'activité économique. En outre, le *National Ocean Economics Program* des États-Unis a publié en juin 2009 son rapport sur l'état de l'économie de la mer et du littoral dans le pays, qui a été actualisé régulièrement depuis. Récemment, la Belgique, la Chine, la Corée, l'Irlande et le Portugal ont tous consenti des efforts considérables pour mesurer leur économie de la mer.

Tableau 6.A1.1. **Sélection d'estimations de la valeur des secteurs d'activité liés à la mer, par pays, par région et dans le monde**

Pays	Auteur	Date de l'étude	Date des données	Contribution des secteurs liés à la mer au PIB ou à la VAB	En % du PIB ou de la VAB	Emploi (total ETP)
Australie	Allen Consulting Group	2004	1996-2003	26.7 mrds AUD (VAB)	3.6 % VAB	253 130
Belgique	Flander's Maritime Cluster	2011	2010	..	10 % PIB	..
Canada	Gardner Pinfold Consulting	2009	2006	17.7 mrds CAD (PIB)	1.2 % PIB	171 365
	Acton and White Associates	2001	1998	10.4 mrds CAD (PIB)	1.4 % PIB	120 000
Chine (République populaire de)	APEC	2014	2012	..	9.6 % PIB	..
	Jiang et. al.	2014	2000-11	..	13.83 % PIB	..
	CMIEN	2013	2012	5 087 mrds CNY (PIB)	9.6 % PIB	34 240 000
	Zhao, Hynes et He	2013	2010	2 391 mrds CNY (VAB)	4.3 % PIB	9 000 000
Doubaï	Gujarat Maritime Board	2014	2013	..	4.6 % PIB	..
France	Kalaydjian et al.	2009	2007	28 mrds EUR (VAB)	1.4 % PIB	484 548
	Kalaydjian et al.	2011	2009	26 mrds EUR (VAB)	2.5 % PIB	460 163
	Kalaydjian et al.	2014	2012	30 mrds EUR (VAB)	2.75 % PIB	460 396
Hong-Kong (Chine)	Gujarat Maritime Board	2014	2013	..	25 % PIB	..
Islande	Sigfusson et Gestsson	2012	2010	..	26 % PIB	30 000 env.
Irlande	Vega, Hynes et O'Toole	2015	2012	1.3 mrd EUR (VAB)	0.7 % PIB	17 425
	Vega, Hynes et Corless	2013	2010	1.2 mrd EUR (VAB)	0.7 % PIB	16 614
Japon	Nomura Research Institute	2009	2005	7 863 mrds JPY (VAB)	1.6 % PIB	981 234
Corée	APEC	2014	2005	..	8 % PIB	..
	Hwang et al.	2011	2008	13 435 mrds KRW (VAB)	4.9 % PIB	919 314
Pays-Bas	Maritime by Holland	2014	2012	21 mrds EUR (VAB)	3.3 % PNB	224 000
Nouvelle-Zélande	Statistics New Zealand	2006	1997-2002	3.3 mrds NZD (VAB)	2.9 % PIB	21 000
Portugal	DGPM	2013	2010	..	2.5 % VAB	..
Singapour	MPA – Maritime Singapore	2014	..	..	7 % PIB	..
Royaume-Uni	Pugh (2008)	2008	2005-06	46 mrds GBP (VAB)	4.2 % PIB	890 416
États-Unis	Kildow et al. (2014)	2014	2010	258 mrds USD (PIB)	4.4 % PIB	2.8 millions
Europe	Ecorys	2012	2011	495 mrds EUR (VAB)	..	5.6 millions
Niveau mondial	Hoegh-Guldberg et al.	2015	2011-14	2 500 mrds USD (« produit maritime brut »)	3.2 % PIB	..

Notes : .. = données non disponibles. L'étude allemande porte uniquement sur les technologies maritimes et l'ingénierie de la mer. ETP = équivalent temps plein. La valeur ajoutée de l'Islande et celle donnée par l'annuaire statistique de la Chine comprennent également les effets indirects sur l'économie.

Source : Rapports par pays et par région.

Références

Acton White & Associates (2001), « Economic study of Canada's marine and ocean industries », Conseil national de recherches Canada.

AIE (2014), « World oil statistics », IEA Oil Information Statistics, http://dx.doi.org/10.1787/oil-data-en.

AIE (2012), *World Energy Outlook 2012*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/weo-2012-en.

Allen Consulting Group (2004), « The economic contribution of Australia's marine industries, 1995-96 to 2002-03 », The Allen Consulting Group Pty Ltd, www.environment.gov.au/system/files/resources/ce4cf41d-8ffe-470b-898a-2c0f84eac483/files/marine-economic.pdf.

APEC (2014), « Marine sustainable development report », APEC Ocean and Fisheries Working Group, Coopération économique Asie-Pacifique, http://publications.apec.org/publication-detail.php?pub_id=1552.

BALance Technology Consulting (2014), « Competitive position and future opportunities of the European marine supplies industry », Commission européenne, http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/4233/attachments/1/translations/en/renditions/native.

Banque mondiale IDM (sans date), Country and lending groups, http://data.worldbank.org/about/country-and-lending-groups (consulté le 17 janvier 2016).

Banque mondiale (2013), « Fish to 2030: Prospects for fisheries and aquaculture », *Agriculture and Environmental Services Discussion Paper 03*, Banque mondiale, Washington, DC, http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/12/18882045/fish-2030-prospects-fisheries-aquaculture.

BTM Consulting (2010), *International Wind Energy Development: World Market Update 2010*, Navigant Consulting.

CMIEN (China Marine Information Economic Network) (2013), « Statistical bulletin of China's ocean economy 2012 », janvier.

DGPM (Direction générale de la politique maritime) Gouvernement du Portugal (2013), *The National Ocean Strategy 2013 – 2020 – Annex A – The Sea Economy in Portugal*, www.dgpm.mam.gov.pt/Documents/ENM_Final_EN_V2.pdf.

Duval, R. et C. de la Maisonneuve (2009), « Long-run GDP growth framework and scenarios for the world economy », *Documents de travail du Département des affaires économiques de l'OCDE*, n° 663, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/227205684023.

Ecorys (2012), « Blue growth: Scenarios and drivers for sustainable growth from the oceans, seas and coasts », Third Interim Report, Rotterdam/Bruxelles, 13 mars,

http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/documentation/studies/documents/blue_growth_third_interim_report_en.pdf.

EIA (2015), « International energy data and analysis », Energy Information Agency, www.eia.gov/beta/international (consulté le 18 février 2016).

European Cruise Council (2010), « The cruise industry in 2010 », rapport établi par BREA (Business Research & Economic Advisors) pour le European Cruise Council.

FAO (2015), *Base de données sur la Production mondiale de l'aquaculture*, www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/fr.

FAO (2014), *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, disponible à l'adresse : www.fao.org/3/a-i3720f.pdf.

Flander's Maritime Cluster (2011), *The genesis of a maritime cluster*, Presentation for the European Maritime Day, Gdańsk, Pologne, https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/maritimeday/sites/mare-emd/files/dekock_en.pdf.

Gardner Pinfold Consulting (2009), « Impact économique des activités maritimes au Canada », www.dfo-mpo.gc.ca/ea-ae/cat1/no1-1/no1-1-fra.pdf.

Greenwood, J., Z. Hercowitz et P. Krusell (1997), « Long-run implications of investment-specific technological change », *American Economic Review*, vol. 87, n° 3, pp. 342-362, www.jstor.org/stable/2951349.

Gujarat Maritime Board (2014), *Roadmap of the Development of Maritime Cluster in Gujarat*, www.gujaratmaritimecluster.com/Road-Map-Report.pdf.

Hoegh-Guldberg, O. et al. (2015), *Raviver l'économie des océans : Plaidoyer pour l'action 2015*, WWF International, Genève, http://awsassets.wwfffr.panda.org/downloads/2015_raviver_leconomie_des_oceans_synthese_fr_wwf.pdf.

Hulten, C.R. (1978), « Growth accounting with intermediate inputs », *Review of Economic Studies*, vol. 45, n° 3, pp. 511-518, www.jstor.org/stable/2297252.

Hulten, C.R. (1992), « Growth accounting when technical change is embodied in capital », *American Economic Review*, vol. 82, n° 4, pp. 964-980, www.jstor.org/stable/2117353.

Hwang, K.H. et al. (2011), « Assessment of gross ocean products in Korea », Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion.

IHS (2016), *IHS Global Insights Database*, https://globalsso.ihs.com/KeystoneSTS/SSOLogin/Login.aspx?theme=IGI&ReturnUrl=https%3a%2f%2fglobalsso.ihs.com%2fKeystoneSTS%2fKSFed%2fDefault.aspx%3ftheme%3dIGI.

Jiang, X.-Z. et al. (2014), « China's marine economy and regional development », *Marine Policy*, vol. 50, Part A, décembre, pp. 227-237, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2014.06.008.

Kalaydjian, R. et al. (2014), *Données économiques maritimes françaises 2014*, Département d'Économie Maritime, Ifremer, Paris.

Kalaydjian, R. et al. (2011), *Données économiques maritimes françaises 2011*, Département d'Économie Maritime, Ifremer, Paris.

Kalaydjian, R. et al. (2009), *Données économiques maritimes françaises 2009*, Département d'Économie Maritime, Ifremer, Paris.

Kildow, J. et al., (2014), « State of the U.S. Ocean and Coastal Economies 2014 », *Publications,* Paper 1, http://cbe.miis.edu/noep_publications/1.

Klenow, P. et A. Rodriguez-Clare (1997), « The neoclassical revival in growth economics : Has it gone too far? », in : Bernanke, B.S. et J. Rotemberg (dir. pub.), *NBER Macroeconomics Annual 1997*, vol. 12, National Bureau of Economic Research, Inc, pp. 73-114, www.nber.org/chapters/c11037.pdf.

Liebender, A.-S. et al. (à paraître), « Measuring the global economic contribution of ocean-based industries – Methodology paper », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Lloyd's Register Marine (2013), « Global marine trends 2030 », Lloyd's Register Marine.

Marine Southeast England (2004), « Economic impact of the marine industries within South East England », Marine Southeast, Southampton, www.marinesoutheast.co.uk.

Maritime by Holland (2014), *The Dutch Maritime Cluster – High Tech, Hands On, Monitor 2014 summary*, www.maritimebyholland.com/download-link.php?file=/wp-content/uploads/2015/03/150227-NML003-samenvatting-los_UK.pdf.

MPA Maritime Singapore (Maritime and Port Authority of Singapore) (2014), « Opening remarks by Mrs Josephne Teo, Senior Minister of State, Ministry of Finance and Ministry of Transport », Speech at the opening ceremony of the smart port hackathon 2015 on 14 August 2015 at Singapore Polytechnic, www.mpa.gov.sg/web/portal/home/media-centre/news-releases/detail/69c7fe28-cafd-4a2c-8e09-3219192f5a59.

Ngai, L.R. et R.M. Samaniego (2009), « Mapping prices into productivity in multisector growth models », *Journal of Economic Growth*, vol. 14, n° 3, pp. 183-204, http://dx.doi.org/10.1007/s10887-009-9044-z.

Nomura Research Institute (2009), « The report on Japan's marine industry ».

OCDE (2014a), *Tendances et politiques du tourisme de l'OCDE 2014*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/tour-2014-fr.

OCDE (2014b), *The Competitiveness of Global Port-Cities*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264205277-en.

OMT (2011), *Tourism Towards 2030/Global Overview*, Edition préliminaire présentée à la 19e Assemblée générale de l'OMT, 10 octobre, Organisation mondiale du tourisme, www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284414024.

Pauly, D. et D. Zeller (2016), « Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining », *Nature Communications*, vol. 7, Article 10 244, http://dx.doi.org/10.1038/ncomms10244.

Pugh, D. (2008), *Socio-economic Indicators of Marine-related Industries in the UK Economy*, The Crown Estate, Londres, www.thecrownestate.co.uk/media/5774/socio_economic_uk_marine.pdf.

Pugh, D. et L. Skinner (2002), « A new analysis of marine-related activities in the UK economy with supporting science and technology », *IACMST Information Document n° 10*, Inter-Agency Committee on Marine Science and Technology, Southampton Oceanography Centre, Southampton, Royaume-Uni, www.oceannet.org/library/publications/documents/marine_related_activities.pdf.

Rongzi, L. (2003), « An analysis of the contribution of ocean economy to the national economic development of China », *Tropical Coasts*, vol. 16, pp. 71-79.

Sigfusson, T. et H. Gestsson (2012), *Iceland's Ocean Economy*, http://sjavarklasinn.is/en/wp-content/uploads/2014/11/2.-IcelandsOceanEconomy2011low.pdf.

Statistics New Zealand (2006), « New Zealand's marine economy 1997-2002 », Experimental Series Report, Statistics New Zealand, www.stats.govt.nz/~/media/Statistics/browse-categories/environment/natural-resources/marine/nz-marine-economy-1997-2002.pdf.

Vega, A., Hynes, S. et Corless, R. (2013), *Ireland's Ocean Economy: Reference Year 2010*, NUI Galway, Irlande, www.nuigalway.ie/semru/documents/irelands_ocean_economy_report_series_no2.pdf.

Vega, A., Hynes, S. et O'Toole, E. (2015), *Ireland's Ocean Economy : Reference Year: 2012*, Ryan Institute Research Day, septembre, Galway, Irlande, www.nuigalway.ie/semru/documents/semru__irelands_ocean_economy__web_final.pdf.

WTTC (2014), « Travel & tourism : Economic impact 2014: World », World Travel & Tourism Council, Londres, www.wttc.org/-/media/files/reports/economic%20impact%20research/regional%20reports/world2014.pdf.

Zhao, R., S. Hynes et G.S. He (2013), « Defining and quantifying China's ocean economy », *Marine Policy*, vol. 43, janvier, pp. 164-173, http://dx.doi.org/10.1016.j.marpol.2013.05.008.

Partie III.

L’avenir de l’économie de la mer : Perspectives et projections

Chapitre 7.

Perspectives de croissance, enjeux et incertitudes dans différents secteurs d'activité liés à la mer

Ce chapitre s'intéresse à l'avenir des secteurs d'activité liés à la mer dans les deux prochaines décennies, du point de vue d'un certain nombre d'organisations internationales, d'organismes, d'associations professionnelles et d'établissements de recherche. Il examine un grand nombre de projections sectorielles récentes afin de mettre en évidence les secteurs que les spécialistes associent à des perspectives de forte croissance sur la période considérée et ceux qui devraient enregistrer de moins bons résultats, et de déterminer les enjeux et les incertitudes qui leur sont propres. Les secteurs examinés sont : la pêche de capture ; l'exploitation de pétrole et de gaz en mer ; le transport maritime ; la construction navale ; l'éolien en mer ; l'aquaculture marine ; le tourisme maritime ; la sécurité et la surveillance maritimes ; les énergies renouvelables d'origine marine ; l'extraction minière en eaux profondes ; et la biotechnologie marine.

Les sections ci-après examinent brièvement une série de projections récentes portant sur différents secteurs d'activité liés à la mer, élaborées par divers organismes intergouvernementaux, associations professionnelles, établissements de recherche et sociétés de conseil. Ces projections ouvrent des horizons intéressants sur l'avis de spécialistes à propos des incertitudes, des enjeux, des possibilités et des perspectives de croissance et d'emploi dans les secteurs considérés, et permettent une évaluation préliminaire de ce que deviendront à plus long terme un certain nombre de secteurs traditionnels ou émergents liés à la mer. L'examen indique que ces derniers peuvent être divisés en trois groupes : les secteurs dont les perspectives d'activité et d'emploi à long terme sont considérées comme modestes tout au plus ; ceux dont on attend une croissance de l'activité et de l'emploi au niveau mondial assez élevée à long terme ; et ceux qui présentent un potentiel important, mais dont les activités ne devraient pas atteindre l'échelle commerciale avant un certain temps.

Secteurs présentant des perspectives de croissance modeste de l'activité et de l'emploi

Pêche de capture

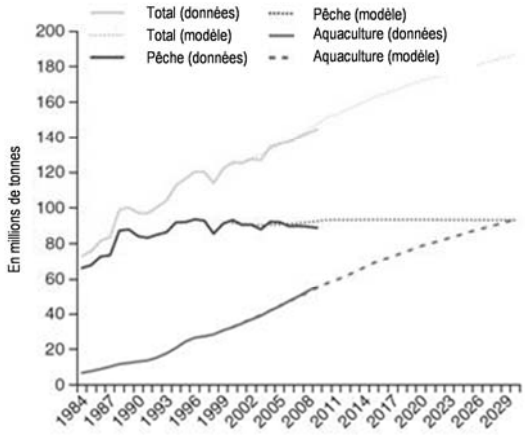
La production mondiale de la pêche de capture est à un niveau à peu près stable depuis le milieu des années 90, autour de 90 millions de tonnes (80 millions de tonnes de poissons marins). Depuis le début de leur évaluation par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la part des stocks de poissons marins évalués pêchés à un niveau biologiquement viable à long terme a baissé, passant de 90 % en 1974 à 71 % en 2011, tandis que, dans le même temps, celle des stocks surexploités passait de 10 % à plus de 30 %. La part des stocks exploités au maximum s'établit à 61 % et celle les stocks sous-exploités juste au-dessous de 10 % (FAO, 2014) Dans ce contexte, les dernières projections en date des Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO à l'horizon 2024 indiquent qu'il faut s'attendre à ce que la stagnation actuelle de la production halieutique se poursuive durant les dix prochaines années au minimum (OCDE et FAO, 2015).

À cela s'ajoute le problème de la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN), dont on estime désormais la valeur annuelle mondiale entre 10 et 20 milliards EUR, à comparer à une pêche légale qui produit entre 50 et 60 milliards EUR. Pour le moment, on n'entrevoit aucune solution claire au problème de la pêche INN, mais celle-ci a atteint une telle échelle qu'on estime qu'elle peut conduire à un épuisement incontrôlé des stocks de poissons. Cela ne présage rien de bon compte tenu de la situation précaire de la pêche dans de nombreuses parties du monde.

Réglées sur un horizon plus lointain que celui du rapport OCDE/FAO, les projections de la Banque mondiale ne prévoient pratiquement aucune croissance de la production halieutique d'ici à 2030.

À long terme, la plus forte menace pour la pêche de capture mondiale est peut-être le changement climatique. Comme le chapitre 3 du présent rapport le dépeint de façon assez détaillée, le réchauffement océanique, l'élévation du niveau des mers, l'acidification des eaux et le déclin de la biodiversité marine sont autant de menaces pour les populations naturelles de poissons.

Graphique 7.1. **Production mondiale halieutique : Données et projections, 1984-2030**



Source : Banque mondiale (2013).

Production de pétrole et de gaz en eaux profondes et très profondes et dans l'Arctique

Le secteur pétrolier et gazier en eaux profondes et autres sites extrêmes figure parmi les secteurs d'activité liés à la mer qui, bien qu'opérant à la pointe de la science et de la technologie, font face à de nombreux défis à la fois à court et long termes. Dans le cas du pétrole et du gaz en mer, ce sont notamment la faible demande du marché et l'offre excédentaire, les inquiétudes quant à la sécurité et pour le milieu marin, et l'accélération de la dynamique en faveur d'une décarbonisation de l'économie, comme l'a récemment démontré l'accord de la COP21. Il est donc difficile de juger de l'avenir du secteur.

Dans le scénario Nouvelles politiques de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), on prévoit que le pétrole et le gaz continueront de fournir 50 % environ du bouquet énergétique en 2040, contre 52 % actuellement. Leurs taux de croissance respectifs devraient toutefois différer nettement : +0.4 % par an pour le pétrole et +1.5 % pour le gaz. Par ailleurs, les sites en mer devraient continuer à fournir approximativement 30 % de la production mondiale d'hydrocarbures. La production de pétrole brut en mer pourrait donc connaître un net accroissement des activités en eaux profondes, du moins à moyen terme (50 % de croissance en 15 ans), qui viendrait compenser une légère baisse de l'exploitation en eaux peu profondes, la production totale journalière progressant de 25 millions de barils d'équivalent pétrole en 2014 à 28 millions en 2040 (AIE, 2014). En revanche, on attend une forte croissance des activités d'extraction de gaz, que ce soit en eaux profondes ou peu profondes, la production journalière passant d'un peu plus de 17 millions de barils d'équivalent pétrole en 2014 à 27 millions en 2040. Le total des hydrocarbures (pétrole et gaz) produits en mer devrait progresser de 3.5 % par an environ jusqu'en 2030 (AIE, 2014). Reste à déterminer dans quelle mesure la persistance actuelle des prix bas du pétrole et du gaz influera sur ces projections, d'autant que l'exploration et la production en eaux très profondes reviennent cher et font souvent partie des premiers projets à être suspendus ou différés. Pour illustrer ce point, notons que Douglas-Westwood (2016) a récemment revu à la baisse ses prévisions d'investissement dans les activités en eaux profondes pour 2016-20, les évaluant désormais à 137 milliards USD, soit un recul de 35 % comparé à ses prévisions de 2015.

Le coût des installations en mer pâtit aussi du fait que la taille des nouveaux gisements se réduit au fil des découvertes. La durée de vie moyenne d'un champ baisse, de 25 à 15 ans environ, et même moins dans certains cas. C'est pourquoi, au lieu d'avoir à trouver et produire l'équivalent de 4 % du total des hydrocarbures en mer chaque année, ce sont maintenant quelque 7 % supplémentaires que l'industrie doit trouver et mettre en exploitation annuellement, soit l'équivalent de 3 millions de barils par jour à peu près, et ce simplement pour maintenir la production à son niveau actuel. Il s'ensuit que le secteur est de plus en plus contraint d'explorer de nouvelles frontières pour trouver des réserves d'hydrocarbures compétitives, et ces frontières présentent chacune leurs propres défis (Borelli, à paraître). Toujours d'après Borelli, les options possibles pour la période 2015-30 sont les suivantes :

- augmenter le taux de récupération des réservoirs
- développer la production, le traitement et l'exportation de gaz en mer
- mettre en valeur les thèmes géologiques non exploités en eaux peu profondes, profondes et extrêmement profondes (plus de 1 500 m)
- mettre en valeur de nouveaux sites dans des environnements reculés et extrêmes, tels que les champs arctiques
- exploiter les hydrocarbures non conventionnels tels que le pétrole extra-lourd ou l'huile et le gaz de schiste
- poursuivre, à plus long terme, la production d'hydrates de gaz (méthane) en mer.

Comme Borelli le souligne, les progrès sur chacun de ces axes sont extrêmement variables. En voici quelques exemples :

- Concernant l'augmentation du taux de récupération, on se fixe comme objectif d'accroître l'extraction pour passer de 35-40 % en moyenne à 60 %, principalement au moyen d'une gestion des réservoirs et de techniques améliorées/intelligentes de récupération du pétrole.
- On estime que l'Arctique renferme quelque 30 % des réserves de gaz non découvertes et 13 % des réserves de pétrole non découvertes. Dans cette région, la plupart des forages en mer se feraient à moins de 500 m de profondeur, mais les conditions sont extrêmement hostiles et les questions de sécurité environnementale évidentes dans un milieu aussi immaculé. Il est très probable que l'exploration et la production progresseront plus rapidement sur la péninsule de Yamal et dans les mers de Barents et de Kara, ainsi que sur le cercle arctique (Borelli, à paraître). Cela étant, les problèmes techniques et opérationnels grandissent vite à mesure que les activités se rapprochent du pôle et, même si les industriels travaillent sans relâche à les résoudre, de nombreux spécialistes considèrent que, dans ces régions, il est peu probable que l'exploration et la production d'hydrocarbures se fassent à un prix commercialement viable dans un avenir proche. Autre point, la vulnérabilité des écosystèmes arctiques aux activités humaines, en particulier pendant les mois d'été lorsque les migrateurs – oiseaux, mammifères marins, poissons, etc. – sont présents, augmente la probabilité d'une forte opposition à la production d'hydrocarbures dans la région. Au lendemain de la COP21, de surcroît, la préparation très attendue des politiques relatives au changement climatique pourrait amoindrir encore davantage les perspectives d'exploration pétrolière et gazière dans la région.

- Quant aux hydrates de méthane, la technologie permettant d'en tirer une quantité viable de gaz naturel est encore balbutiante. Des essais réussis ont été menés dans les zones de pergélisol (Canada et Alaska [États-Unis], par exemple), et des essais longs de production en mer sont en cours au Japon depuis 2014. Il reste qu'après la phase d'étude scientifique, l'exploration et la production d'hydrates de méthane devront être examinées du point de vue technologique et industriel pour permettre aux exploitants de décider où et quand cette ressource peut être mise en valeur dans des conditions économiquement viables. De façon générale, il semble improbable que l'exploitation commerciale des hydrates de méthane commence avant 2030 si l'on considère les défis à relever, dont le moindre n'est pas la prise en compte des conséquences potentielles sur l'environnement.

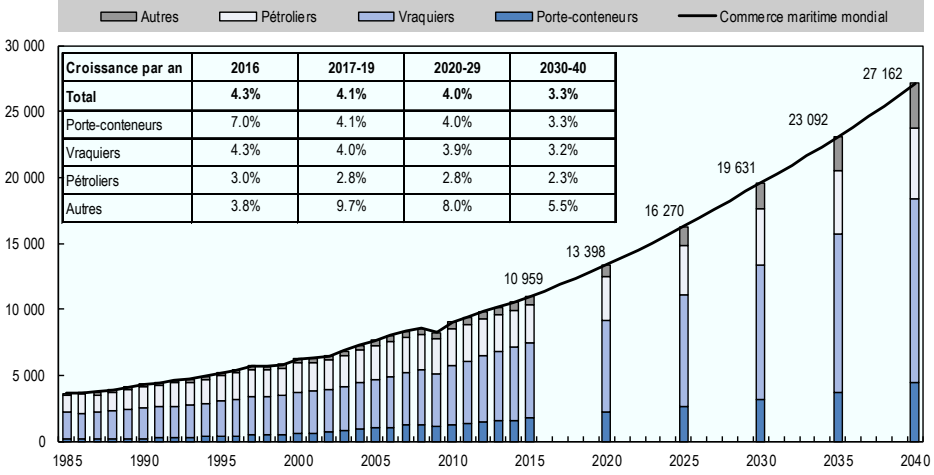
Aussi les perspectives de croissance de ce secteur sont-elles plutôt sombres. Qui plus est, du fait de l'utilisation croissante de l'automatisation et de la gestion à distance, la création d'emplois devrait continuer de migrer vers l'amont de la filière, de l'exploitation et de la production vers les fournitures, l'équipement et la recherche-développement (R-D).

Secteurs présentant des perspectives de croissance élevée de l'activité et de l'emploi à long terme

Transport maritime

À l'échelle mondiale, l'évolution du commerce maritime est étroitement liée aux variations du produit intérieur brut (PIB) réel. De façon générale, une hausse de 1 % du PIB réel correspond à une croissance de 1.1 % des échanges par mer (mesurés en tonnes). Partant, le trafic maritime devrait progresser de 4.3 % en 2016, puis de 4.1 % par an sur la période 2017-19, de 4.0 % par an en moyenne sur la période 2020-29, et enfin de 3.3 % entre 2030 et 2040. La croissance à long terme du trafic de conteneurs devrait évoluer parallèlement au commerce maritime total, les navires-citernes et les vraquiers progressant, quant à eux, à un rythme inférieur à la moyenne. En revanche, on prévoit une progression très rapide des « autres » types de transport maritime, tels que le transport de GPL/GNL, le transport de passagers sur des navires rouliers, la croisière et autre transport de voyageurs par mer.

Graphique 7.2. **Projection du commerce maritime, 1985-2040 (en millions de tonnes)**



Croissance par an	2016	2017-19	2020-29	2030-40
Total	**4.3%**	**4.1%**	**4.0%**	**3.3%**
Porte-conteneurs	7.0%	4.1%	4.0%	3.3%
Vraquiers	4.3%	4.0%	3.9%	3.2%
Pétroliers	3.0%	2.8%	2.8%	2.3%
Autres	3.8%	9.7%	8.0%	5.5%

Source : OCDE (2015b).

Construction navale

D'après les projections, la dynamique croissance à long terme attendue dans le transport maritime devrait se retrouver dans la construction navale. La progression de ce dernier secteur dépend de nombreux facteurs, tels que l'expansion sous-jacente du commerce mondial, la consommation d'énergie et les prix de l'énergie, la structure par âge des navires, la mise à la casse et le remplacement des navires ou l'évolution des types de cargaison et des courants d'échanges, mais elle dépend aussi, dans une très large mesure, de la capacité existante. Ces dernières années, on a assisté à une montée considérable de la surcapacité : au cours des dix dernières années, la flotte marchande mondiale (mesurée en tpl) a progressé à un rythme moyen de 7 % par an, devançant largement les 3.8 % annuels du commerce maritime mondial (en tonnes). C'est ainsi qu'en 2013, on estimait que la surcapacité cumulée avait atteint 83 millions GT pour les navires-citernes, 113 millions GT pour les vraquiers et 48 millions GT pour les porte-conteneurs (un chiffre équivalent à plus d'un quart de la flotte mondiale de porte-conteneurs). Selon les hypothèses retenues, la surcapacité sur le marché mondial de la construction navale pourrait persister jusqu'en 2020, voire jusqu'en 2030. En dépit de cet excédent, les nouveaux besoins de construction pourraient connaître une croissance substantielle dans les 20 prochaines années. Les modèles de prévision indiquent de façon approximative qu'en jauge brute, les navires neufs pourraient à peu près doubler entre 2015 et 2030.

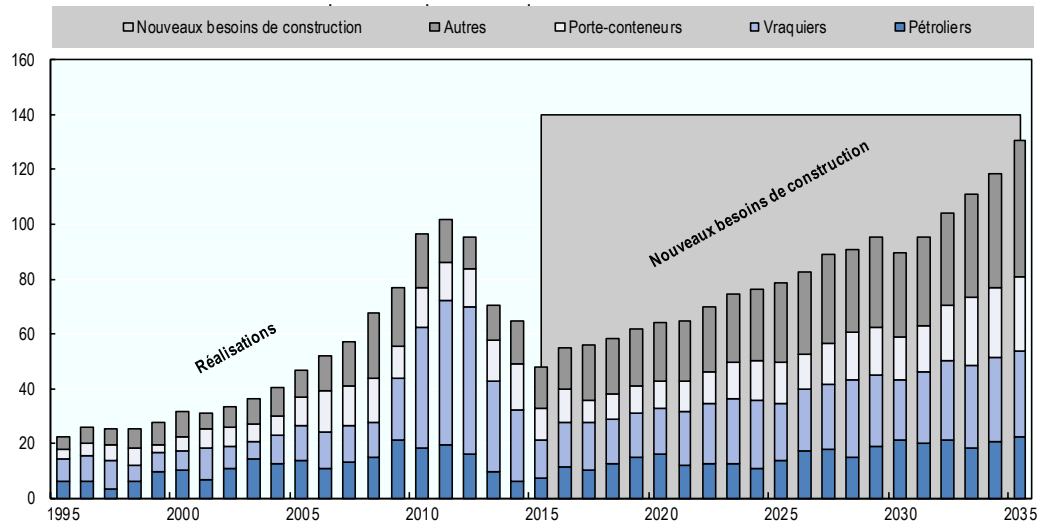
À l'évidence, la construction navale ne dépend pas uniquement des tendances qui se dessinent dans les échanges par mer, elle est aussi très liée à l'évolution d'autres secteurs maritimes, en particulier le pétrole et le gaz en mer, l'éolien en mer, le tourisme de croisière, la pêche et l'aquaculture marine. Malgré les prix bas du pétrole actuellement, la demande de navires de forage, de plateformes semi-submersibles et d'unités flottantes de production, de stockage et d'expédition (FPSE) devrait se maintenir au moins sur les moyen et long termes, et on attend une nette progression de la production, entre autres, de navires d'avitaillement et de maintenance des plateformes, de navires poseurs d'ancres et de fermes éoliennes en mer jusqu'en 2025 ou 2030 (SEA, 2015). De fait, on table sur une augmentation de la demande de près de 4 % par an entre 2014 et 2025 pour tous les types de navires liés aux activités en mer, portée à plus long terme par l'offre croissante de pétrole et de gaz exploités en eaux profondes (OCDE, 2015a). Vu la montée en puissance de la demande de tourisme maritime, les besoins de construction dans ce domaine devraient tourner autour de six à huit navires de croisière par an entre 2015 et 2031 (SEA, 2015). Enfin, malgré un contexte mondial globalement difficile (épuisement des stocks de poissons, durcissement probable des restrictions contingentaires et réduction probable de la taille de la flotte de pêche mondiale), la demande de nouveaux navires de pêche (mesurée à la fois en tonnage brut compensé [tbc] et en nombre d'unités) devrait croître assez fortement dans les 20 prochaines années, passant de 175 navires par an au cours de la période 2016-20 à 346 navires par an environ sur la période 2031-35. Cette progression sera due principalement à un secteur aquacole en expansion et à un renouvellement de la flotte. Il est peu probable néanmoins que le nombre de navires neufs parvienne à compenser le nombre de navires retirés des flottes sur la même période, d'où un recul supplémentaire de la taille de la flotte mondiale (SEA, 2015).

Éolien en mer

Sur les 20 dernières années, le secteur de l'éolien en mer est passé d'un premier petit projet pilote à une industrie naissante présentant un réel potentiel de croissance. Actuellement, la puissance installée de l'éolien en mer mondial est supérieure à

7 gigawatts (GW), mais les projections indiquent qu'elle pourrait atteindre entre 40 et 60 GW en 2020, avec un potentiel de croissance encore dix fois plus important d'ici à 2050.

Graphique 7.3. **Construction navale : Navires construits (1995-2014) et besoins à venir (2015-35)**



Source : OCDE (2015b).

La croissance probable du secteur fait en effet l'objet d'un certain nombre de projections provenant de diverses sources. Les périodes couvertes varient, de même que les hypothèses fondamentales retenues (la nécessité d'atteindre des objectifs précis, par exemple, comme la décarbonisation de l'économie mondiale), ce qui fait que les comparaisons directes ne sont que partiellement possibles. Aucune de ces projections n'est en soi plus solide ni plus précise que les autres, mais, dans l'ensemble, elles se rejoignent pour dire que l'éolien en mer devrait avoir acquis une part non négligeable du marché d'ici à 2050. Les scénarios les plus optimistes anticipent une puissance installée de près de 400 GW d'ici à 2030 et de 900 GW environ à l'horizon 2050.

Cette croissance dépend de façon critique de la capacité du secteur à faire baisser les coûts sur chaque maillon de la chaîne d'approvisionnement et à devenir rentable par rapport aux autres sources d'énergie, traditionnelles (pétrole et gaz en particulier) ou renouvelables.

Les projections indiquent que l'éolien en mer présente un potentiel considérable de création d'emplois à l'échelle mondiale. Comme c'est le cas pour les chiffres de déploiement, l'essentiel des emplois de ce secteur devraient être concentrés en République populaire de Chine (ci-après « la Chine »), dans l'Union européenne, en Inde et aux États-Unis. Les projections pour l'Europe uniquement laissent entrevoir la création de 170 000 emplois environ d'ici à 2020 et de 300 000 à l'horizon 2030. Toutefois, les projections s'intéressent aux effets bruts et ne tiennent pas compte des incidences macroéconomiques plus larges, telles que les pertes ou les gains d'emplois dans d'autres secteurs énergétiques.

Aquaculture marine

La demande mondiale de poisson devrait continuer de progresser dans les prochaines décennies, du fait de l'accroissement de la population mondiale, d'un pouvoir d'achat en hausse et d'un plus grand nombre de personnes accédant à la classe moyenne. Le scénario optimiste de la FAO dans l'une de ses publications récentes (FAO, 2014) fait l'hypothèse d'une augmentation de la production aquacole de 58 % d'ici à 2022 (4.3 % par an). On s'attend d'ailleurs à ce que l'essentiel de la croissance future de la production d'aliments d'origine marine vienne de l'aquaculture, faisant de cette activité une composante de plus en plus importante de la sécurité alimentaire mondiale et un déterminant majeur du changement dans le secteur de la pêche et de l'aquaculture.

Interrogeant un avenir plus lointain encore, le scénario de référence de la Banque mondiale prévoit également que l'aquaculture continuera de croître d'ici à 2030, mais à un rythme qui ira en ralentissant pour finir au-dessous de 2 % par an en 2030. La production de poisson représenterait néanmoins 62 % de l'offre mondiale destinée à la consommation humaine à la fin de la période de projection (Banque mondiale, 2013).

L'aquaculture marine fournit à peu près la moitié de la production aquacole mondiale. Cette production se divise en quatre grands groupes : poissons, crustacés, mollusques et plantes aquatiques. Ces deux derniers groupes sont produits en beaucoup plus grande quantité que les poissons, puisqu'en 2013, les poissons ne représentaient que 10 % de la production aquacole marine en volume (en tonnes) contre plus de 50 % pour les plantes aquatiques. Si l'on examine la production en valeur, à l'inverse, celle des poissons est de près de 40 % de l'aquaculture marine dans son ensemble, tandis que les plantes aquatiques comptent pour moins de 10 % (FAO, 2015). L'expansion attendue de la capacité de production aquacole se fera en grande partie dans la mer.

Il est envisageable que l'aquaculture marine puisse se développer à un rythme plus soutenu que celui prévu dans les études mentionnées précédemment, mais cela nécessiterait des progrès considérables sur un certain nombre de fronts, notamment : la réduction de l'impact des fermes aquacoles sur l'environnement des régions côtières, l'amélioration de la gestion des maladies, une réduction de la part provenant de populations naturelles de poissons dans l'alimentation des espèces carnivores, et des progrès plus rapides dans l'ingénierie et les technologies nécessaires pour installer des sites de production aquacole en mer.

Tourisme maritime

Malgré quelques crises occasionnelles, les arrivées de touristes internationaux ont augmenté de façon régulière sur les 60 dernières années, passant de 25 millions en 1950 à 1 087 millions en 2013 (OMT, 2011). À l'échelle mondiale, elles devraient progresser de 3.3 % par an entre 2010 et 2030, pour atteindre 1.4 milliard en 2020 et 1.8 milliard en 2030. Cela suppose une augmentation annuelle moyenne de 43 millions environ de touristes internationaux dans le monde. Jusqu'à 2030 au moins, le nombre d'arrivées de touristes internationaux dans les économies émergentes d'Asie, d'Amérique latine, d'Europe centrale et orientale, d'Europe méditerranéenne orientale, du Moyen-Orient et d'Afrique augmentera deux fois plus vite (+4.4 % par an) que dans les économies avancées (+2.2 % par an). La part de marché des économies émergentes progressera, de 47 % en 2013 à 57 % en 2030 (OMT, 2011).

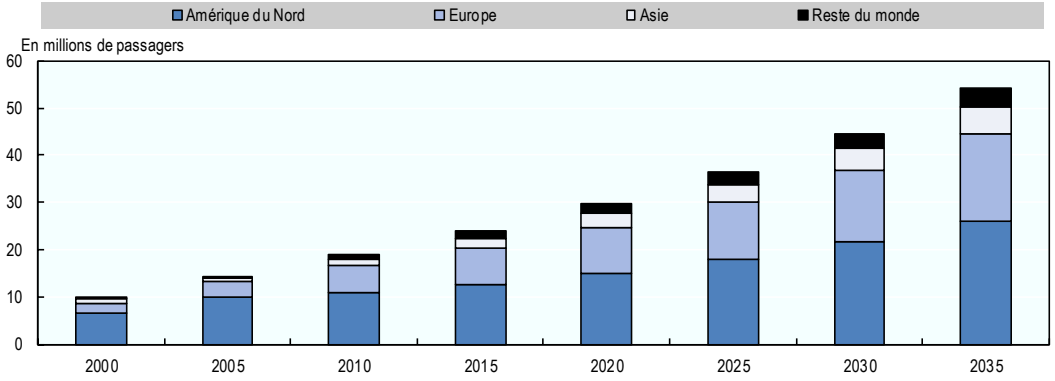
Bien que l'absence de statistiques internationales complique l'estimation de la part du tourisme maritime dans le total (de l'ordre de 10 %, voir Dwyer, à paraître), les évolutions récentes indiquent que ce type de tourisme devrait se développer à un rythme

plus soutenu que celui du tourisme international dans son ensemble. Le tourisme de croisière en est un bon exemple.

L'estimation obtenue par modélisation des effets du tourisme de croisière sur l'économie pour 2013 indiquait que 114.87 millions de visites à terre par les passagers et les équipages des navires de croisière avaient généré 52.31 milliards USD de dépenses directes du secteur des croisières sur les marchés d'origine et de destination dans le monde. Toujours à l'échelle mondiale, ces dépenses avaient entraîné une production totale (directe, indirecte et induite) de 117.15 milliards USD, laquelle avait nécessité l'emploi de 891 009 personnes en équivalent temps plein, rémunérées à hauteur de 38.47 milliards USD (BREA, 2014).

Des projections effectuées par le ministère coréen des Affaires maritimes et de la Pêche indiquent que le nombre de touristes de croisière dans le monde devrait passer de 21 millions en 2013 à 37 millions en 2020, soit +10 % par an environ. L'Asie devrait connaître des taux de croissance assez spectaculaires dans ce domaine, puisqu'elle passerait de 1.3 million de croisiéristes en 2013 à 7 millions en 2020 (Lee, H.-J., 2015). De même, la projection du SEA (2015) prévoit qu'à l'échelle mondiale, le nombre total de passagers des navires de croisière va presque tripler sur la période 2010-35, passant de 19 millions à 54 millions de personnes, ce qui implique un taux de croissance annuel largement supérieure à 7 %.

Graphique 7.4. **Croissance anticipée du tourisme de croisière mondial à l'horizon 2035**



Source : SEA (2015).

Sécurité et surveillance maritimes

Sur ces dernières décennies, le tableau des risques et des problèmes que le secteur de la sécurité maritime doit prendre en compte a énormément changé. Les navires sont toujours plus grands (le plus grand porte-conteneurs construit en 1968 faisait 1 530 EVP, alors qu'en 2018, on pourrait assister au lancement du premier porte-conteneurs de 22 000 EVP) ; les flux commerciaux de fret potentiellement dangereux (gaz naturel liquéfié, par exemple) augmentent rapidement ; les situations de conflit entre États et de guerre civile se sont multipliées ; la piraterie est devenue un réel souci dans plusieurs régions du monde ; de nouvelles destinations dans des zones hostiles, mais immaculées du globe (comme l'Arctique) apparaissent comme susceptibles de changer la donne pour le transport maritime mondial ; de nouvelles utilisations de la mer (pétrole et gaz dans les zones abyssales, éolien, aquaculture, énergies renouvelables) apparaissent en nombre ; les questions environnementales représentent un défi grandissant pour les utilisateurs de la

mer ; et des technologies de rupture se profilent déjà clairement à l'horizon (navigation électronique, navires autonomes et sans équipage, exploitation à distance des plateformes en mer, etc.). Il est probable que ces éléments et d'autres facteurs détermineront l'expansion du secteur de la sécurité et de la surveillance maritimes.

Les définitions du secteur de la sécurité maritime varient considérablement, ce qui rend les évaluations et les prévisions extrêmement difficiles. Ce secteur peut comprendre les dispositifs et équipements de sécurité maritimes, les infrastructures et applications informatiques utilisées dans ce domaine, les services de prévention des accidents en mer ainsi que le sauvetage en mer et les services de renflouage et de lutte contre la pollution. Dans une définition plus large, on considère que la sécurité maritime comprend, entre autres, la sécurité des navires et ports méthaniers, la localisation des navires par satellite, l'atténuation des effets de la piraterie, les missions des garde-côtes, le contrôle des conteneurs et le système d'identification automatique des navires. Sur cette base, la taille du marché mondial de la sécurité maritime devait se monter à 13 milliards USD environ en 2014 (HSRC, 2009). Les estimations indiquent que le marché mondial de la sécurité maritime et frontalière devrait atteindre les 15.6 milliards USD en 2015, puis s'élever à 23.7 milliards à l'horizon 2025 (dont 9 milliards environ pour la surveillance et la détection maritimes). Cela correspondrait à un taux de croissance annuel composé largement supérieur à 4 % en moyenne (SDI, 2015).

Secteurs présentant un net potentiel à long terme, mais dont l'exploitation à l'échelle commerciale prendra quelque temps encore

Énergies renouvelables d'origine marine

La mer est une source massive d'énergie potentielle prête à être exploitée. Dans de nombreux pays, les énergies marines – marémotrice, houlomotrice, hydrolienne, osmotique ou thermique (CETO) – sont considérées comme constituant à terme une importante source de production d'électricité, dans l'optique de la transition bas carbone qui s'amorce. Ces sources d'énergie suscitent un intérêt commercial croissant à l'échelle planétaire et, d'après l'Accord de mise en œuvre des systèmes d'énergie marine (OES, *Ocean Energy Systems*), il serait possible, à l'horizon 2050, de mettre en valeur une capacité mondiale égale à 337 GW pour les énergies houlomotrice et marémotrice, et vraisemblablement autant pour la CETO. La « vision internationale » de l'OES (2012) porte à croire qu'en plus de générer de grandes quantités d'électricité renouvelable, la mise en valeur des énergies marines peut aussi fournir des avantages substantiels en termes d'emploi : jusqu'à 1.2 million d'emplois directs à l'horizon 2050. En outre, les essais des premiers prototypes à grande échelle montrent que la chaîne d'approvisionnement en composants fait intervenir des secteurs largement répartis. En Europe, les filières énergétiques marines couvrent toute l'Europe, par exemple : construction des turbines marémotrices et hydroliennes et des pièces détachées en acier (pour les centrales) en Autriche ; centrales et générateurs houlomoteurs en Allemagne ; et, toujours pour les systèmes houlomoteurs, affaiblisseurs et rampes de déferlement au Danemark. De grands conglomérats d'ingénierie s'impliquent activement dans nombre des projets pilotes d'envergure menés au niveau international. Ils voient, dans la mise en valeur de ce secteur, de réelles occasions de développer des marchés en utilisant leurs compétences industrielles de base (Sweeney, à paraître).

De nombreux obstacles subsistent néanmoins sur la voie d'une mise en valeur complète du secteur. Les technologies d'énergie marine sont encore en phase préparatoire de démonstration d'unités simples, portant largement sur des déploiements d'essai de

courte durée, et seuls un petit nombre de prototypes ont abordé les premières étapes vers la commercialisation. Les travaux de recherche et le financement se répartissent entre de nombreux concepts d'exploitation des énergies houlomotrice et hydrolienne, et aucune convergence technologique n'apparaît, à la différence de l'éolien. Les dépenses d'équipement sont élevées, ce qui, dans des périodes où les prix du pétrole et du gaz sont bas, comme c'est le cas actuellement, désavantage la viabilité opérationnelle de cette source d'énergie, comparée à d'autres. Dans les économies occidentales en particulier, les technologies n'évoluent que lentement. Aussi la puissance installée mondiale sera-t-elle relativement faible en 2020. Cependant, à la faveur de percées technologiques susceptibles de changer la donne, elle pourrait connaître par la suite un accroissement rapide.

Extraction minière en eaux profondes

On considère généralement, même parmi les sceptiques, que les réserves de ressources minérales des grands fonds marins sont énormes. Leur abondance est toutefois difficile à évaluer avec quelque précision. Les mers et les océans couvrent plus de 360 millions de kilomètres carrés (km²) et seule une fraction a été explorée.

Aujourd'hui, tous les sites miniers en mer se trouvent dans des eaux peu profondes, généralement moins de 300 m, sur les plateaux continentaux. Actuellement, l'extraction en mer actuelle a la possibilité de s'étendre dans des eaux plus profondes, mais on estime peu probable qu'elle puisse dépasser les limites des plateaux continentaux. En revanche, la plupart des cibles d'extraction minière en haute mer se trouvent à des profondeurs beaucoup plus grandes. Cela étant, certaines ressources en eaux profondes sont situées dans des zones revendiquées au titre de l'extension du plateau continental, et leur mise en valeur pourrait mordre sur des secteurs actuellement occupés à d'autres fins (Hannington, à paraître).

L'exploitation minière des grands fonds porte essentiellement sur trois catégories de gîtes minéraux : les nodules de manganèse, les encroûtements cobaltifères de ferromanganèse et les amas sulfurés des fonds marins. On les trouve dans toutes les mers du globe, mais ils ne sont pas répartis de façon égale.

Des permis d'exploration ont été délivrés pour les trois types de ressources minérales, mais les principaux projets continuent de se concentrer sur les nodules. Plus de 80 % des champs de nodules de manganèse connus actuellement (par zone) sont situés dans des zones ne relevant d'aucune juridiction nationale. Seuls 15 % des champs environ se trouvent dans des zones économiques exclusives, les 5 % restants étant vraisemblablement compris dans des demandes d'extension du plateau continental, qui sont en cours (Hannington, à paraître).

Des rapports faisant état de fortes concentrations d'éléments de terres rares dans les argiles abyssales du Pacifique ont éveillé récemment un intérêt considérable. Des scientifiques japonais et coréens ont testé cette possibilité de ressources et, bien que le traitement des boues par des méthodes hydrométallurgiques soit techniquement faisable, aucun potentiel de ressources significatif n'a été rapporté. Aucun des éléments de terres rares présents dans les gîtes minéraux abyssaux ne l'est à une concentration supérieure à celle que l'on peut trouver dans les minerais terrestres. Dans le cas des boues abyssales, il faudrait en extraire et en traiter des millions et des millions de tonnes par an pour influer sur les marchés des éléments de terres rares.

L'UNCLOS a porté création de l'autorité internationale des fonds marins (AIFM) en vue de superviser l'extraction minière des grands fonds dans les zones ne relevant

d'aucune juridiction nationale (la « Zone »). Il n'y a actuellement aucune activité minière commerciale en eaux profondes dans la Zone, seulement des activités d'exploration. Celles-ci sont menées dans le cadre d'un contrat avec l'AIFM et l'on compte à ce jour 26 permis d'exploration actifs ou demandes d'exploration à l'étude concernant des ressources minérales marines profondes. Vingt-deux demandes ont été approuvées : 14 pour des nodules de manganèse, 5 pour des amas sulfurés et 3 pour des encroûtements cobaltifères. La plupart des projets d'exploration se situent dans la zone Clarion-Clipperton du Pacifique Centre-Est. Au total, ils couvrent un secteur de plus de 1 million km². Les autres projets se trouvent dans l'océan Indien (4), dans l'Atlantique (2) et dans le Pacifique Nord-Ouest (2). Fait notable, six des permis d'exploration délivrés dans la zone Clarion-Clipperton expirent en 2016, mais aucun permis d'exploitation/d'extraction n'a encore été émis (Hannington, à paraître).

Le suivi des permis d'exploration à l'intérieur des juridictions nationales est plus difficile, car l'information correspondante n'est pas centralisée par une organisation ou dans une base de données unique. Les rapports récents et des observations ponctuelles indiquent que 26 projets au moins pourraient être actifs dans les zones économiques exclusives. Deux compagnies commerciales (Nautilus Minerals et Neptune Minerals) détiennent une grande partie des permis d'exploration dans les ZEE, presque exclusivement dans le Pacifique Sud-Ouest, et tous ces permis concernent des amas sulfurés. On ne connaît pas exactement la taille des zones attribuées aux fins d'exploration ou en cours d'autorisation dans les ZEE, mais on estime qu'une superficie comprise entre 800 000 et 900 000 km² a été octroyée ou est en cours d'examen dans 10 pays au moins. Des zones bien plus vastes sont en cours d'exploration par des organismes publics au Japon. En Europe, trois demandes concernant des projets d'exploration d'amas sulfurés ont été déposées (une en Italie, une en Norvège et la troisième aux Açores), mais on ne dispose d'aucune information détaillée. Des observations ponctuelles indiquent que des projets pourraient avoir démarré en Amérique du Sud, en Afrique, en Chine et dans la Fédération de Russie, mais on estime que le nombre de projets situés dans ces juridictions est limité.

Les activités minières en eaux profondes sont principalement déterminées par les pénuries supposées de métaux provenant des sites miniers terrestres et par les perspectives de nouvelles ressources issues de la mer. Or, malgré un doublement de la population mondiale dans les dernières décennies et une utilisation plus intensive des ressources énergétiques et minérales, les réserves ont augmenté régulièrement avec la consommation. Rien n'indique que la disponibilité de ressources classiques ne continuera pas de suivre la croissance. Cela vaut également pour les métaux intéressants des gîtes minéraux des grands fonds. Il est extrêmement improbable que des pénuries à long terme se déclarent d'ici à 2050, même avec un accroissement de la population mondiale de 30 à 35 %. Le manque de ressources ne peut donc en aucun cas justifier l'extraction minière en eaux profondes (Hannington, à paraître).

Certains pays ont pour objectif d'accroître la sécurité d'approvisionnement en matières premières de leurs industries manufacturières. D'autres possèdent de grands secteurs de services tournés vers la mer qui voient dans l'extraction minière profonde une occasion de tirer avantage de la demande de nouvelles technologies (technologies de prospection, robotique, applications géophysiques, équipements de transport de charges lourdes et autres équipements maritimes). L'idée que des pays plus petits qui disposent d'un accès à ces ressources pourraient profiter financièrement de leur exploitation est également une motivation importante, même si peu d'entre eux ont les moyens de gérer correctement les futurs projets miniers.

L'un des défis fondamentaux auxquels les exploitants et les autorités de réglementation font face pour évaluer ce potentiel de ressources est le fait qu'il n'existe encore aucun exemple d'extraction minière en eaux profondes qui puisse servir de point de référence aux analyses, car la production de minerai n'a pas encore commencé, même dans les zones océaniques les plus prospectées. De ce fait, il n'y a pas de données économiques (chiffres d'affaires, dépenses d'équipement, création d'emplois, etc.) à communiquer ni à examiner.

Les gouvernements nationaux qui détiennent les permis d'exploration sont enclins, chaque fois que c'est possible, à faire appel à des compagnies nationales pour mener à bien les activités nécessaires. De cette façon, les emplois et les connaissances sont créés dans le pays. En plus des futures « mines », on aura besoin d'activités de service et de maintenance, ce qui créera d'autres emplois chez les sous-traitants d'activités maritimes. Toutefois, d'après Hannington (à paraître), l'absence d'infrastructures, comparé aux activités minières terrestres, et le haut niveau d'automatisation qui devrait prévaloir dans l'exploitation minière en eaux profondes ne devrait pas créer beaucoup d'emplois (des centaines plutôt que des milliers pour l'ouverture d'un nouveau site).

Les perspectives économiques difficiles de l'exploitation minière profonde à grande échelle, se compliquent aussi de problèmes environnementaux. Comme l'indique plus en détail le chapitre 5 du présent rapport, les perturbations et les dommages potentiels que cette activité pourrait représenter pour les fonds marins et pour les écosystèmes abyssaux – dont on sait peu de chose – suscitent une grande inquiétude. Ce qui semble certain, c'est que les écosystèmes d'eaux profondes sont extrêmement vulnérables et interdépendants, et l'on plaide donc de plus en plus pour une évaluation environnementale et des approches fondées sur le principe de précaution.

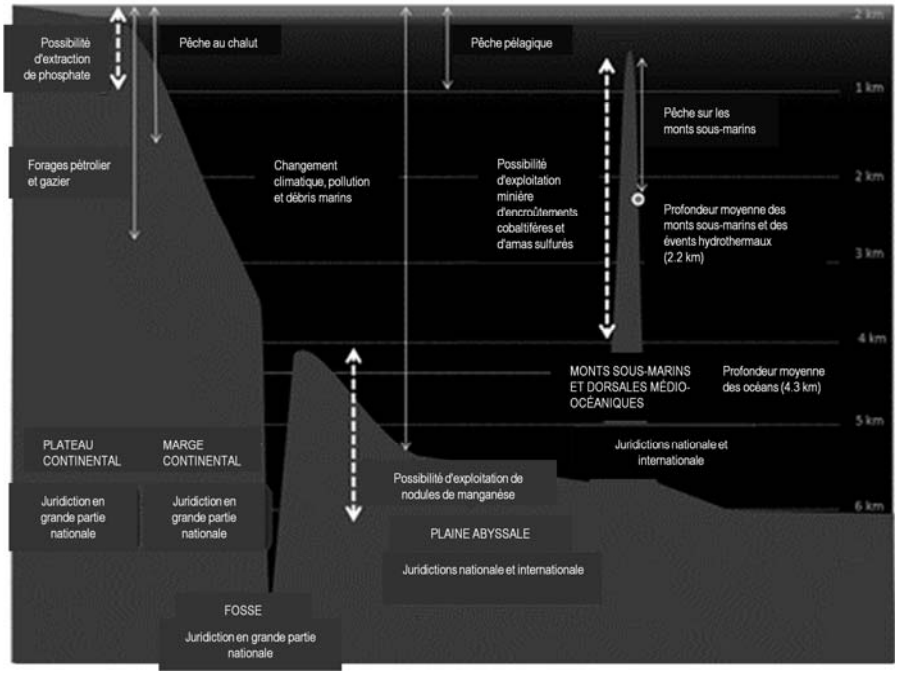
Biotechnologie marine

La biotechnologie marine peut contribuer à relever un grand nombre de défis mondiaux d'importance critique – viabilité es disponibilités alimentaires, santé humaine, sécurité énergétique, remise en état de l'environnement, par exemple – et peut aussi apporter une contribution non négligeable à une croissance verte dans de nombreux secteurs industriels. Par ailleurs, les ressources biologiques marines fournissent aussi un certain nombre de services écosystémiques qui sont essentiels pour la planète et pour ses habitants, et qui doivent être préservés. Au-delà des difficultés que pose sa définition, le marché mondial des produits et procédés de la biotechnologie marine représente une ouverture importante et en expansion. En 2010, il était estimé à 2.8 milliards USD environ et, sur la base d'hypothèses plutôt prudentes, on estimait que sa croissance le porterait autour de 4.6 milliards USD en 2017 (OCDE, 2013).

Dans le domaine de la santé, l'intérêt pour les micro-organismes marins, en particulier les bactéries, est allé croissant, après que des études ont démontré qu'ils constituaient une source abondante de médicaments. La résistance aux antimicrobiens ayant été désignée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme l'une des plus grandes menaces pour la santé humaine, la découverte de nouvelles souches à partir desquelles développer des médicaments devient hautement prioritaire. On est également optimiste quant à la perspective de formuler des traitements anticancéreux à partir d'organismes marins. L'écosystème marin, dans toute sa complexité – son grand nombre d'espèces microbiennes non découvertes et les propriétés encore inexplorées des espèces marines connues –, constitue un filon riche et largement inexploité de ressources. Ce filon grandit en permanence. Poccia (2015), par exemple, note que « dans une étude de 2010, il

y avait 4 produits pharmaceutiques approuvés, 2 en phase III des essais cliniques, 7 en phase II et 4 en phase I. Cinq ans plus tard, la liste s'était étoffée et ils étaient 7 à être approuvés, 2 en phase III, 6 en phase II, 3 en phase I/II et 14 en phase I. Ainsi, en cinq ans, le nombre total de produits pharmaceutiques approuvés et en cours d'essai avait presque doublé ». L'un des domaines auquel la biotechnologie marine pourrait apporter une contribution décisive est le développement de nouveaux antibiotiques. Parmi les autres domaines prometteurs, citons les produits biomédicaux, tels que ceux présentant des propriétés antibactériennes et antifongiques, les produits nutraceutiques et les produits cosméceutiques.

Graphique 7.5. **Plages de profondeurs des activités minières possibles dans l'avenir et juridictions compétentes sur les grands fonds**



Source : Mengerink et al. (2014).

La biotechnologie marine a également fait montre d'un potentiel commercial considérable dans les produits et procédés industriels et dans les industries des sciences de la vie comme nouvelle source d'enzymes et de polymères. Elle fournit une source de produits de substitution synthétiques à de nombreux produits chimiques de grande valeur dérivés des matières premières fossiles, et est largement appliquée dans la surveillance de l'environnement, la bioréhabilitation et la prévention des biosalissures. Malgré ces réussites, il n'en demeure pas moins que la connaissance restreinte de la diversité génétique marine bride encore le potentiel de développement des applications et des innovations industrielles.

Dans le domaine de l'énergie, les algocarburants semblent ouvrir de belles perspectives. D'après le *Marine Board* de la Fondation Européenne de la Science (2010), la culture de microalgues peut théoriquement produire entre 20 000 et 80 000 litres d'huile par hectare et par an, alors que seule la borne basse de cette fourchette semble atteignable avec la technologie actuelle (laquelle représente déjà une production beaucoup plus élevée que celle des agrocarburants issus de cultures terrestres). La production

d'algocarburants à grande échelle et à un prix compétitif n'est certes pas pour demain et va demander davantage de recherche, de développement et de démonstration à long terme, mais des progrès remarquables ont été accomplis ces dernières années dans la démonstration de faisabilité de cette production (Lee, 2015).

Captage et stockage du carbone

Le captage et le stockage du carbone sont considérés par beaucoup comme un ensemble de technologies susceptible de changer la donne dans le domaine de la réduction des émissions de CO_2. On s'intéresse de plus en plus au piégeage du carbone dans des aquifères salins, du fait de l'énorme capacité de stockage de ces sites, et plusieurs projets de démonstration sont en cours ou à l'étude. Cette activité présenterait également un potentiel considérable de création d'emplois[1]. Il reste toutefois beaucoup de chemin à parcourir avant d'aboutir à une activité de captage et de stockage du carbone à grande échelle. Parmi les principaux obstacles à surmonter, citons l'absence de cadre juridique et réglementaire, et le manque de soutien de l'opinion publique. Mais surtout, il semble ne pas encore y avoir de justification économique claire à investir dans ces technologies ni d'incitations économiques solides (Leung, Caramanna et Maroto-Valer, 2014). De fait, comme le souligne l'AIE : « (...) Il reste encore aux politiques climatiques de tous les pays ou presque à parvenir à une justification économique du stockage du CO_2 qui soit susceptible de compenser les coûts initiaux liés à l'exploration et à la mise en valeur du site de stockage, sans parler des coûts du captage du carbone » (AIE, 2015). Le récent accord de la COP21 pourrait toutefois donner une partie de l'impulsion nécessaire à l'intensification de l'investissement.

Observations finales

L'examen qui précède donne certes de précieuses indications sur les perspectives de croissance à long terme des secteurs d'activité liés à la mer, mais ces indications sont hétérogènes. En particulier, pour évaluer les possibilités de l'économie de la mer prise comme un ensemble cohérent, une simple agrégation de ces projections n'aurait aucun sens. Elles diffèrent en effet sur les hypothèses macroéconomiques retenues, sur les périodes ciblées et sur les méthodes appliquées, et s'appuient dans une large mesure sur des sources de données non officielles. Leur agrégation en l'état entraînerait un risque de double comptage, laisserait de côté des imbrications importantes entre secteurs et ne tiendrait pas compte de changements de productivité essentiels aux trajectoires de développement d'un grand nombre de ces secteurs. Pour supprimer ou du moins atténuer ces problèmes graves, l'équipe de projet a développé un modèle, en collaboration avec plusieurs autres secteurs de l'OCDE, ce qui a permis d'aboutir à une projection plus cohérente d'un large ensemble de secteurs maritimes. Ce modèle et les constatations préliminaires sont présentés au chapitre 8.

1. Voir, par exemple, pour le Royaume-Uni : www.theguardian.com/environment/2010/mar/17/carbon-capture-and-storage-strategy.

Références

AIE (2015), *Energy Policy Perspectives 2015*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/energy_tech-2015-en.

AIE (2014), *World Energy Outlook 2014*, Agence internationale de l'énergie, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/weo-2014-en.

Banque mondiale (2013), « Fish to 2030: Prospects for fisheries and aquaculture », *Agriculture and Environmental Services Discussion Paper 03*, Banque mondiale, Washington, DC, http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/12/18882045/fish-2030-prospects-fisheries-aquaculture.

Borelli, A. (à paraître), « Offshore oil and gas: The new frontiers », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

BREA (2014), « The global economic contribution of the cruise tourism 2013 », report prepared for CLIA, Business Research & Economic Advisors, Exton, Pennsylvanie, www.cruising.org/docs/default-source/research/global_cruise_impact_analysis_2013.pdf?sfvrsn=2.

Douglas-Westwood (2016), *World Deepwater Market Forecast 2016-2020*, Douglas-Westwood.

Dwyer, L. (à paraître), « The future of marine and coastal tourism », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

FAO (2015), *Production mondiale de l'aquaculture* (base de données), updated to 2013, Summary information, www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en.

FAO (2014), *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, www.fao.org/3/a-i3720f.pdf.

Hannington, M. (à paraître), « Prospects and challenges of deep sea mining », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

HSRC (2009), *Global Maritime Security Technologies & Markets – 2010-2014*, Homeland Security Research Corporation, Washington, DC.

Lee, C.-G. (2015), « Marine (microalgal) biotechnology from engineering perspectives », presentation at OECD workshop on « The Long-term Potential of Marine Biotechnology », Plentzia, Pays basque (Espagne), 29-30 septembre.

Lee, H.-J. (2015), « Cruises seen as new profit engine », *Korea JoongAng Daily*, 8 mai, http://koreajoongangdaily.joins.com/news/article/article.aspx?aid=3003921.

Leung, D.Y.C., G. Caramanna et M.M. Maroto-Valer (2014), « An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 39, novembre, pp. 426-443, http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.093.

Liebender, A.-S. et al. (à paraître), « Measuring the global economic contribution of ocean-based industries – Methodology paper », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Marine Board de la Fondation européenne de la science (2010), « Marine biotechnology: A new vision and strategy for Europe », *Position Paper 15*, septembre, Marine Board-ESF, Ostende, Belgique, www.esf.org/fileadmin/Public_documents/Publications/marine_biotechnology_01.pdf.

Mengerink, K. et al. (2014), « A call for deep-ocean stewardship », *Science*, vol. 344, 16 mai, www.iris.no/environment/pdf/Mengerink%20et%20al_%202014.pdf.

OCDE (2015a), « Shipbuilding and the offshore industry », C/WP6(2015)5/FINAL, OCDE, Paris, www.oecd.org/sti/ind/Shipbuilding-and-offshore-industry.pdf (consulté le 1er février 2016).

OCDE (2015b), « Oversupply in the shipbuilding industry », www.oecd.org/sti/ind/shipbuilding.htm.

OCDE (2013), *Marine Biotechnology: Enabling Solutions for Ocean Productivity and Sustainability*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264194243-en.

OCDE et FAO (2015), *Agricultural Outlook 2015*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en.

OES (2012), « An international vision for ocean energy », brochure, Ocean Energy Systems, www.ocean-energy-systems.org/documents/81542_oes_vision_brochure_2011.pdf.

OMT (2011), *Tourism Towards 2030/Global Overview*, Advanced edition presented at OMT 19th General Assembly, 10 octobre, Organisation mondiale du tourisme, www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284414024.

Poccia, D. (2015), « Human health, basic research, and marine stations », Extended abstract prepared for the OECD workshop on « The Long-term Potential of Marine Biotechnology », Plentzia, Pays basque (Espagne), 29-30 septembre.

Schlumberger (2015), presentation at Scotia Howard Weil Energy Conference, mars.

SDI (2015), *The Global Maritime and Border Security Market 2015-2025*, août, Strategic Defence Intelligence.

SEA (2015), *2014 Market Forecast Report*, SEA Europe, Ships & Maritime Equipment Association, www.seaeurope.eu/template.asp?f=publications.asp&jaar=2015.

Sweeney, E. (à paraître), « Prospects for ocean energy to 2030 », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Chapitre 8.

Les secteurs maritimes à l'horizon 2030

À l'aide de la Base de données de l'OCDE sur l'économie de la mer *et du modèle décrit à l'annexe 8.A1 (et de façon beaucoup plus détaillée dans un document de travail à paraître de l'OCDE), ce chapitre présente l'évolution de l'économie de la mer jusqu'en 2030 dans un scénario de maintien du statu quo, puis dans deux autres scénarios.*

Il faut souligner d'entrée de jeu que les scénarios ne sont pas des prévisions, mais des projections dont l'objet est ici d'étudier comment les secteurs d'activité liés à la mer pourraient évoluer au cours des 20 prochaines années en partant d'un ensemble d'hypothèses telles que la croissance économique, la dégradation de l'environnement et l'innovation technologique.

Les scénarios éclairent les perspectives qu'ouvrent ces secteurs en matière de croissance et d'emploi, et aident à déterminer les problèmes et les défis susceptibles d'apparaître, comme l'impact potentiel sur le milieu marin d'une croissance rapide des activités liées à la mer, les conséquences que cette croissance peut avoir en termes d'utilisation de l'espace maritime et les implications pour la gestion de cet espace.

On estime que d'ici à 2030, la valeur ajoutée mondiale de l'économie de la mer augmentera pour atteindre plus de 3 000 milliards USD (en USD constant de 2010 ; un chiffre à peu près équivalent au PIB de l'Allemagne pour 2010), maintenant à 2.5 % environ sa part de la VAB totale à l'échelle mondiale (dont on estime qu'elle atteindra 120 000 milliards USD en 2030). Le tourisme maritime et côtier, croisières comprises, devrait représenter la plus grande part (26 %), suivi par l'exploration et l'exploitation pétrolières et gazières en mer (22 %) et les activités portuaires (16 %). Dans le scénario de maintien du statu quo, on calcule qu'en 2030, les secteurs liés à la mer représenteront plus de 40 millions d'emplois directs en équivalent temps plein (approximativement la taille de la population active de l'Allemagne), soit plus de 1 % de la main-d'œuvre mondiale, qui comprend 3.8 milliards de personnes environ (y compris les salariés à temps partiel, les travailleurs non-salariés et les chômeurs)[1]. Les deux plus gros employeurs devraient être le secteur de la pêche industrielle et celui du tourisme maritime et côtier. Plus de la moitié des secteurs maritimes devraient voir leur valeur ajoutée augmenter plus rapidement que celle de l'économie mondiale et presque tous ceux-là connaîtront une croissance de l'emploi supérieure à celle de l'ensemble de l'économie mondiale.

Scénario de maintien du statu quo

Le scénario de maintien du statu quo (ou scénario de référence) fait l'hypothèse d'une continuation des tendances observées jusqu'ici, sans modification majeure des politiques, sans évolution technologique ni environnementale soudaine et sans grandes crises ni surprises. La valeur ajoutée et l'emploi des secteurs tournés vers la mer continuent de progresser au même rythme que sur la période de référence passée. Le modèle conçu pour ce projet demande d'extrapoler l'emploi et le stock de capital physique propres aux pays et aux secteurs, en faisant l'hypothèse que les taux de croissance enregistrés précédemment se maintiendront jusqu'en 2030. On introduit ensuite ces valeurs dans la fonction de production Cobb-Douglas afin d'estimer l'emploi et la valeur ajoutée à l'horizon 2030 pour la pêche, la transformation des produits de la pêche, le transport maritime, et la construction et la réparation navales. Il est plus difficile d'effectuer ce type de projections pour les secteurs qui ne sont pas compris dans la troisième révision de la Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique (CITI Rév. 3). Dans ce cas, la valeur ajoutée et l'emploi à l'horizon 2030 sont estimés à l'aide de méthodes spécifiques pour chaque secteur[2].

Cette approche présente plusieurs avantages importants. Premièrement, elle permet de prendre en considération les spécificités de chaque secteur et, en particulier, d'établir des projections précises et réalistes, fondées sur les connaissances des spécialistes et sur des données concrètes. Deuxièmement, elle donne une souplesse considérable dans la construction des scénarios. Les hypothèses sur le profil d'évolution des différents secteurs pris séparément mènent à un ensemble fourni de scénarios possibles pour les activités liées à la mer. Troisièmement, l'approche retenue permet une modélisation explicite des interdépendances entre les secteurs, dans la mesure où les données s'y prêtent[3].

Enfin, la dernière section du chapitre propose deux autres scénarios – croissance durable et croissance non durable –, qui placent la future économie de la mer sous deux jours différents : dans un cas, le développement à venir des secteurs d'activité liés à la mer d'ici à 2030 est accéléré, et dans l'autre, il est ralenti.

Résumé des résultats

Le tableau 8.1 résume les résultats des projections dans le scénario de maintien du statu quo. Il compare les taux d'évolution de la valeur ajoutée et de l'emploi dans les secteurs d'activité liés à la mer entre 2010 et 2030. Sur cette période, le taux de croissance annuel composé de la valeur ajoutée de l'ensemble des secteurs considérés est estimé à 3.45 %, un taux globalement aligné sur celui que l'on anticipe pour l'économie mondiale. En revanche, on estime que, sur les deux décennies visées, la croissance totale de l'emploi dans ces mêmes secteurs (approximativement 30 %) distancera nettement celle de la main-d'œuvre mondiale (20 % environ).

Tableau 8.1. **Vue d'ensemble des taux de croissance estimés de la valeur ajoutée et de l'emploi, par secteur, entre 2010 et 2030**

Secteur	Taux de croissance annuel composé de la VAB entre 2010 et 2030	Variation totale de la VAB de 2010 à 2030	Variation totale de l'emploi de 2010 à 2030
Aquaculture marine industrielle	5.69 %	303 %	152 %
Pêche industrielle	4.10 %	223 %	94 %
Transformation industrielle des produits de la pêche	6.26 %	337 %	206 %
Tourisme maritime et côtier	3.51 %	199 %	122 %
Pétrole et gaz en mer	1.17 %	126 %	126 %
Éolien en mer	24.52 %	8 037 %	1 257 %
Activités portuaires	4.58 %	245 %	245 %
Construction et réparation navales	2.93 %	178 %	124 %
Équipements maritimes	2.93 %	178 %	124 %
Transport maritime	1.80 %	143 %	130 %
Moyenne de l'ensemble des secteurs d'activité liés à la mer	**3.45 %**	**197 %**	**130 %**
Économie mondiale entre 2010 et 2030	**3.64 %**	**204 %**	**120 %[1]**

1. D'après les projections de la main-d'œuvre mondiale, extrapolées à partir de l'hypothèse « intermédiaire » de taux de fécondité des Nations Unies

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; *Lloyd's Register Group* (2014, 2013) ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014) ; FAO (2015).

Valeur ajoutée et emploi de l'économie de la mer à l'horizon 2030

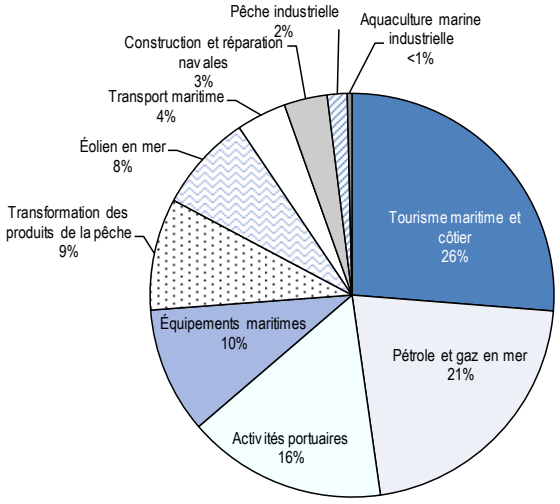
Scénario de maintien du statu quo

On estime que, d'ici à 2030, la valeur ajoutée mondiale de l'économie de la mer augmentera pour atteindre plus de 3 000 milliards USD (en USD constant de 2010), maintenant à 2.5 % environ sa part de la VAB totale mondiale (dont on estime qu'elle atteindra 120 000 milliards USD en 2030).

Le graphique 8.1 montre que dans un scénario de maintien du statu quo, le tourisme maritime et côtier représente la plus grande part (plus d'un quart) de la valeur ajoutée mondiale. Au deuxième rang se trouvent l'exploration et la production pétrolières et gazières en mer (21 %), suivies par les activités portuaires (16 %). Les parts de la transformation

industrielle des produits de la pêche et des équipements maritimes sont estimées à 9 % et 10 % respectivement. Celles des autres secteurs varient entre 0.3 % et 8 %.

Graphique 8.1. **Valeur ajoutée de l'économie de la mer en 2030 dans le scénario de maintien du statu quo**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334632

Note : La pêche artisanale n'est pas prise en compte dans cette vue d'ensemble.

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; Lloyd's Register Group (2014, 2013) ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014).

Dans le scénario de maintien du statu quo, on calcule qu'en 2030, les secteurs liés à la mer représenteront plus de 40 millions d'emplois directs en équivalent temps plein, soit plus de 1 % de la main-d'œuvre mondiale (et 1.5 % de la population active occupée, dans l'hypothèse d'un taux de participation mondial de 63 %). Le graphique 8.3 montre que la majorité des emplois de l'économie de la mer sont fournis par la pêche industrielle (26 %) et le tourisme maritime et côtier (21 %).

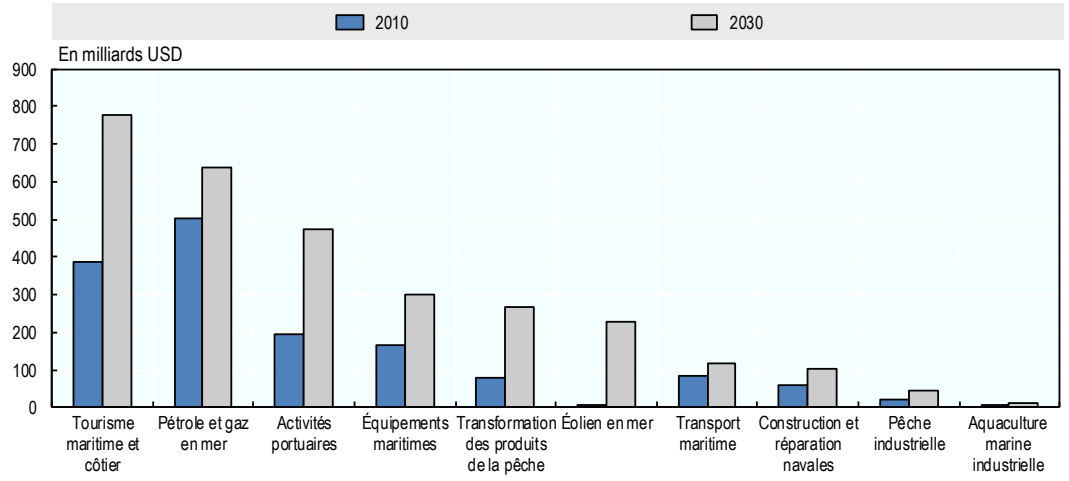
Valeur ajoutée et emploi propres à certains secteurs en 2030

Transport maritime

Dans le scénario de maintien du statu quo, on fait l'hypothèse que la croissance passée du commerce interrégional va se poursuivre durant les 20 prochaines années. Les échanges par mer se feront principalement à l'intérieur de la région Extrême-Orient et entre cette région et l'Océanie, l'Amérique latine, l'Europe et le Moyen-Orient, plaçant l'Asie au premier rang pour la croissance industrielle. On estime que, dans les pays de l'OCDE et dans certaines économies partenaires de l'Organisation, la valeur ajoutée du transport maritime progressera jusqu'à dépasser 118 milliards USD, la plus grande part revenant à l'Asie.

Dans les pays de l'OCDE, l'emploi à plein temps déclaré dans le transport maritime pourrait atteindre plus de 600 000 emplois (scénario de maintien du statu quo). Si l'on y ajoute les gens de mer des économies émergentes et des économies en développement, on arrive à 1.5 million d'emplois environ, soit plus du double.

Graphique 8.2. **Vue d'ensemble de la valeur ajoutée propre à différents secteurs, en 2010 et en 2030**

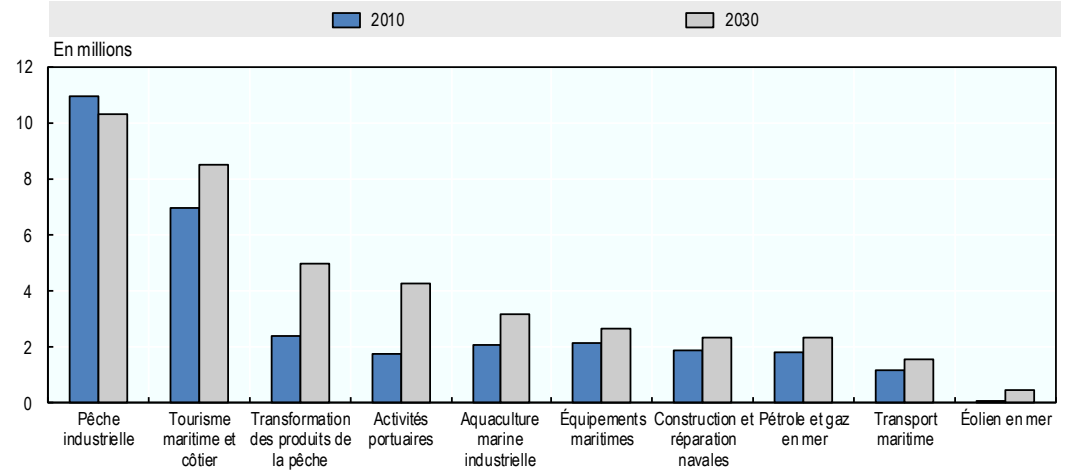


StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334759

Note : La pêche artisanale n'est pas prise en compte dans cette vue d'ensemble.

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; Lloyd's Register Group (2014) ; Lloyd's Register Marine (2013) ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014).

Graphique 8.3. **Comparaison de l'emploi direct dans l'économie de la mer en 2010 et en 2030**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334769

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après la base de données STAN de l'OCDE, la base de statistiques industrielles de l'ONUDI, la Division de statistique de l'ONU ; Lloyd's Register Group (2014) ; Lloyd's Register Marine (2013) ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014) ; FAO (2015).

Construction et réparation navales

Au vu de précédents travaux de l'OCDE sur la construction navale et d'après les données de SEA Europe et IHS Global Insights, le total des besoins de navires neufs devrait tourner autour de 1 230 millions GT sur les 20 prochaines années. Sur ce total, les pétroliers représenteront probablement dans les 420 millions GT, les vraquiers,

550 millions GT environ et les porte-conteneurs, autour de 264 millions GT. Les futurs besoins de construction navale ne devraient pas revenir au niveau record de commandes exécutées de 2011 avant 2035. Par conséquent, en 2030, ils devraient être de 70 millions GT environ, contre 67.7 millions GT de navires construits en 2008[4]. Si aucune fermeture ne se produit, les effets de l'excédent de capacité dans la construction navale créé entre 2009 et 2014 continueront probablement à se faire sentir au cours des deux prochaines décennies.

Compte tenu de la faiblesse des besoins consécutive à la surcapacité du secteur, on estime que dans le scénario de maintien du statu quo, la contribution à l'économie mondiale de la valeur ajoutée du secteur de la construction et de la réparation navales tournera autour de 103 milliards USD, en supposant que la tendance à construire des navires de plus haute gamme se maintienne. Dans ce scénario, les pays asiatiques de l'OCDE devraient continuer de dominer le marché, la capacité de construction navale la plus importante se trouvant en République populaire de Chine (ci-après « la Chine »), en Corée et au Japon Les besoins estimés de construction navale à l'horizon 2030 étant comparativement bas, l'emploi dans ce secteur ne progressera que de 24 points de pourcentage environ, aboutissant à quelque 2.3 millions d'emplois en équivalent temps plein.

Équipements maritimes

D'après les données de *BALance Technology Consulting* (2011), la contribution à l'économie mondiale de la valeur ajoutée du secteur des équipements maritimes devrait être de 300 milliards USD à l'horizon 2030. Une grande partie de la demande future d'équipements maritimes dépend de la croissance du secteur de la construction et de la réparation navales. Il faut noter cependant que l'Europe est la seule région pour laquelle on disposait de données correctes. Compte tenu du manque de cohérence des données relatives aux autres parties du monde, les données européennes ont servi à calculer les chiffres des autres régions. Il est donc possible que le résultat obtenu surestime la valeur ajoutée mondiale et sous-estime l'emploi.

À l'échelle mondiale, ce dernier devrait se monter à 2.7 millions d'emplois environ, concentrés en Chine, au Japon, en Corée et dans d'autres pays émergents d'Asie constructeurs de navires, comme les Philippines et le Viet Nam.

Activités portuaires

Pour estimer la valeur ajoutée et l'emploi, le modèle part des projections de l'activité portuaire mondiale en volume à l'horizon 2030 (elles-mêmes établies sur la base des prévisions de PIB, l'un des déterminants indirects fondamentaux de l'augmentation du commerce mondial) (OCDE et FIT, 2015). Partant des projections du Forum international des transports (FIT) de l'OCDE, fondées sur l'activité portuaire des 830 premiers ports mondiaux par le tonnage et sur près de 100 % de la manutention dans le monde, le scénario de maintien du statu quo estime la valeur ajoutée directe des activités portuaires mondiales à 473 milliards USD environ en 2030. On estime en outre que le rythme de progression du volume d'activité portuaire mondiale aboutira à l'emploi direct de plus de 4.2 millions de personnes à plein temps en 2030.

Ce résultat repose sur deux hypothèses majeures. Premièrement, partant d'une méta-étude de la création de valeur des activités portuaires dans les pays développés (OCDE, 2014), on estime à 100 USD en moyenne la valeur ajoutée par tonne traitée dans

un port. Cela étant, tous les ports ne se trouvent pas dans un pays à revenu élevé, loin s'en faut, et l'impact économique est sans doute moindre dans les pays à plus faible revenu. Il est admis que dans un pays à revenu intermédiaire, la valeur ajoutée par tonne est égale à un tiers de celle produite dans les ports des pays développés. La répartition des volumes d'activité portuaire dans le monde est approximativement d'un tiers pour les pays à revenu élevé et de deux tiers pour les pays à revenu intermédiaire et à faible revenu, et l'on estime que plus de la moitié du volume total provient d'Asie. Deuxièmement, on fait l'hypothèse que 10 % environ de la valeur ajoutée totale est directe. Le reste correspond à des effets indirects et induits. Autre point, de nombreuses activités connexes (usines chimiques ou raffineries, par exemple) sont implantées à proximité des ports les plus importants, où la progression des activités portuaires conduit donc (par une intégration en aval) à la croissance d'autres secteurs. Les effets indirects sont donc plus importants dans les grands ports que dans les petits (OCDE, 2014).

Tourisme maritime et côtier

Même s'il est probable que le tourisme international vers d'autres parties du monde augmentera d'ici à 2030, les arrivées devraient demeurer concentrées en Europe. Dans le scénario de maintien du statu quo, on estime en effet que l'Europe obtiendra la part du lion, avec plus de 700 millions d'arrivées de touristes internationaux, suivie par l'Asie et le Pacifique (plus de 500 millions), soit une part de marché du tourisme mondial de 41 % pour la première et de 30 % environ pour les deux autres ensemble. L'Asie du Nord-Est sera probablement la sous-région la plus visitée en 2030, avec 293 millions d'arrivées de touristes internationaux, suivie par l'Europe du Sud et méditerranéenne (264 millions).

Le tourisme émetteur par région d'origine devrait rester très élevé en Europe, avec 832 millions de touristes internationaux voyageant à l'étranger. Cependant, l'Asie et Pacifique seront les régions émettrices qui connaîtront la plus forte croissance, puisqu'elles devraient passer de 204 millions de touristes en 2010 à 541 millions en 2030.

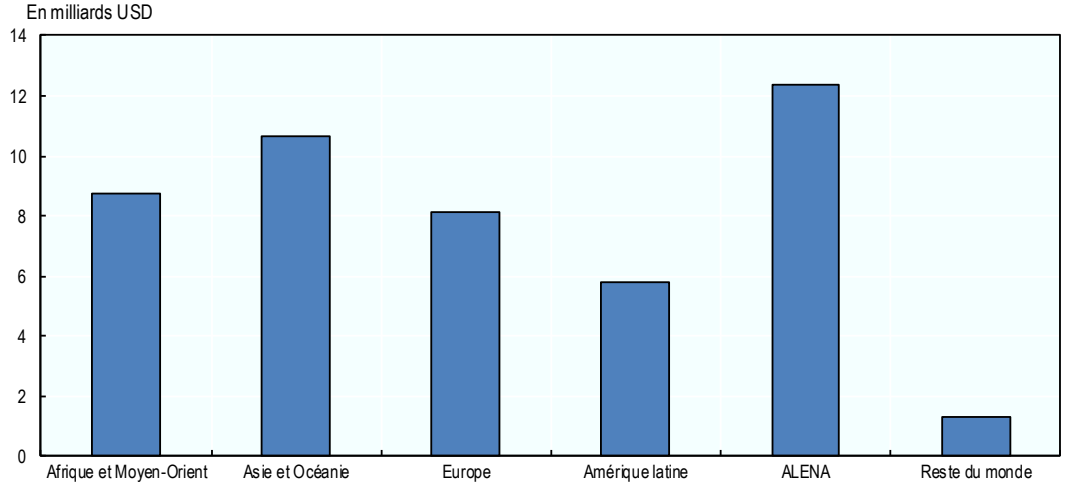
Dans plus de la moitié des cas, il s'agira alors de voyages d'agrément ; cette proportion demeure à peu près identique à ce qu'elle était en 2010 (OMT, 2011).

Dans le scénario de maintien du statu quo, la contribution à l'économie mondiale de la valeur ajoutée du tourisme maritime et côtier est estimée à plus de 777 milliards USD. Toujours en 2030, ce secteur devrait employer plus de 8.5 millions de personnes à l'échelle mondiale.

Pêche industrielle

Les projections du scénario de maintien du statu quo pour la pêche de capture reposent sur la fonction de production Cobb-Douglas qui a été élaborée pour le présent projet. La valeur ajoutée mondiale du secteur de la pêche industrielle devrait être de 47 milliards USD environ en 2030. Le graphique 8.4 montre que la plus forte valeur ajoutée de la pêche reviendra vraisemblablement aux pays de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA) (12.4 milliards USD), suivis par les régions Asie et Océanie (10.7 milliards), Afrique et Moyen-Orient (8.6 milliards), puis Europe (un peu plus de 8 milliards). La valeur ajoutée est plus élevée dans ces régions que dans les autres car ce sont elles qui comptent le plus grand nombre de gros producteurs. Les principaux producteurs sont la Chine, l'Indonésie, le Pérou, les États-Unis, l'Inde, la Fédération de Russie, le Myanmar, le Japon, le Viet Nam, les Philippines et la Norvège.

Graphique 8.4. **Valeur ajoutée de la pêche industrielle en 2030, par région, dans le scénario de maintien du statu quo**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334777

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après UNSTAT et la base de données STAN de l'OCDE ; Banque mondiale (2013).

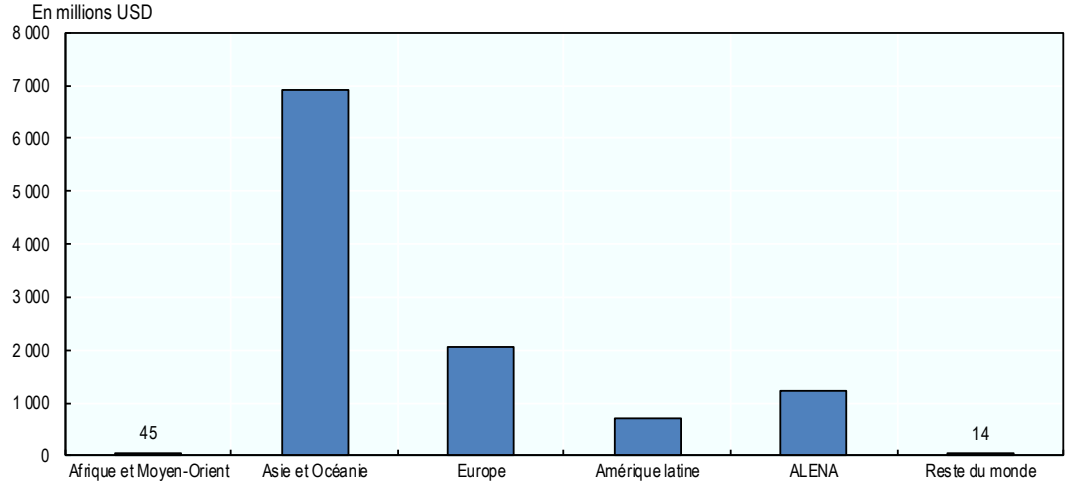
Dans le scénario de maintien du statu quo, l'emploi mondial de la pêche industrielle devrait être supérieur à 10 millions, l'Asie arrivant en tête avec 5 millions d'emplois environ, suivie par l'Afrique avec plus de 3 millions. Le chiffre élevé de l'emploi en Asie s'explique par la forte population de la Chine et de l'Indonésie. Il faut noter néanmoins que la pêche artisanale n'est pas comprise dans cette estimation (voir le chapitre 6 pour un examen plus approfondi de cette question).

Aquaculture marine industrielle

De la même manière, les projections du scénario de maintien du statu quo pour l'aquaculture industrielle reposent sur la fonction de production Cobb-Douglas. Dans ce scénario, la valeur ajoutée mondiale de l'aquaculture marine industrielle est estimée à 11 milliards USD environ, la plus grande part revenant à l'Asie (graphique 8.5). On estime en effet que l'aquaculture marine sera dominée par les pays asiatiques, en particulier la Chine, l'Inde, l'Indonésie, le Viet Nam, le Bangladesh et la Thaïlande, qui généreront une valeur ajoutée de près de 10 milliards USD au total. En outre, certains pays non asiatiques, comme la Norvège, l'Égypte et le Chili, devraient continuer d'accroître considérablement leur production nationale. Il faut noter néanmoins que la valeur ajoutée de l'aquaculture est très probablement sous-estimée du fait de la méthode élaborée faute de données suffisantes. La principale source de données utilisée pour l'aquaculture (CITI Rév.3, code « 05 Pêche ») donne l'ensemble de la production de poisson nationale, sans distinction entre pêche et aquaculture. Il a donc fallu décomposer ce chiffre global à l'aide du ratio de production pêche/aquaculture donné dans le rapport « Fish to 2030 » de la Banque mondiale (2013). Il est possible toutefois que cette méthode conduise à sous-estimer le chiffre de l'emploi de la pêche et à surestimer celui de l'aquaculture. En effet, comparativement, la pêche est plutôt un secteur à forte intensité de main-d'œuvre et l'aquaculture, une activité à forte intensité de capital. En d'autres termes, pour un même volume de poisson produit, l'aquaculture génère une plus

forte valeur ajoutée avec moins de ressources humaines. Pour plus d'informations, voir Liebender et al. (à paraître).

Graphique 8.5. **Valeur ajoutée de l'aquaculture marine en 2030, par région, dans le scénario de maintien du statu quo**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334784

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après UNSTAT et la base de données STAN de l'OCDE ; Banque mondiale (2013) ; FAO (2015).

Dans le scénario de maintien du statu quo, on estime que l'aquaculture marine industrielle emploiera 3 millions de personnes environ. Comme la majeure partie de la production se trouve en Asie, ce sera aussi le cas des emplois. Plus spécifiquement, la plupart des emplois se trouveront en Chine, en Inde, en Indonésie, au Bangladesh, au Pakistan, au Viet Nam et aux Philippines. Ces pays devraient représenter 89 % de l'emploi du secteur de l'aquaculture marine industrielle (hors activités artisanales donc).

Transformation industrielle des produits de la pêche

On fait l'hypothèse que la transformation industrielle des produits de la pêche est largement déterminée par l'offre mondiale de poisson, sachant que la majeure partie des productions halieutique et aquacole est concentrée en Asie (FAO, 2014). Par conséquent, en 2030, la valeur ajoutée mondiale de cette transformation est estimée à 266 milliards USD environ, la plus grande part revenant à l'Asie. Cette région pourrait représenter presque 53 % du marché mondial. D'autres régions, comme l'Afrique, devraient avoir une part plus faible, de 31 %. Quant à l'Europe, au continent américain et au reste du monde, on estime qu'ils se partageront 16 % environ du marché.

L'emploi mondial du secteur de la transformation des produits de la pêche dans le scénario de maintien du statu quo devrait atteindre 5 millions d'emplois à plein temps approximativement. L'Asie en comptera vraisemblablement plus de 3 millions, suivie par l'Afrique, autour de 1 million[5].

Pétrole et gaz en mer

D'après le rapport intitulé « *World Energy Outlook* » (AIE, 2014), dans le scénario de maintien du statu quo, le secteur du pétrole et du gaz en mer générerait une valeur ajoutée

mondiale de 636 milliards USD environ. Cela correspond à un accroissement de 26 % comparé aux valeurs de 2010[6]. Dans les années qui viennent, toutefois, à la différence de ce qui se passe sur terre, la production de pétrole en mer devrait progresser beaucoup plus lentement que la production de gaz, que ce soit en eaux peu profondes ou profondes. L'AIE (2015) anticipe des rythmes de croissance nettement différents pour le pétrole et le gaz, à savoir 0.4 % par an pour le premier et 1.5 %, toujours par an, pour le second. La production totale de pétrole brut en mer devrait passer d'environ 25 millions de barils d'équivalent pétrole par jour en 2014 à 28 millions environ en 2040. Le gaz vient en plus et pourrait fortement progresser, de légèrement plus de 17 à 27 millions de barils d'équivalent pétrole par jour. Toujours d'après l'AIE (2015), la production de pétrole brut en eaux profondes devrait connaître un accroissement notable, la production en eaux peu profondes diminuant légèrement ; pour le gaz, en revanche, la croissance devrait être forte pour les deux modes d'exploitation, en eaux profondes et peu profondes. Sur la base des estimations de *Rystad Energy* et du rapport intitulé « *World Energy Outlook 2012* » (AIE, 2012), les parts respectives de la production de pétrole et de gaz en mer différeront nettement entre eaux peu profondes et eaux profondes. Si l'on fait l'hypothèse d'un ratio de valeur ajoutée par unité de production inchangé entre 2010 et 2030 (ce qui pourrait ne pas être le cas du fait de dépenses d'équipement et d'un coût des technologies plus élevés en eaux profondes) et que l'on se fonde sur les estimations de l'AIE, qui prévoient pour 2030 une part de 88 % pour la production en eaux peu profondes et de 12 % pour celle en eaux profondes, la valeur ajoutée totale de la première devrait augmenter de 19 % environ à l'horizon 2030, tandis que celle de l'exploitation de pétrole et de gaz en eaux profondes devrait progresser de 116 % sur la même période.

L'emploi mondial du secteur du pétrole et du gaz en mer pourrait se monter à plus de 2 millions d'emplois. Étant donné que l'hypothèse sous-jacente ne peut pas tenir compte des progrès technologiques, toutefois, le chiffre effectif de 2030 pourrait être plus faible que la projection actuelle. L'Amérique latine devrait rester en tête, avec 24 % des emplois mondiaux dans le pétrole et le gaz en mer. La part de l'Europe dans l'emploi total pourrait reculer de 1 point de pourcentage, celle de l'Asie et de l'Amérique du Nord, augmenter de 2 points, et celle de l'Afrique et du Moyen-Orient, augmenter également, de 1 point.

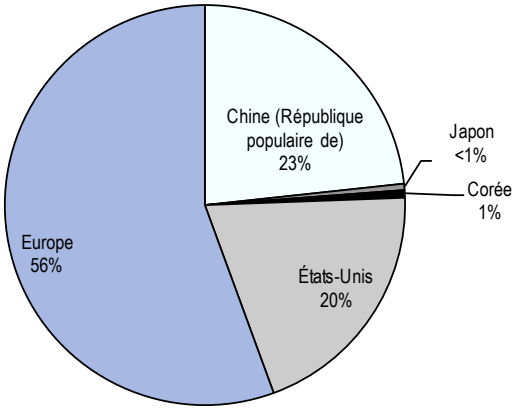
Éolien en mer

Sur la base des objectifs nationaux de puissance installée pour 2030[7], la valeur ajoutée mondiale de l'éolien en mer est estimée à 230 milliards USD environ, la plus grande part se trouvant en Europe (graphique 8.6). L'Europe devrait en effet représenter plus de la moitié du marché mondial, suivie par la Chine (23 %), puis par les États-Unis (20 %). La part des autres producteurs d'éolien en mer, comme le Japon et la Corée, avoisine 1 % chacun. Comme dans l'estimation de la valeur courante de ce secteur (chapitre 6), il est probable que la méthode utilisée ici conduit à surestimer quelque peu la valeur ajoutée de la Chine et des États-Unis[8].

D'ici à 2020, on prévoit qu'un grand nombre de pays produiront plusieurs gigawatts (GW) d'électricité éolienne (en mer et sur terre), la puissance installée pouvant varier d'un peu moins de 10 GW en Afrique à plus de 600 GW en Chine. Une décennie plus tard, la capacité éolienne installée devrait se trouver aux États-Unis, en Amérique latine, en Europe, dans le Pacifique, en Chine et dans d'autres pays asiatiques. Les économies partenaires de l'OCDE devraient produire approximativement 17 % de l'énergie éolienne mondiale, contre 83 % pour les pays de l'OCDE. D'après les projections de l'AIE, la part

des économies partenaires de l'OCDE pourrait s'élever à 57 % vers le milieu du siècle et celle des pays de l'OCDE reculer autour de 43 % (AIE, 2014).

Graphique 8.6. **Répartition de la valeur ajoutée de l'éolien en mer en 2030**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334795

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après EWEA (2011) ; IEDC (2013) ; AIE (2015, 2013) ; IRENA (2014) ; BTM Consulting (2010).

Sur la base de projections existantes de l'emploi et de la capacité (AIE, 2014 ; EWEA, 2011), l'emploi total dans l'éolien en mer est estimé à 435 000 emplois à plein temps environ dans le scénario de maintien du statu quo.

Secteurs d'activité liés à la mer à l'horizon 2030 dans deux autres scénarios

Deux autres scénarios sont proposés – croissance durable et croissance non durable –, qui façonnent la future économie de la mer de deux façons différentes : dans un cas, le développement à venir des secteurs d'activité liés à la mer d'ici à 2030 est accéléré, et dans l'autre, il est ralenti. Les principaux paramètres de ces deux autres scénarios ont été définis lors d'un atelier interne avec le Groupe de pilotage du projet en 2014. Ce sont notamment la croissance économique, le développement technologique, les règlements adoptés par les pouvoirs publics et l'état du climat et du milieu marin d'ici à 2030.

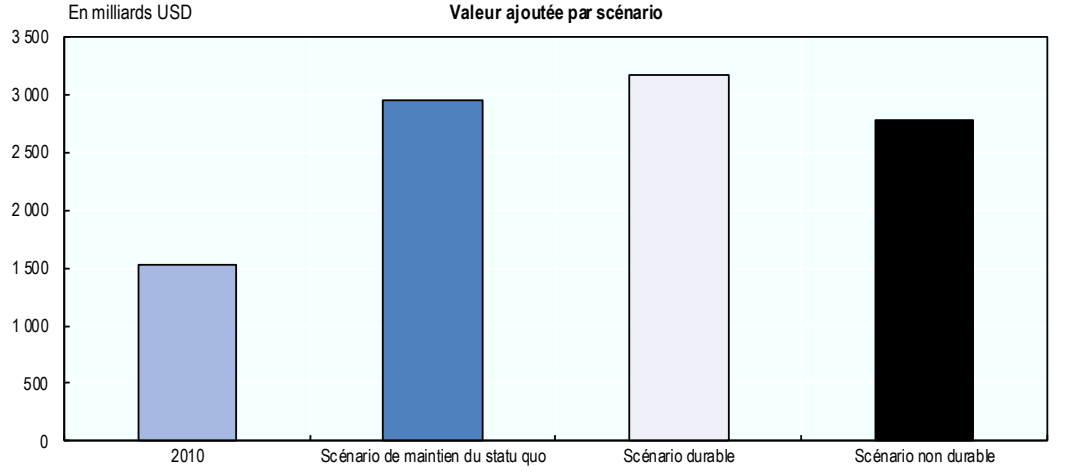
- Le « scénario de croissance durable » fait l'hypothèse d'une croissance économique forte, mais d'une faible dégradation de l'environnement grâce au développement de technologies économes en ressources et sans incidence sur le climat, combinées à un cadre d'action gouvernementale porteur, qui déploie les incitations souhaitables pour que l'économie de la mer puisse prospérer sur le plan économique tout en respectant les normes environnementales.
- Le « scénario de croissance non durable », quant à lui, fait l'hypothèse d'une croissance économique faible et d'une grave détérioration de l'environnement. Associée à un changement climatique et à des dommages environnementaux plus rapides que prévu et à de faibles taux d'innovation technologique, l'économie de la mer fait face à des perspectives périlleuses après 2030.

Des projections sectorielles existantes (pour plus d'informations, voir Liebender et al. [à paraître])[9] ont été adaptées pour servir de cadre à l'élaboration des deux autres scénarios et à l'établissement, par l'équipe du projet, de projections de la valeur ajoutée et

de l'emploi. Pour plus d'informations, se reporter au document de travail de l'OCDE à paraître.

Le graphique 8.7 compare la valeur ajoutée de l'économie de la mer en 2010 et en 2030 dans les différents scénarios. En 2010, cette valeur ajoutée était de 1 500 milliards USD. En 2030, la valeur ajoutée est supérieure à 3 200 milliards USD dans le scénario de croissance durable, contre 3 000 milliards USD dans le scénario de maintien du statu quo. Dans le scénario de croissance non durable, elle est estimée à 2 800 milliards USD environ. En pourcentage de la VAB mondiale totale (estimée à 120 000 milliards en 2030), cela donne donc 2.7 % environ pour le scénario de croissance durable et 2.3 % pour le scénario de croissance non durable. De même, le nombre d'emplois en 2030 dans l'économie de la mer est de presque 43 millions dans le scénario de croissance durable, mais il est inférieur à ce chiffre d'environ 7 millions dans le scénario de croissance non durable. L'écart entre ces deux scénarios en termes de valeur ajoutée et d'emploi est appelé à se creuser au fil du temps.

Graphique 8.7. **Valeur ajoutée de l'économie de la mer selon différents scénarios**



StatLink http://dx.doi.org/10.1787/888933334807

Source : Calculs effectués par les auteurs d'après UNSTAT et la base de données STAN de l'OCDE ; Lloyd's Register Group (2014) ; Lloyd's Register Marine (2013) ; Banque mondiale (2013) ; AIE (2014).

La valeur ajoutée plus élevée générée par l'économie de la mer dans le scénario de croissance durable s'explique par une plus forte production de l'éolien en mer et par une production totale de poisson et une transformation de ces produits plus importantes, conséquences du développement de l'aquaculture et de l'amélioration du rendement de la pêche rendue possible par une gestion durable des stocks de poissons. La différence entre les projections de valeur ajoutée et d'emploi dans le scénario de croissance non durable et dans le scénario de maintien du statu quo est relativement réduite, et ce pour trois raisons. Premièrement, on anticipe un accroissement des activités pétrolières et gazières en mer, du transport maritime et des activités portuaires à un rythme plus soutenu dans le scénario de croissance non durable que dans le scénario de croissance durable. Deuxièmement, d'après les hypothèses de la FAO, la diminution de l'emploi et de la valeur ajoutée de l'aquaculture et de l'éolien en mer devrait être légère comparée aux projections du scénario de maintien du statu quo ; de même, la pêche et la transformation des produits de la pêche ne devraient baisser que modérément par rapport à ce même scénario. On estime

cependant qu'au milieu du siècle, l'écart entre la valeur ajoutée totale des deux scénarios se creusera nettement.

Observations finales

Au vu des projections qui précèdent, il apparaît que l'économie de la mer constitue un pan de plus en plus dynamique et vital de l'économie mondiale. Au cours de la période de projection, nombre de secteurs d'activité liés à la mer devraient enregistrer des performances supérieures à celles de l'ensemble de l'économie mondiale, que ce soit sur le plan de la contribution économique (valeur ajoutée) ou de l'emploi. De fait, la marge d'avance de certains secteurs pourrait être considérable. C'est le cas, en particulier, de la production d'énergie éolienne en mer, de l'aquaculture marine, de la pêche, de la transformation des produits de la pêche, des activités portuaires et de certains segments du tourisme maritime, comme le tourisme de croisière. Bien que le manque de données complètes et cohérentes ait empêché d'intégrer dans les projections de ce rapport toute une série d'activités, telles que les énergies renouvelables d'origine marine, la biotechnologie marine et le suivi et la surveillance maritimes, des données probantes (voir le chapitre 7) portent à croire que, dans un avenir pas si lointain, ces activités pourraient bien s'ajouter à la liste de celles qui enregistrent d'excellents résultats.

Le dynamisme de ces secteurs en expansion rapide, combiné aux attentes de croissance modérée des activités déjà établies, comme le tourisme maritime et côtier, le pétrole et le gaz en mer, la construction navale et les équipements maritimes, laisse prévoir une accélération marquée de l'activité économique liée à la mer. En conséquence, il semble presque inévitable que les pressions qui s'exercent sur les actifs naturels de la mer s'accentuent dans les années qui viennent, à mesure que la demande d'aliments, d'énergie, de minéraux ou d'activités de loisir d'origine marine, pour ne citer que cela, continuera de croître. De la même manière, dans de nombreuses régions du monde, les espaces maritimes risquent de devenir de plus en plus encombrés à mesure que le commerce maritime, l'aquaculture marine, les énergies renouvelables d'origine marine et le tourisme maritime et côtier, entre autres, monteront en puissance et que cette croissance générera des demandes supplémentaires dans les secteurs maritimes avec lesquels ils s'interconnectent. Plusieurs exemples illustrent ce point. La croissance de la puissance installée de l'éolien en mer, à l'échelle indiquée dans le présent rapport et d'autres, laisse prévoir l'implantation de dizaines de milliers de turbines fixes ou flottantes dans le monde d'ici à 2030, ce qui nécessitera la construction de centaines de navires supplémentaires, spécialisés dans la construction en mer et l'avitaillement d'autres navires ou de plateformes (OCDE, 2015b). La demande croissante de GNL et de GPL pourrait entraîner la construction de près de 900 navires spécialisés entre 2015 et 2035 (SEA, 2015). La forte progression des volumes échangés par mer va augmenter singulièrement les activités portuaires, tandis que l'utilisation de navires toujours plus grands accroîtra probablement la demande de navires collecteurs. De même, l'expansion prévue du tourisme maritime et côtier crée une demande de navires de croisière : d'ici à 2020, ce sont 55 navires neufs qui devraient ainsi entrer en service (CLIA, 2014).

Devant l'ampleur de la croissance prévisible des activités liées à la mer, il est impératif que l'on fasse des progrès substantiels dans la gestion et la gouvernance de la haute mer, des zones économiques exclusives et des zones côtières. C'est la question à laquelle nous allons nous intéresser dans le chapitre 9.

Notes

1. D'après l'Organisation internationale du Travail, les « personnes pourvues d'un emploi » comprennent toutes les personnes ayant dépassé un âge spécifié (15 ans) qui se trouvent, durant une brève période de référence spécifiée, dans les catégories suivantes : 1) emploi salarié ; 2) emploi non salarié. Le chiffre de l'emploi mondial en 2010 (comprenant l'emploi à temps partiel et l'emploi non salarié) donné au chapitre 6 a servi de base à une projection fondée sur l'hypothèse intermédiaire de taux de fécondité des Nations Unies, à l'horizon 2030.

2. Pour plus d'informations, voir l'annexe 8.A1.

3. Plus particulièrement, elle présente deux extensions possibles des modèles, examinant deux types d'interdépendances : les produits intermédiaires et les retombées technologiques. Voir l'annexe C du document de travail consacré à la méthode (Liebender et al., à paraître).

4. La projection estimée pour le secteur de la construction et de la réparation navales part donc des valeurs de 2008, de façon à exclure la création excédentaire de la période 2009-14.

5. Ce chiffre surestimé pourrait résulter de données nationales incohérentes dans le groupe des pays à faible revenu.

6. Il est possible que la projection établie pour le pétrole et le gaz en mer sous-estime la valeur réelle en 2030. L'hypothèse de base, du fait de données insuffisantes, est que le ratio de production sera le même en 2030 qu'en 2010. De surcroît, seuls les pays qui avaient déclaré leur production en 2010 pouvaient être pris en compte dans l'analyse, ce qui fait que la Fédération de Russie ne figure pas dans ces estimations.

7. Les pays pris en compte l'ont été car ils avaient publiés leurs chiffres de puissance installée pour 2010 et 2030. Il s'agit de la Chine, de la Corée, des États-Unis, de l'Europe et du Japon. En raison du manque de données, le Mexique a été exclu de cette vue d'ensemble.

8. Pour plus d'informations, voir le document décrivant la méthode (Liebender et al., à paraître).

9. Le scénario de croissance durable pour la pêche de capture repose sur les simulations présentées dans l'étude « Fish to 2030 » de la Banque mondiale, qui visait à rendre compte des avantages qu'il y aurait à agir pour mettre un terme à la surexploitation des ressources marines et protéger les écosystèmes aquatiques d'un effondrement biologique. Partant d'une étude de la FAO et de la Banque mondiale (2009), on estimait que des stocks halieutiques reconstitués et des pêches correctement gérées à l'échelle mondiale permettraient d'accroître le rendement annuel de 10 % par rapport au niveau de 2004, et ce de façon durable. Ainsi, il était possible, dans de nombreux cas, de reconstituer les stocks trop sollicités et d'améliorer la productivité des pêches sous tension, à condition que les gouvernements des différents pays, les gestionnaires de ressources marines, les flottes de pêche et les communautés de pêcheurs prennent les actions qui s'imposent : améliorer la gestion et réformer les régimes fonciers de façon à réduire l'effort de pêche, laisser les écosystèmes aquatiques et les stocks se reconstituer, réduire l'accès libre aux différentes pêches et gérer durablement leur productivité (voir FAO, 2014). Les pressions qu'exerce l'accroissement de l'aquaculture sur l'environnement sont prises en compte dans ce chiffre.

Annexe 8.A1.
Méthode employée dans le scénario de maintien du statu quo

La troisième révision de la classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique (CITI Rév.3) faisait état de la pêche, de la transformation du poisson, du transport par eau, et de la construction et de la réparation de navires. Les projections de la valeur ajoutée et de l'emploi propres à ces secteurs ont été établies à l'aide de la méthode suivante :

- Établir la projection du niveau national de $GDP_{j,2030}$, $L_{j,2030}$, $K_{j,2030}$ et $h_{j,2030}$ à partir des données du FMI, de la base de données des Indicateurs du développement dans le monde et de la base de données Cohen-Soto (voir Duval et de la Maisonneuve, 2009). $A_{j,2030}$ est calculée implicitement par la résolution de la fonction de Cobb-Douglas de productivité globale des facteurs. $GDP_{j,2030}$ et $K_{j,2030}$ sont recueillies en USD internationaux de 2010 comme $GDP_{j,2010}$ et $K_{j,2010}$. Ces valeurs correspondent au produit intérieur brut et au stock de capital physique convertis en dollars internationaux à l'aide de taux de parité de pouvoir d'achat.
- Calculer le taux de croissance de la valeur ajoutée, de l'emploi et du stock de capital physique propres aux pays et aux secteurs. Appliquer la projection des taux de croissance aux taux entre 2029 et 2030. Acquérir le taux de croissance composé de 2010 à 2030. Multiplier le taux composé par les valeurs $GVA_{i,j,2010}$, $K_{i,j,2010}$ et $L_{i,j,2010}$ propres aux pays et aux secteurs pour estimer les valeurs $GVA_{i,j,2030}$, $K_{i,j,2030}$ et $L_{i,j,2030}$. Calculer implicitement la productivité globale des facteurs $A_{i,j,2030}$ propre aux pays et aux secteurs en appliquant une méthode analogue à celle de l'étape 1. (Les moyennes pondérées spécifiques des groupes de revenu sont calculées et utilisées pour estimer les valeurs des pays non déclarants. Les valeurs $GVA_{i,j,2030}$ et $K_{i,j,2030}$ propres aux pays et aux secteurs sont recueillies en USD internationaux de 2010).
- Entrer $K_{i,j,2030}$, $L_{i,j,2030}$, $HC_{i,j,2030}$ et $A_{i,j,2030}$ dans une fonction de production Cobb-Douglas afin d'acquérir $GVA_{i,j,2030}$.

$$GVA_{i,j,2030} = A_{i,j,2030} \times K_{i,j,2030}^{\alpha} \times (HC_{i,j,2030} \times L_{i,j,2030})^{1-\alpha}.$$

Les projections des secteurs non définis dans la CITI Rév.3 ont été établies individuellement. Pour plus d'informations, voir Liebender et al. (à paraître).

Méthode employée dans les scénarios de croissance durable et non durable

L'élaboration des autres scénarios repose sur le cadre de projections sectorielles existantes. L'une des approches possibles pour établir les projections de valeur ajoutée et de création d'emplois aurait été d'emprunter le taux de croissance anticipé par ces études,

mais la majorité d'entre elles n'élaborent pas de projections de valeur ajoutée ni de création d'emplois au niveau des pays et des secteurs. La projection de la VAB et celle de l'emploi ont donc été estimées à partir de la production anticipée (Y) par ces études, en appliquant la méthode suivante :

- Recueillir la production propre aux pays et aux secteurs, $Y^A{}_{i,j,2030}$, correspondant à la définition des scénarios de croissance durable (Green) et non durable (Black), où A dénote le scénario, $A \in \{B, G\}$.
- Calculer le ratio de production par rapport au scénario de référence, $\frac{Y^A{}_{i,j,2030}}{Y_{i,j,2030}}$.
- Calculer la valeur ajoutée et le nombre d'emplois dans les autres scénarios à l'aide des formules suivantes : $GVA^A{}_{i,j,2030} = \frac{Y^A{}_{i,j,2030}}{Y_{i,j,2030}} \times GVA_{i,j,2030}$ et $L^A{}_{i,j,2030} = \frac{Y^A{}_{i,j,2030}}{Y_{i,j,2030}} \times L_{i,j,2030}$.

Références

AIE (2015), *IEA Wind: 2014 Annual Report*, IEA Wind, Paris, disponible à l'adresse : www.ieawind.org/annual_reports_PDF/2014/2014%20AR_smallfile.pdf.

AIE (2014), *World Energy Outlook 2014*, Agence internationale de l'énergie, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/weo-2014-en.

AIE (2013), *Medium-Term Renewable Energy Market Report 2013: Market Trends and Projections to 2018*, Agence internationale de l'énergie, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264191198-en.

AIE (2012), *World Energy Outlook 2012*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/weo-2012-en.

BALance Technology Consulting (2014), « Competitive position and future opportunities of the European marine supplies industry », Commission européenne, disponible à l'adresse : http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/4233/attachments/1/translations/en/renditions/native.

Banque mondiale (2013), « Fish to 2030: Prospects for fisheries and aquaculture », *Agriculture and Environmental Services Discussion Paper 03*, Banque mondiale, Washington, DC, disponible à l'adresse : http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/12/18882045/fish-2030-prospects-fisheries-aquaculture.

BTM Consulting (2010), *International Wind Energy Development: World Market Update 2010*, Navigant Consulting.

CLIA (2014), « Chartering a source to success », 2014 CLIA Annual Report.

Douglas-Westwood Limited (2005), « World marine markets », a report to WTSH, report number 328-05, mars.

Duval, R. et C. de la Maisonneuve (2009), « Long-run GDP growth framework and scenarios for the world economy », *Documents de travail du Département des affaires économiques de l'OCDE*, n° 663, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/227205684023.

EWEA (2011), « Wind in our sails: The coming of Europe's offshore wind energy industry », novembre, Association européenne pour l'énergie éolienne, Bruxelles, disponible à l'adresse : www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Offshore_Report.pdf.

FAO (2015), *Production mondiale de l'aquaculture* (base de données), updated to 2013, Summary information, disponible à l'adresse : www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en.

FAO (2014), *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, disponible à l'adresse : www.fao.org/3/a-i3720f.pdf.

FAO et la Banque mondiale (2009), *The Sunken Billions: The Economic Justification for Fisheries Reform*, la Banque mondiale, Washington, DC, disponible à l'adresse : http://siteresources.worldbank.org/EXTARD/Resources/336681-1224775570533/SunkenBillionsFinal.pdf.

IEDC (2013), « Creating the clean energy economy: Analysis of the offshore wind energy industry », International Economic Development Council, Washington, DC, disponible à l'adresse : www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2016/02/IEDC_Offshore_Wind.pdf.

IRENA (2014), *REmap 2030 : A Renewable Energy Roadmap*, Agence internationale pour les énergies renouvelables, Abu Dhabi, Émirats arabes unis, www.irena.org/remap.

Liebender, A.-S. et al. (à paraître), « Measuring the global economic contribution of ocean-based industries – Methodology paper », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Lloyd's Register Group (2014), « Global marine fuel trends 2030 », Lloyd's Register Global Technology Centre, Londres, www.lr.org/en/_images/213-34172_Global_Marine_Fuel_Trends_2030.pdf.

Lloyd's Register Marine (2013), « Global marine trends 2030 », Lloyd's Register Marine.

OCDE (2015a), « Shipbuilding and the offshore industry », C/WP6(2015)5/FINAL, OCDE, Paris, www.oecd.org/sti/ind/Shipbuilding-and-offshore-industry.pdf (consulté le 1 février 2016).

OCDE (2015b), « Oversupply in the shipbuilding industry », www.oecd.org/sti/ind/shipbuilding.htm.

OCDE (2014), *The Competitiveness of Global Port-Cities*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264205277-en.

OCDE et FIT (2015), *Perspectives des transports FIT 2015*, Éditions OCDE/FIT, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789282107805-fr

OMT (2011), *Tourism Towards 2030/Global Overview*, Advanced edition presented at UNWTO 19th General Assembly, 10 octobre, Organisation mondiale du tourisme, disponible à l'adresse : www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284414024.

SEA (2015), « Shipbuilding market monitoring 2014 1Q, Report », n° 35, juin, Europe Ships & Maritime Equipment Association.

Chapitre 9.

Vers une gestion intégrée de la mer

Ce chapitre est une réflexion à plus long terme sur les défis qui se présentent dans la gestion de la mer et sur quelques-unes des possibilités émergentes qui pourraient aider à les relever. Il s'ouvre par un bref panorama des conséquences, pour la gouvernance de la haute mer, d'une multipolarité géopolitique et d'une fragmentation des institutions croissantes, avant de s'intéresser à la gestion de la mer dans les zones économiques exclusives (ZEE). Dans ces zones, en effet, les problèmes se posent différemment, car les ressources et les activités économiques humaines y sont sous la responsabilité de gouvernements distincts. Pourtant, ce n'est que récemment que des cadres d'action stratégique applicables à la gestion des eaux et des fonds marins nationaux ont commencé à se dessiner, et que la gestion intégrée de la mer a pris une ampleur visible. Par ailleurs, la gestion des ZEE marines présente de multiples difficultés qui entravent l'efficacité de sa mise en œuvre. Ce chapitre propose trois voies d'action pour parvenir aux améliorations qui s'imposent urgemment : mieux intégrer l'analyse et les instruments économiques ; innover en matière de structures et de processus de gouvernance et faire un plus grand usage de la science et de la technologie, en particulier dans la collecte de données de meilleure qualité.

La gouvernance de la mer est face à nombre de risques et d'incertitudes. Citons, entre autres, la pléthore d'organismes gérant les différentes activités, des lacunes dans le cadre de gouvernance, un respect des règles insuffisant et un manque de moyens pour imposer ce respect, l'apparition de nouvelles utilisations et l'absence de cadre d'équité dans l'exploitation des ressources génétiques. Parallèlement, la gouvernance de la mer doit relever un nombre croissant de défis géopolitiques, en particulier l'accentuation de la multipolarité du monde et de l'émiettement des structures de pouvoir, et l'émergence de nouveaux acteurs, étatiques et non étatiques. Tout porte à croire que la gouvernance de la mer va continuer d'évoluer en grande partie selon une logique sectorielle et non une approche globale. Il ne fait pourtant aucun doute qu'une gestion plus intégrée de la mer est indispensable pour prendre en compte l'interdépendance des écosystèmes, la croissance de l'activité économique, la montée des pressions qui s'exercent sur les ressources marines et l'encombrement croissant de l'espace maritime. Il est essentiel à cet égard de miser sur l'innovation en matière de gouvernance, une plus grande utilisation des outils économiques et une base de connaissances scientifiques plus solide.

Évolution du paysage géopolitique et gouvernance de la haute mer

Un certain nombre d'études récentes des tendances à long terme semblent indiquer qu'il est hautement improbable que la complexité et l'instabilité du monde régressent dans les décennies à venir (voir notamment Commission européenne, 2009 ; Shell, 2013 ; NIC, 2012 ; OCDE, 2011). Les tendances décrites au chapitre 2, comme l'importance grandissante des pays émergents et des pays en développement et le déplacement du centre de gravité économique, portent à croire que l'humanité s'avance de plus en plus vers un monde nettement multipolaire, ce qui entraîne, entre autres choses :

- la disparition graduelle de l'hégémonie et l'émergence de nombreux pays et régions rivalisant pour acquérir un pouvoir économique et les avantages que peut apporter la projection de leur pouvoir économique grandissant sur la scène internationale
- l'émergence de nouveaux acteurs étatiques qui font la démonstration de leur force, en particulier dans des secteurs vitaux – tels que l'énergie et les autres ressources naturelles, les technologies de l'espace, les TIC –, ce qui leur permet d'acquérir, sur la scène mondiale, une importance stratégique et un dynamisme souvent bien supérieurs à leur poids
- l'apparition d'acteurs quasi-étatiques et non étatiques venus de différentes origines sociétales, commerciales ou publiques, et qui ont vu leur influence mondiale croître à mesure que leur forte concentration de connaissances, de compétences et de pouvoir financier ainsi que leur efficience d'échelle et l'efficience de leurs réseaux augmentaient leur notoriété internationale.

Ces défis et d'autres, pris ensemble, ont focalisé l'attention de nombreux États sur des questions qui, à première vue, n'ont pas grand-chose à voir avec la mer en tant que telle. Pourtant, des études comme celle de la *Global Ocean Commission* (GOC, 2014) font état de liens profonds et de ramifications susceptibles d'influer sur la façon dont l'humanité gouvernera les mers et les océans dans les décennies qui viennent. La GOC soutient que la haute mer est face à un cycle de déclin de la santé et de la productivité des écosystèmes, provoqué par la demande accrue de ressources vivantes et non vivantes ; le développement de nouvelles technologies ; la baisse des stocks de poissons ; le

changement climatique et la perte de biodiversité et d'habitats ; et l'insuffisance de la gouvernance de la mer.

De tous les effets que produit sur la mer la tendance précédemment décrite, qui conduit à un monde multipolaire intrinsèquement complexe et instable, l'un des plus profonds est peut-être la plus grande fragmentation du droit et de la gouvernance internationaux. Les conséquences de cette fragmentation sont encore incertaines, mais l'inquiétude a été suffisamment forte pour que l'Organisation des Nations Unies charge sa Commission du droit international (CDI) d'examiner la question en détail. La CDI a décrit cette fragmentation comme un processus de diversification et d'expansion, au cours duquel le droit international, qui était autrefois un « instrument de régulation de la diplomatie formelle », « traite désormais des aspects les plus divers de l'activité internationale − du commerce à la protection de l'environnement, des droits de l'homme à la coopération scientifique et technique ». Dans son étude, la Commission indique que « la fragmentation crée effectivement un risque de conflit et d'incompatibilité entre des règles, principes, régimes et pratiques institutionnelles », mais que, dans le même temps, « elle reflète l'expansion de l'activité juridique internationale dans des domaines nouveaux et la diversification concomitante de ses objets et techniques » (CDI, 2006). Cette évolution est extrêmement sensible dans la gouvernance internationale de la mer. La gouvernance de la mer est souvent présentée comme un mouvement de balancier entre l'approche globale, telle qu'elle ressort de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS), et des accords extrêmement spécialisés. Tout porte à croire que, dans les années qui viennent, la gouvernance de la mer continuera d'évoluer sur des axes très sectoriels, souvent sous-tendus par des principes juridiques différents. Des initiatives d'envergure devraient se poursuivre ou s'amorcer dans des domaines aussi divers que :

- la négociation d'un instrument international juridiquement contraignant, dans le cadre de l'UNCLOS, sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique marine dans les zones ne relevant d'aucune juridiction nationale
- les processus permanents relatifs aux demandes des États d'établir les limites extérieures du plateau continental placé sous leur juridiction au-delà des 200 milles marins de la zone économique exclusive, demandes déposées auprès de la Commission des limites du plateau continental
- les premières étapes préparatoires aux négociations sur une réglementation de l'exploitation minière des grands fonds, sous la conduite de l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM)
- les efforts constants pour concevoir et mettre en œuvre des règles permettant de s'attaquer à la surpêche et, en particulier, à la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN)
- les appels de plus en plus nombreux pour que soient élaborés des accords internationaux relatifs aux normes environnementales et aux normes de sécurité applicables au forage en mer sur le plateau continental, ainsi qu'une convention internationale régissant la rémunération et la responsabilité.

À mesure qu'elles prendront de l'ampleur, ces initiatives et d'autres se retrouveront face à de grands défis, qu'il s'agisse de menaces pour la paix et la sécurité internationales ou d'activités mettant en péril l'intégrité écologique de la mer. Dans le domaine de la paix et de la sécurité, les défis majeurs comprennent notamment les désaccords sur les frontières maritimes dans différentes régions du monde et les craintes permanentes

d'actes de piraterie. Pour ce qui concerne le milieu marin, le G7 a récemment promis de s'attaquer au problème des déchets en mer, considéré par beaucoup comme une question d'importance croissante entraînant de graves conséquences économiques. Globalement, la GOC (2014) a récemment conclu que la gouvernance de la mer faisait face à nombre de risques et d'incertitudes, notamment :

- une pléthore d'organismes gérant différentes activités
- des lacunes dans le cadre de gouvernance
- un respect des règles insuffisant
- un manque de moyens pour imposer ce respect des règles
- l'émergence de nouvelles utilisations, y compris des activités en haute mer, comme la production d'énergie
- l'absence d'un cadre d'équité en matière d'exploitation des ressources génétiques.

Au total, on admet généralement qu'il reste une incertitude fondamentale sur le point de savoir où va la gouvernance de la mer.

Les conséquences des risques et incertitudes associés à l'évolution en cours de la gouvernance de la mer se feront sentir dans diverses activités économiques. Citons, par exemple, le manque de clarté juridique dans lequel se déroulent les activités économiques en mer qui s'exercent au-delà de la juridiction nationale, et l'éventualité d'une compétition accrue entre États autour de l'accès aux ressources marines.

Pour ce qui est de l'incertitude juridique : dans les zones ne relevant d'aucune juridiction nationale, certains régimes juridiques sont en cours d'extension de façon à couvrir l'exploitation des ressources halieutiques, minérales profondes et biologiques, entre autres. Immanquablement, ces différents contextes aboutiront à des réglementations différentes pour ce qui concerne la sécurité de jouissance, les taxes, la propriété des redevances, la propriété intellectuelle, etc., mais il demeurera des zones d'incertitude, en matière de droit des contrats, par exemple. L'un des cas cités en illustration dans les travaux publiés est celui des coraux de profondeur, qui sont touchés par les lois sur la pêche et constituent l'une des ressources minérales de la Zone, et qui représentent donc à la fois une partie du patrimoine commun de l'humanité et une ressource biologique aux termes de la Convention sur la diversité biologique (voir Prows, 2006). Or, il n'existe aucun accord international direct abordant leur protection et leur utilisation (European Marine Board, 2015). De manière générale, les entreprises et les juristes objectent depuis longtemps que si l'on veut que des investissements publics et privés substantiels viennent soutenir un développement économique responsable de la haute mer, on a besoin d'un régime juridique clair et global s'appliquant aux relations entre États et au rôle des entités commerciales privées.

Concernant la compétition autour des ressources, il faut noter que malgré la fragmentation du droit international et la diversité des intérêts des États lorsqu'on aborde les questions fondamentales de la gouvernance de la mer, les ressources marines n'ont suscité que peu de conflits directs, voire aucun, ces dernières décennies. On a bien observé des tensions entre États aux confins des eaux territoriales revendiquées, mais, dans l'ensemble, la paix et l'ordre ont pu être maintenus entre les États. L'une des raisons à cela est presque certainement le fait que l'exploitation des ressources marines de haute valeur, tels que les minerais, dans la Zone ne présente aucun caractère d'urgence ni de

nécessité aux yeux des États concernés. L'autre raison est que les États ont plutôt bien réussi la mise en place d'un processus qui leur permet d'étendre progressivement leurs droits souverains sur les ressources du plateau continental, ce qui soustrait de larges parties de la mer et des fonds marins aux relations internationales. En outre, le Tribunal international du droit de la mer est à même de statuer sur un grand nombre d'intérêts conflictuels des États. Il reste, comme des travaux publiés le font valoir, qu'on ne s'occupe guère d'intégrer dans le système de gouvernance de la mer des incitations à développer des activités communes entre États. Ainsi, malgré toute la coopération autour de l'élaboration d'une réglementation applicable aux activités minières en eaux profondes, le régime des contrats fonctionne toujours sur la base du premier arrivé premier servi et sur des contrats sans partenariat. Il y a donc un système de compétition intégré. Reste à savoir quelles en seront les conséquences sur le long terme (Fritz, 2015).

Gouvernance des zones économiques exclusives

S'il est probable que la gouvernance de la haute mer continuera d'évoluer selon une logique sectorielle, un grand nombre d'initiatives récentes tendraient à montrer que la gestion de la mer dans les zones économiques exclusives (ZEE) s'efforce de gagner en exhaustivité et en cohérence.

Comme il a été souligné précédemment, les activités liées à la mer sont considérées comme essentielles pour résoudre les problèmes auxquels le monde fait face. Pourtant, les pressions qui s'exercent sur le milieu marin – surpêche, pollution et destruction des habitats, pour ne citer que celles-ci – ont continué de s'accentuer, notamment du fait d'une utilisation croissante du milieu marin. Ces pressions sont en grande partie attribuées au fait que la gestion et la réglementation des activités liées à la mer obéissent depuis longtemps à une approche ad hoc, sectorielle.

Cependant, on a vu ces dernières années augmenter de façon significative le nombre de pays et de régions ayant mis en place des cadres stratégiques censés leur permettre de mieux gérer l'espace maritime. La plupart des pays côtiers du globe possédaient déjà diverses politiques sectorielles visant à gérer les différentes utilisations de la mer (telles que le transport, la pêche ou la mise en valeur des ressources pétrolières et gazières), mais, ces 20 dernières années, un bon nombre d'entre eux se sont employés activement à élaborer une conception écosystémique et intégrée de la gouvernance de l'espace maritime relevant de leur juridiction. Ces conceptions englobent des objectifs et des procédures permettant d'harmoniser les utilisations et les lois existantes, de favoriser une mise en valeur pérenne de l'espace maritime, de protéger la biodiversité ainsi que les ressources et les écosystèmes vulnérables, et de coordonner les actions des nombreux organismes publics qui interviennent ordinairement dans les affaires maritimes (Cicin-Sain, Vanderzwaag et Balgos, 2015).

Les pays concernés comprennent la majeure partie, voire la totalité, des pays côtiers de la zone OCDE (ex. : Australie, Belgique, Canada, Corée, États-Unis, France, Irlande, Japon, Norvège, Portugal, Royaume-Uni et Suède), mais aussi des économies émergentes, telles que le Brésil, la République populaire de Chine (ci-après « la Chine »), l'Indonésie et l'Afrique du Sud, et un certain nombre de pays en développement (comme la Malaisie et le Viet Nam). Certains de ces pays ont déjà mis en place leur cadre d'action stratégique, tandis que d'autres en sont encore aux différents stades de la conception ou de la mise en œuvre. Au niveau infranational, de nombreuses régions avancent également dans cette direction. Parmi les exemples récents, citons le Québec, au Canada, (Gouvernement du Québec, 2016) et les régions du nord-est des États-Unis (Ocean

Frontiers, 2016), ainsi que de nombreuses régions européennes agissant en réponse à la directive-cadre « stratégie pour le milieu marin » de l'Union européenne (Gouvernement écossais, 2015).

À l'origine de ce changement de cap, on trouve l'idée, de plus en plus répandue, que la gestion de la mer doit reposer sur une approche écosystémique. On utilise le terme « gouvernance écosystémique » pour décrire le processus par lequel on définit les objectifs sociétaux et environnementaux à long terme d'un endroit donné et l'on met en place les processus et les structures qui permettront d'atteindre ces objectifs (Olsen, Olsen et Schaefer, 2011). Le lacis d'incidences réciproques entre les utilisations et les processus, sur les côtes et en mer, impose une gouvernance de la mer qui soit intégrée, applique le principe de précaution et agisse par anticipation.

À l'heure actuelle, quelque 50 pays ont amorcé une forme ou une autre de gestion de l'espace maritime. Huit pays disposent de plans maritimes approuvés par les autorités nationales, ce qui représente 8 % environ des ZEE du monde. À mesure que d'autres pays rejoindront le mouvement (à travers les directives européennes applicables, par exemple), ce chiffre devrait augmenter pour atteindre 25 % environ en 2025 (Ehler, 2015). L'échelle et la portée de ces initiatives diffèrent toutefois considérablement d'un pays à l'autre.

Outre sa dimension spatiale, la gestion intégrée de la mer présente une dimension temporelle, qui entre en jeu à plusieurs niveaux. Ainsi, les conflits potentiels à propos de l'utilisation de la mer peuvent être atténués, dans certaines circonstances, en espaçant les activités concurrentes sur une période donnée. De la même façon, pour être efficaces, la planification et la gestion doivent savoir anticiper. Elles nécessitent une connaissance préalable des changements probables du milieu marin et des activités économiques liées à la mer, puisque ces deux aspects sont interdépendants et influent l'un sur l'autre.

La dimension spatiale apparaît dans différentes initiatives qui visent à mettre en œuvre une gestion clairement définie sur le plan géographique des ressources marines et de l'utilisation de la mer et des côtes. Durant les deux dernières décennies, on a observé une augmentation rapide de l'intérêt – et de l'action à différents niveaux politiques – pour l'application d'une gestion spatialement explicite des ressources marines (McLeod et Leslie, 2009 ; Halpern et al., 2012) au moyen d'instruments tels que la gestion intégrée des zones côtières (GIZC), la planification de l'espace maritime et les aires marines protégées (AMP).

Gestion intégrée des zones côtières

Étendant le concept d'aménagement terrestre au-delà de la laisse de basse mer, la gestion intégrée des zones côtières est un processus de planification intégrée et de zonage multi-usage des secteurs côtiers (Olsen, Tobey et Kerr, 1997). Introduite il y a plus de 30 ans, la gestion intégrée des zones côtières est récemment devenue un centre d'intérêt. Ce processus fondé sur une approche intégrant tous les aspects du littoral, y compris les limites géographiques et politiques, est une tentative pour atteindre la viabilité à long terme. Du point de vue des interactions terre-mer, en particulier, l'un des buts essentiels de ce mode de gestion est de parvenir à une intégration efficace de la gestion des côtes et de celle des bassins versants hydrographiques et des nappes côtières. Les autorités et les parties prenantes possédant des intérêts côtiers collaborent à la résolution de leurs problèmes communs, tels que la conservation de la nature, les inondations côtières et la défense des côtes, et le développement économique local (Allmendinger, Barker et Stead, 2002).

Planification de l'espace maritime

La planification de l'espace maritime (également appelée « planification spatiale marine » ou « planification spatiale côtière et marine ») a étendu l'approche de gestion intégrée des zones côtières vers le large dans les années 2000. Cette approche de planification territorialisée permet une gestion plus intégrée et pérenne de la mer que celle pratiquée précédemment (Lester et al., 2013). La gestion intégrée des zones côtières et la planification de l'espace maritime s'appuient largement sur des processus et une planification terrestres, mais les deux concepts diffèrent sur un certain nombre d'approches et de principes essentiels.

Dans son sens le plus large, la planification de l'espace maritime peut être définie comme le fait « d'analyser et d'allouer des parties d'un espace maritime tridimensionnel à des usages ou des non-usages particuliers, afin d'atteindre des objectifs écologiques, économiques et sociaux habituellement spécifiés selon un processus politique » (Ehler et Douvere, 2007). Cette planification détermine les zones du milieu marin qui conviennent à différents usages ou activités de façon à réduire les situations de conflit et à atteindre des objectifs écologiques, économiques et sociaux. Elle apporte donc une dimension spatiale à la réglementation des activités liées à la mer, en aidant à établir un canevas géographique des utilisations de ce milieu dans une zone donnée. Elle diffère en cela de la gestion intégrée des zones côtières, qui ne conduit généralement pas à allouer des espaces à des activités particulières, et compte davantage sur une coopération volontaire que sur l'affectation formelle de zones à certains usages. La gestion intégrée des zones côtières déborde aussi plus nettement sur les terres et entretient des liens plus étroits avec les organismes et organes spécialisés dans les questions terrestres, alors que le domaine de compétence de la planification de l'espace maritime s'arrête généralement à la laisse de haute mer (Morrissey, à paraître).

Aires marines protégées

Les premières expérimentations de planification de l'espace maritime étaient fortement motivées par des préoccupations environnementales, et spécialement orientées vers le milieu marin au large des côtes (Jay et al., 2012). De fait, la planification de l'espace maritime a d'abord fonctionné selon une logique de conservation de la nature, mettant en place des aires marines protégées dans le Parc marin de la Grande Barrière de corail (Schaefer et Barale, 2011). C'est pourquoi, initialement, les aires marines protégées étaient au cœur de la législation relative à la planification de l'espace maritime. Ces aires sont des zones géographiquement délimitées qui sont réglementées et gérées en vue d'atteindre des objectifs spécifiques de conservation. La protection qu'elles assurent peut prendre de multiples formes. Certaines sont des « zones de pêche interdite », essentielles pour permettre aux stocks de poissons de se reconstituer, tandis que d'autres autorisent de multiples utilisations de leurs ressources. Les aires marines protégées sont restées un instrument d'action important de la planification de l'espace maritime, mais cette dernière s'est maintenant élargie pour englober des objectifs économiques et sociaux (Schaefer et Barale, 2011). Cette évolution est particulièrement évidente en Europe, où la planification de l'espace maritime est considérée comme un moyen de soutenir l'« économie bleue » et comme l'occasion de créer un climat d'investissement optimal pour les secteurs d'activité liés à la mer et de permettre aux opérateurs de déceler avec une plus grande certitude les voies de développement économique possibles.

Les aires marines protégées font partie du petit nombre d'outils de gestion qui prennent en compte les activités de plusieurs secteurs et peuvent donc jouer un rôle potentiellement important dans la gestion présente et future des écosystèmes d'eaux

profondes de la haute mer. Il y en a actuellement quelque 7 300 dans le monde (dont quelques-unes de très grande ampleur), couvrant approximativement 3.4 % de la superficie marine totale. L'objectif est d'arriver à 10 % d'ici à 2020. Les aires marines protégées se trouvent en grande majorité dans des zones économiques exclusives, très peu (bien moins de 10 %) dans les zones ne relevant d'aucune juridiction nationale (Karousakis, 2015).

Il est probable que dans l'avenir, la pression pour que l'on combine ces trois approches ira croissant. De fait, on admet de plus en plus qu'il faudrait renforcer l'intégration des systèmes de planification des espaces maritime et terrestre du fait de la double dépendance économique des secteurs maritimes, à la terre et à la mer. Ce besoin d'intégration découle en partie de l'interaction physique entre les deux milieux. Ainsi, très souvent, la pollution marine, telle que l'eutrophisation et les déchets de plastique, provient de la terre ; inversement, le milieu côtier est sensible aux activités maritimes, comme l'aquaculture et le transport. Autre aspect, les activités maritimes sont tributaires des communautés terriennes et en servent les intérêts; les ports et les activités associées, par exemple, nécessitent des terrains très étendus pour s'implanter et fournissent de l'emploi et d'autres avantages socioéconomiques aux habitants de la région.

Par ailleurs, compte tenu de l'expansion rapide que l'on prévoit pour les secteurs liés à la mer dans le monde et du fait que les espaces maritimes sont de plus en plus occupés, il est urgent de parvenir à une gestion intégrée et efficace associant autant de pays côtiers que possible. Les obstacles qui se dressent sur cette voie sont encore nombreux, toutefois, et vont devoir être levés dans un proche avenir. Citons, par exemple :

- un manque de connaissances et de données scientifiques sur le milieu marin – aggravé par la complexité et l'incertitude qui caractérisent ce milieu
- un usage insuffisant des outils scientifiques et technologiques pour collecter, traiter et analyser les données effectivement disponibles
- le manque de données socioéconomiques pertinentes
- la difficulté de concilier les intérêts des parties prenantes tels qu'ils sont perçus, les effets redistributifs et les questions d'équité
- la lenteur avec laquelle la science s'est mise au diapason de l'action à mener pour évaluer et faire connaître les équilibres à respecter entre les utilisations que les humains font de la mer, et pour définir les stratégies d'arbitrage correspondantes.

Voies d'action pour une gestion de la mer plus efficace

Trois axes, en particulier, sont possibles pour améliorer l'efficacité et la diffusion de la gestion intégrée de la mer :

- faire un plus grand usage de l'analyse économique (analyse coût-avantages, par exemple – détermination et chiffrage des types de coûts, des types d'avantages, des techniques d'évaluation) et des instruments économiques (taxes, redevances, permis négociables, entre autres)
- innover en matière de gouvernance et d'association des parties prenantes aux processus (coordination entre organismes publics, et consultation des parties prenantes à une échelle plus vaste, mais de façon plus efficace et avec un meilleur rapport coût-efficacité)

- mieux utiliser les innovations scientifiques et technologiques (comme les progrès dans les applications satellitaires, surtout combinées à d'autres innovations dans des applications telles que les drones, les véhicules aériens sans pilote [UAV], les capteurs, la cartographie, l'imagerie), et les innovations dans la qualité et dans l'utilisation des données.

Faire un plus grand usage de l'analyse et des instruments économiques

Estimation de la valeur des services écosystémiques marins

L'économie est une question de choix et de capacité à peser différentes solutions avant de décider (TEEB, 2010). Les services écosystémiques se rangent souvent dans la catégorie des biens publics, ce qui signifie qu'un nombre indéfini de personnes peuvent en jouir sans que cela influe sur la jouissance de ces mêmes biens par d'autres personnes. Le problème que posent les biens publics peut se résumer ainsi : beaucoup les apprécient, mais personne n'est incité à payer pour les conserver (TEEB, 2010). Les marchés ne donnent d'indications de valeur que pour un petit sous-ensemble de processus et de composantes écosystémiques, qui ont un prix et sont incorporés dans des opérations sous forme de marchandises ou de services. Cela définit les limites structurelles de la capacité des marchés à fournir un tableau complet des valeurs écologiques intervenant dans les processus décisionnels (TEEB, 2010). De plus, la difficulté que l'on rencontre pour chiffrer la plupart des services écosystémiques dans des termes qui permettent une comparaison avec les services découlant de biens fabriqués par l'homme crée une carence d'information (TEEB, 2010). De ce point de vue, la logique qui sous-tend l'évaluation des écosystèmes consiste à démêler l'écheveau des relations socio-écologiques, expliciter la façon dont les décisions humaines pourraient modifier la valeur des services écosystémiques et exprimer ces variations de valeur dans une unité (monétaire, par exemple) permettant leur prise en compte dans les processus décisionnels publics (TEEB, 2010).

La notion de services écosystémiques est devenue un cadre conceptuel majeur d'examen des interactions entre économie, société et environnement. D'un point de vue économique, ces services sont les contributions de la nature qui produisent des biens et des services appréciés par les populations. Ils sont toutefois dépendants les uns des autres et liés par un ensemble complexe de relations réciproques qui génèrent des compensations entre la fourniture d'un service et celle des autres services. L'un des défis fondamentaux de la gestion des ressources naturelles réside donc dans l'élaboration des méthodes pratiques, mais rigoureuses, qui serviront à équilibrer le coût et les avantages des différentes utilisations humaines des écosystèmes (Lester et al., 2013).

Analyse coût-avantages

Depuis longtemps, la théorie économique évalue les avantages et les inconvénients que l'on peut attendre de différents actifs, afin de déterminer les stratégies d'investissement optimales (Gamenda et Pascual, 2013). Les analyses coût-avantages permettent de repérer quelles sont les options de gestion les moins bonnes, de démontrer les avantages qu'il y a à planifier un ensemble de services interagissant les uns avec les autres plutôt qu'à gérer des services uniques, et de déterminer les services « compatibles » qui offrent des options de gestion avantageuses pour tous (Lester et al., 2013). Ce type d'analyse est devenu l'une des pierres angulaires de l'économie écologique et est généralement considéré comme le cadre le plus approprié pour prendre des décisions économiques optimales en matière de gestion des écosystèmes (Lester et al., 2013 ;

Pearce, Markandy et Barbier, 2006 ; Pearce, 1998). Dans un contexte environnemental, l'attribution d'une valeur économique est vue comme un moyen de faire passer l'idée que de nombreuses ressources naturelles sont rares et que leur dépréciation ou leur dégradation ont un coût sociétal. L'évaluation économique apparaît donc comme un outil important dans une approche écosystémique.

Les méthodes traditionnellement utilisées pour évaluer des projets, comme l'étude de faisabilité, l'analyse d'adéquation et l'étude d'impact sur l'environnement, n'ont qu'une capacité limitée à prendre en compte une analyse économique. La gestion intégrée de la mer, en revanche, dont le cadre comprend des informations économiques, est en mesure de fournir des éléments essentiels de comparaison de la valeur économique d'une activité par rapport à une autre, ce qui facilite une prise de décision dans l'optique d'une « utilisation optimale » (Tyldesley, 2004).

Les avantages économiques peuvent être divisés en trois catégories (Tyldesley, 2004) : des coûts de coordination plus faibles ; des coûts de transaction plus faibles (y compris les coûts de recherche, les frais de justice, les coûts administratifs et le coût des conflits) ; et un climat d'investissement amélioré. Un rapport de la Commission européenne (2011) indiquait que la planification de l'espace maritime pourrait entraîner des avantages économiques non négligeables. Il constatait qu'une réduction de 1 % des coûts de transaction était susceptible de produire entre 170 millions et 1.3 milliard EUR de retombées économiques favorables à l'horizon 2020. Une stratégie de gestion intégrée permettrait aussi une coordination efficace et efficiente des différentes autorités et organismes intervenant dans le processus décisionnel lié à la mer, ce qui abaisserait les coûts de coordination.

On peut aussi attendre des avantages indéniables de la mise en place d'aires marines protégées, comme en attestent les examens internationaux des études d'évaluation de ces aires (voir, par exemple, OCDE, 2016).

Utilisation des instruments économiques

Les instruments économiques sont très différents des approches contraignantes traditionnellement adoptées pour gérer les problèmes liés à des ressources naturelles, mais peuvent aussi les compléter utilement. Les approches contraignantes passent par des règlements que les pouvoirs publics édictent et auxquels les personnes physiques et morales doivent se conformer (Davis et Gartside, 2001). Les économistes soutiennent depuis longtemps que les incitations fondées sur le marché, qui appliquent des valeurs monétaires, sont plus efficientes que les approches contraignantes en matière de gestion de l'environnement. Malgré cela, l'approche réglementaire prédomine dans la gestion de l'environnement, et en particulier du milieu marin (Davis et Gartside, 2001). Les instruments économiques ont pour objet de remédier aux externalités associées à l'utilisation de ressources naturelles, par l'application de taxes, de redevances ou de droits transférables, par exemple. Le principal intérêt de ces mécanismes de formation des prix réside dans la clarté des signaux que le marché envoie ainsi aux consommateurs, sur le coût de fabrication d'un produit en particulier, et aux producteurs, sur la valeur relative (fondée sur le consentement à payer) que les consommateurs accordent aux ressources (Davis et Gartside, 2001).

Tableau 9.1. **Instruments économiques de la gestion de la mer**

Instrument économique	Mise en œuvre
Instruments fondés sur les prix	Ces instruments comprennent la mise en place de taxes, de redevances et de droits d'utilisation. On peut ainsi citer (de façon non exhaustive) les taxes sur les minerais et les impôts miniers, les redevances sur les carrières et sablières, les permis de pêche, les taxes de séjour et les droits d'entrée dans les réserves et parcs nationaux, les redevances de pollution des sols, les aides à la conservation et les aides destinées à l'agriculture biologique.
Quotas individuels transférables	Chaque participant se voit allouer une part du total autorisé de capture (TAC) d'une espèce, part qu'il peut transférer à d'autres participants. Ex. : quota individuel transférable (QIT) de pêche.
Subventions	Il s'agit ici d'un avantage (habituellement sous forme monétaire) accordé à titre individuel par les pouvoirs publics pour compenser la charge d'une réglementation (aide financière pour l'installation d'un système de gestion des déchets à bord des navires, par exemple, ou service gratuit de gestion des eaux usées des navires de croisière dans les ports).
Paiements pour services écosystémiques	Ces paiements rémunèrent des individus ou des collectivités qui gèrent leurs ressources naturelles de manière plus respectueuse de l'environnement. Ils sont conditionnés à la fourniture d'un service – ou d'une pratique de gestion censée produire ce service.
Compensations des atteintes à la diversité biologique	Cet instrument repose sur le principe pollueur-payeur. Il comprend des compensations ponctuelles, en lieu et place de redevances et de réserves d'habitats.

Source : Karousakis (2015).

Les instruments économiques peuvent avoir à la fois un effet incitatif et un effet de prélèvement fiscal, l'importance relative de ces deux effets dépendant de la capacité du marché à réagir aux signaux-prix. Lorsque les coûts environnementaux sont intégralement internalisés dans le prix d'un produit ou d'une activité/d'un service, les consommateurs sont encouragés à abandonner les produits les plus chers pour des produits équivalents meilleur marché, et donc plus respectueux de l'environnement. Les instruments économiques peuvent aussi avoir d'importants effets redistributifs. Aussi est-il primordial, avant de choisir et de mettre en œuvre un instrument de ce type, d'envisager une analyse ex ante de cet aspect. Les instruments économiques tels que les taxes environnementales, les redevances et les droits d'utilisation peuvent produire ce qu'il est convenu d'appeler un « double dividende » (Hynes et al., 2009). Cela signifie que leur mise en œuvre non seulement réduit la pollution, mais génère également des recettes qui peuvent être utilisées pour diminuer d'autres taxes, génératrices de distorsion, comme l'impôt sur le revenu des personnes physiques. Il est donc essentiel, avant de mettre en œuvre un instrument, de se demander quels en seront les effets redistributifs.

Techniques d'estimation des valeurs non marchandes

La lenteur de l'introduction d'instruments économiques dans un contexte environnemental s'explique par le fait que nombre de paramètres nécessaires à la détermination du taux de prélèvement et de la valeur des services écosystémiques ne sont pas aisément déterminés. Cependant, grâce au perfectionnement des méthodes d'estimation des valeurs non marchandes, l'appréciation de la valeur associée aux services écosystémiques gagne constamment en robustesse. Ces méthodes permettent d'estimer les valeurs de non-usage et quelques valeurs d'usage direct, lesquelles peuvent être définies comme des avantages des écosystèmes marins et côtiers dont le prix n'est pas connu parce qu'ils ne sont généralement pas négociés sur le marché. Plus précisément, ces valeurs d'usage direct non négociées sur des marchés correspondent, par exemple, à des loisirs et de l'écotourisme non consommateurs, des valeurs esthétiques et des valeurs culturelles (Koundouri, Remoundou et Kountouris, 2009).

Les techniques d'estimation des valeurs non marchandes peuvent se ranger en deux grandes catégories : les méthodes des préférences révélées et celles des préférences déclarées. Les préférences révélées font intervenir des informations observables sur les marchés, qui peuvent être ajustées et utilisées pour dévoiler les préférences des individus et quantifier ainsi les avantages associés sur le plan du bien-être. Les méthodes fonctionnant sur ce modèle comprennent la méthode du coût du trajet (MCT), celle des prix hédonistes et celle du comportement d'évitement (Koundouri, Remoundou et Kountouris, 2009). Le point commun fondamental entre elles est une dépendance fonctionnelle entre les avantages environnementaux et la consommation d'un bien marchand donné (faible substituabilité). Les méthodes fondées sur les préférences déclarées comprennent la méthode d'évaluation contingente et celle des choix multiattributs. Elles s'appuient sur des enquêtes pour mesurer, sur un marché « construit » ou hypothétique, le consentement des personnes interrogées à payer pour jouir d'un écosystème ou le protéger (Koundouri, Remoundou et Kountouris, 2009). Les différences entre les deux types de méthodes tiennent à la façon dont les valeurs économiques sont obtenues. Dans un questionnaire d'évaluation contingente, on interroge les personnes sur leur consentement à payer maximal, tandis que, dans un questionnaire de choix multiattributs, on propose aux répondants un ensemble de choix possibles dans lequel ils doivent choisir celui qu'ils préfèrent. Les méthodes fondées sur les préférences déclarées ont l'avantage de permettre de définir et de mesurer les valeurs de non-usage ou valeurs passives (Koundouri, Remoundou et Kountouris, 2009).

Grâce aux techniques d'estimation des valeurs non marchandes, les instruments économiques peuvent prendre tout leur sens comme outils d'une meilleure gestion de la mer.

Innover dans la gouvernance et la gestion de l'espace maritime

Le processus de planification et de gestion de l'espace maritime fait face à de nombreux défis, particulièrement importants pour les décennies à venir.

Certains d'entre eux ont un rapport avec la question fondamentale du déficit de connaissances. Ainsi, de nombreuses incertitudes demeurent sur ce que l'on trouve réellement dans la mer ; on en sait très peu sur les effets interactifs des différentes utilisations et des différents utilisateurs de ce milieu ; et celui-ci est un environnement dynamique en pleine transformation du fait du changement climatique (Ásgeirsdóttir, 2015).

- L'***incertitude*** qui entoure la localisation et la valeur des ressources du milieu marin est considérable, que ces ressources soient fixes, comme le pétrole et le gaz, ou mobiles, comme les poissons. Compte tenu des perspectives d'élévation de la température de la mer, il est très probable que les stocks de poissons modifieront leurs schémas migratoires, ce qui rendra difficile, mais pas impossible, la réalisation d'une tâche statique comme la cartographie.
- La mer et ses utilisations constituent un univers très complexe, et nous comprenons encore fort mal les interactions en jeu, une lacune dans nos connaissances qui prend une importance croissance à mesure que la gestion de la mer abandonne la logique sectorielle pour un mode plus intégré. Ainsi, on manque de connaissances sur les rapports prédateur-proie, sur la façon dont les ressources biologiques interagissent avec les structures construites par l'homme, comme les parcs éoliens en mer, et sur la façon dont les utilisations nouvelles et

existantes de la mer vont influer sur les futurs changements environnementaux et vice-versa. En l'absence d'avancées significatives de la recherche, les structures de gouvernance devront expressément prendre en compte la nécessité d'appréhender un ensemble d'utilisations et d'utilisateurs multiples et les effets interactifs potentiels.

- À l'élargissement de la palette d'utilisations s'ajoute le fait que la mer est face à un ***changement*** sans précédent de l'environnement, qui se traduit, par exemple, par un réchauffement et une acidification des eaux. Les modifications importantes de la qualité de l'eau de mer entraîneront probablement un déplacement des sites idéaux de production (de la pêche et de l'aquaculture marine, par exemple), face auquel il sera essentiel que les structures gouvernementales réagissent rapidement et en souplesse.

D'autres défis qui s'annoncent intéressent plus directement la gouvernance et la gestion de la mer. Trois d'entre eux se démarquent particulièrement : la question de la propriété et des droits d'usage ; la nécessité d'une efficience et d'une souplesse institutionnelles ; et l'amélioration de la nécessaire coordination des différents secteurs d'activité liés à la mer, utilisateurs et parties prenantes, ainsi que des différents niveaux d'administration et autorités responsables. L'innovation s'impose dans ces trois domaines.

Appliquer les droits d'utilisation et de propriété

Tout d'abord, pour être capables de répondre efficacement à l'intensification rapide de l'utilisation de la mer et de ses ressources, les structures de gouvernance devront être en mesure d'affecter des droits et de les faire respecter, équitablement et sans délai. Elles devront aussi avoir suffisamment de souplesse pour s'adapter aux changements d'ordre environnemental du milieu marin.

À la différence de l'aménagement du territoire pratiqué à terre, intimement lié à la propriété privée et aux droits qui y sont attachés dans les pays développés, la planification de l'espace maritime dans les zones économiques exclusives dépend entièrement des États. Ceux-ci allouent des droits d'usage dans certaines zones et des droits de propriété sur d'autres ressources, créant ainsi un patchwork de droits ayant chacun une durée de vie, une distribution spatiale et des restrictions quantitatives différentes (Yandle, 2007). Les utilisateurs de ressources fixes disposent d'un horizon temporel plus long et d'une distribution spatiale équitablement définie, et se voient rarement imposer des restrictions quantitatives. Les pêcheurs, en revanche, ont des horizons temporels plus courts et aspirent à une certaine souplesse dans l'allocation des espaces afin de pouvoir capturer des stocks souvent assortis de quotas sévères.

Les différences entre ces structures institutionnelles de droits de propriété auront une incidence sur les préférences futures des acteurs, en particulier lorsque des changements environnementaux majeurs (réchauffement et acidification de la mer) commenceront à influer sur les types de ressources de différentes façons. Un chalutier va pouvoir pister un stock de poissons à mesure que celui-ci modifiera son schéma migratoire, mais une ferme aquacole devra chercher un nouveau site d'exploitation. Aussi les préférences manifestées lors du processus de planification de l'espace maritime devraient-elles varier en fonction des catégories d'acteurs. Les utilisateurs de ressources fixes, par exemple, s'inquiéteront probablement de l'exclusivité de leurs droits sur une zone et de leur capacité à se déplacer, tandis que ceux dont les ressources sont mobiles se préoccuperont plutôt de leur liberté d'accéder à toutes les zones pour y pêcher. Il est probable qu'à mesure que les

conditions changeront, les demandes d'ajustement des plans d'aménagement établis se multiplieront, ce qui constituera un défi pour les structures de gouvernance, étant donné que les changements sont susceptibles d'entraîner des tensions entre utilisateurs et des conflits entre les utilisateurs et l'environnement. Or la réponse à ce défi pourrait bien se trouver dans des institutions efficientes.

Mettre de la souplesse dans les mécanismes institutionnels

La recherche de règles susceptibles de réduire l'incertitude constitue un aspect central du processus d'établissement de ces règles et l'une des clés de l'efficience institutionnelle. Cela conditionne la réduction des coûts de transaction à un minimum, ce qui fait place à des échanges et de l'innovation à grande échelle. Les politiques et règlements publics et la planification par l'État doivent être appréhendés dans cette optique. On observe cependant une lacune importante dans les travaux publiés s'agissant du rôle économique des institutions (Ménard, 2015). Une grande partie de l'attention s'est portée jusqu'ici sur le rôle des institutions officielles et générales telles que le système politique, les lois et le rôle des institutions judiciaires, les caractéristiques générales du système administratif. Pourtant, le plus souvent, les institutions officielles (et même celles qui le sont moins, comme les coutumes et les traditions) n'ont aucun impact direct sur les agents, que ceux-ci soient des personnes morales (entreprises, organisations à but non lucratif, etc.) ou physiques.

Les règles du jeu influent sur les agents par le truchement de mécanismes institutionnels intermédiaires qui : 1) transcrivent les lois générales et autres dans des normes spécifiques ; 2) mettent les agents en relation avec le législateur et autres responsables de l'élaboration des politiques par des canaux de communication et d'information ; et 3) jouent un rôle essentiel dans la mise en application et le contrôle du respect des règles. On appelle « méso-institutions » cette strate institutionnelle à travers laquelle : les lois et les règles générales sont transposées au niveau opérationnel et mises en œuvre ; le respect des lois et des règles est contrôlé et imposé ; et les agents font généralement entendre leur voix. À titre d'exemple, citons les services gouvernementaux (le département de la pêche au ministère de l'Agriculture, par exemple), les organismes publics (comme l'Administration océanique et atmosphérique nationale [NOAA] aux États-Unis), les conseils régionaux (l'organisation régionale de gestion des pêches [ORGP], par exemple), et ainsi de suite.

L'une des caractéristiques essentielles des structures de gouvernance durable à venir devrait être des méso-institutions efficientes, des mécanismes institutionnels suffisamment souples pour s'adapter à l'évolution des circonstances tout en recueillant un large soutien de la part des parties prenantes et en générant des coûts de transaction politiques et économiques relativement faibles. D'après Ménard (2015), les conditions à réunir pour obtenir des mécanismes institutionnels efficients, c'est-à-dire souples, peuvent se résumer ainsi :

- Les méso-institutions doivent être conçues de façon à être clairement reconnaissables par les parties prenantes, et dotées de responsabilités précisément définies. Il s'agit ici d'un point central, beaucoup plus important que les règles formelles édictées par les lois, les décrets et autres, pour établir la légitimité et la recevabilité.
- La transparence dans les procédures qui conduisent aux décisions est cruciale si l'on veut soutenir la légitimité des mécanismes institutionnels et leur capacité à mettre en œuvre de façon efficiente les politiques adoptées.

- Des règles sans équivoque pour définir, allouer et mettre en application les droits d'accès sont déterminantes pour la recevabilité de politiques qui n'ont d'autre choix que d'imposer des limites pour apporter une réponse adéquate à la surexploitation et à l'épuisement des ressources marines.
- L'intégration dans les méso-institutions d'une « marge d'objection », qui permet la prise en compte des normes et des convictions des parties prenantes dans les processus décisionnels, est une condition essentielle pour éviter des coûts de transaction exponentiels (tant politiques qu'économiques), en particulier dans le cas des règles de mise en œuvre.

Améliorer la coordination dans l'ensemble des administrations publiques

Sur de nombreuses questions importantes, les défis auxquels la gestion intégrée de la mer fait face sont les mêmes que dans beaucoup d'autres domaines de la gestion publique : dans un monde de plus en plus mondialisé et interdépendant, les problèmes d'orientation de l'action sont aussi de plus en plus complexes, changeants et imbriqués. Or, bien souvent, les structures gouvernementales et les référentiels d'action publique en place ne sont pas parvenus à suivre le rythme de cette complexification croissante, laissant les pouvoirs publics mal préparés et démunis face à ce nouveau cadre de fonctionnement. Par ailleurs, les parties prenantes toujours plus diverses et nombreuses à avoir un intérêt dans les résultats des politiques ne partagent pas toujours la même vision des causes des problèmes ni des objectifs à poursuivre. On admet depuis longtemps que la solution à ces problèmes réside dans l'élaboration d'une approche concertée entre secteurs, intégrant une diversité d'éclairages, d'expériences et de compétences, intérieurs et extérieurs au gouvernement (OCDE, 2013a).

Cela demande toutefois des cadres et des référentiels d'action publique neufs, qui renforcent la capacité stratégique, l'architecture organisationnelle et les structures de gestion du secteur public. Les modèles classiques, descendants, de planification de l'action publique ne sont plus adaptés et doivent être remplacés par des méthodes intersectorielles stratégiques. À mesure que les cadres d'action s'ouvrent et deviennent accessibles, de nouvelles approches comportementales s'imposent, notamment : des voies innovantes de recherche du consensus ; une confrontation des diagnostics et des possibilités d'action ; une coordination étroite avec la capacité d'élaboration des politiques de l'État ; et le partage d'informations et la communication (OCDE, 2013a). La question qui concerne aussi la gestion de la mer est la suivante : comment élaborer des options et des stratégies concrètes qui permettent de relever les défis et d'obtenir effectivement des résultats dans des domaines d'action publique complexes et multidimensionnels ?

Différents outils de gouvernance peuvent aider à élaborer les stratégies d'ensemble qui permettront de se saisir des problèmes complexes. En premier lieu, on peut recourir aux instruments qui contribuent à assurer un partage multisectoriel de l'information, ainsi qu'à des mécanismes de coordination, que ce soit dans le cadre de marchés, de réseaux ou d'approches descendantes plus classiques. En deuxième lieu, des parallèles instructifs peuvent être établis avec d'autres domaines d'action publique dans lesquels on a fait de grands progrès ces dernières années vers une gouvernance concertée et résolument ouverte sur l'avenir, comme la gestion des risques majeurs – des catastrophes naturelles et des pandémies aux crises financières et aux atteintes à la sécurité des systèmes informatiques (OCDE, 2011 ; IRGC, 2013). En troisième lieu, la prospective stratégique s'est révélée particulièrement efficace pour susciter des initiatives innovantes en matière

d'action publique (Kuosa, 2011 ; Fuerth et Faber, 2012). Le défi pour les politiques publiques réside dans le fait de mêler ces trois modes de façon efficace.

Des travaux récents de l'OCDE portent à croire que le renforcement des capacités stratégiques d'un État au centre du gouvernement est un mécanisme puissant pour susciter et soutenir la coordination entre ministères (voir, par exemple, OCDE, 2013a ; 2013b). Cela demande une détermination sans faille et des changements dans la façon dont l'administration publique voit son rôle. C'est un domaine dans lequel les pays font en permanence l'essai de réformes. Nombre de pays ont lancé des initiatives pour rendre l'administration plus cohérente, améliorer la coordination horizontale et renforcer la conduite stratégique, mais les données indiquent que la cohérence des politiques et la collaboration intersectorielle demeurent problématiques pour beaucoup. Les mécanismes de coordination fondés sur des réseaux horizontaux pourraient être plus prometteurs pour la gestion des questions complexes. En revanche, une trop grande dépendance à l'égard de ce mode de coordination a peu de chances d'avoir un effet de décloisonnement, car celui-ci requiert que l'on combine des mécanismes de coordination hiérarchique et réticulaire (Lægreid et al., 2013). Il reste donc encore beaucoup à faire pour déterminer les facteurs favorables et les obstacles à l'élaboration d'une démarche à l'échelle de l'administration tout entière.

La situation n'est pas différente en matière de gestion de la mer. Malgré des différences souvent profondes entre les cultures institutionnelles et entre les caractéristiques nationales et géographiques, il semblerait qu'il soit utile de répertorier les cas de gestion des affaires maritimes qui ont réussi à susciter une coordination plus intense et plus efficace dans l'ensemble de l'administration publique, et de s'interroger sur les mécanismes et les incitations qui étaient utilisés et sur les raisons du succès.

Innover pour associer les parties prenantes à l'action

L'association des parties prenantes à l'action est un ingrédient essentiel de la planification et de la gestion modernes de la mer. Elle est largement pratiquée, mais sous de multiples formes et à l'aide d'une grande diversité de processus et d'outils, dans des contextes culturels et politiques tout aussi variés. Le défi commun à tous ces processus est la nécessité d'y associer un large éventail de parties prenantes, de façon aussi efficace et efficiente que possible. Sans surprise, les résultats des consultations des parties prenantes et de la participation de celles-ci varient généralement dans une large mesure. De nombreux facteurs déterminent la réussite de ces démarches et leur mise en œuvre dans les délais, en particulier la façon dont elles ont été conçues, l'échelle de la consultation et les outils déployés.

Au vu des pressions croissantes qui s'exercent sur l'espace et les ressources maritimes, la diligence et l'efficacité par rapport au coût s'imposent, que ce soit dans la mise en place et la diffusion des dispositifs de gestion de la mer ou, par extension, dans les démarches d'association des parties prenantes aux processus. L'innovation devra faire partie intégrante des futures solutions – dans la conception et la mise en œuvre des modalités d'association des parties prenantes et dans le choix des instruments.

Les enseignements tirés d'expériences, ailleurs dans le monde, d'association des parties prenantes à la gouvernance de l'eau (OCDE, 2015), par exemple, mettent en lumière un certain nombre d'étapes qui peuvent contribuer à la réussite, notamment :

- établir une carte des parties prenantes pour déterminer dès l'abord qui est responsable de quoi et à quel niveau

- aligner les mécanismes d'association des parties prenantes sur les objectifs poursuivis
- calibrer les mécanismes en fonction des parties prenantes concernées et des besoins locaux
- évaluer la démarche d'association des parties prenantes au processus, y compris au moyen d'une analyse coût-avantages
- mettre en œuvre un accès libre aux données publiques pour garantir une plus grande transparence envers les parties prenantes.

Des possibilités d'innovation naissent également des plateformes et des outils informatiques. Outre les réunions virtuelles, les systèmes d'information en ligne, la production participative, le partage du savoir à l'aide d'applications mobiles et grâce aux médias sociaux, ou encore le vote électronique, des idées originales (jeux en 3D, par exemple) sont actuellement à l'essai pour stimuler l'association des parties prenantes à la recherche de solutions à des problèmes locaux.

Dans le domaine de la gestion spatiale spécifiquement, l'élaboration de scénarios s'accélère ; des expérimentations concrètes de planification, telles que les essais bêta, font la preuve de leur importance lorsqu'il s'agit de fournir les idées, l'élan et l'énergie indispensables à l'extension de la planification de l'espace maritime à d'autres zones ; et de nouveaux outils d'aide à la décision en matière de zonage des aires marines protégées se font jour – des outils géospatiaux combinés à l'application d'un processus de planification intersectorielle adaptative et à un haut niveau d'association des parties prenantes (Merrie et Olsson, 2014).

Des initiatives innovantes visant à réunir des intérêts, des secteurs et des disciplines variées autour de questions liées à la mer gagnent aussi du terrain. Le Laboratoire de la Blue Society, par exemple, soutient des initiatives qui mettent en lumière les dimensions humaine et sociale des questions liées à la mer, dialoguant avec de nombreux segments de la société, du monde des affaires et du secteur public (Marine Oceans, 2016). Dans le domaine de la haute mer et de ses écosystèmes complexes et extrêmement interdépendants, de nouvelles actions voient le jour, qui s'efforcent d'aborder le problème de la gouvernance de la mer comme une entreprise interdisciplinaire, multipartite et multisectorielle. Ainsi, le *Deep Ocean Stewardship Initiative* (DOSI) réunit des spécialistes issus de disciplines et de secteurs différents pour élaborer de nouvelles idées qui permettraient de concilier durabilité et utilisation responsable des ressources de la haute mer (DOSI, 2016). L'une des composantes essentielles de ses travaux consiste à renforcer les capacités des pays en développement dans les eaux desquels se trouvent nombre de ces ressources.

Faire un meilleur usage de la science, de la technologie et de l'innovation

Des données et des infrastructures technologiques à l'appui de la gestion de la mer

Disposer d'informations fiables, provenant à la fois des sciences naturelles et des sciences sociales, est un aspect essentiel d'une bonne gestion de l'espace maritime. À partir de ces informations, des travaux de recherche appliquée doivent permettre de réduire l'incertitude dans les décisions de gestion, notamment celle relative aux effets sur les systèmes naturels et socioéconomiques (Huang, Corbett et Jin, 2015). Il s'agit là d'un processus à forte intensité de données, qui nécessite des outils d'analyse permettant

d'évaluer en temps réel les conflits et les effets de synergie entre secteurs sur le plan spatial. Au cours de la dernière décennie, la somme de données générée sur tous les aspects de la vie a littéralement explosé – ce sont les données massives. Bell, Hey et Szalay (2009) soutiennent que la recherche scientifique entre désormais dans un « quatrième paradigme », dans lequel la science est déterminée par les données en temps réel accessibles. Du point de vue de l'accessibilité, le coût de traitement des données tend à baisser, tandis que les infrastructures infonuagiques s'étoffent, ouvrant un accès modulable à des technologies *open source*. Parallèlement, les avancées dans le domaine des interfaces de programmation d'applications (API), des algorithmes de traitement de données et de l'apprentissage automatique permettent de transformer les données en éléments de compréhension susceptibles d'aboutir à une action. La création d'applications et de services conviviaux en accès libre est toujours source de valeur.

Pour concevoir et évaluer la planification de l'espace maritime ainsi que les cadres de gouvernance et les processus de gestion de la mer, et communiquer sur le sujet, les scientifiques et les décideurs publics ont besoin d'indicateurs efficaces et mesurables qui leur permettent de comparer les résultats obtenus aux finalités et aux objectifs initialement déclarés ; et pour élaborer et exploiter ces indicateurs, ils ont besoin de données. Cela s'applique à la fois aux connaissances scientifiques disponibles sur le milieu marin et aux conséquences réelles et potentielles des activités humaines sur ce milieu. Aussi est-il plus que nécessaire de collecter des données et d'effectuer un suivi et une évaluation afin d'améliorer la connaissance d'un environnement mal compris. Ces données constitueraient une aide dans les domaines suivants :

- élaboration des politiques et besoins en données y afférents
- évaluation initiale de l'action publique
- mise en œuvre des programmes de suivi
- élaboration des programmes de mesure
- mise en œuvre des programmes de mesure
- mesures d'évaluation et d'adaptation.

La collecte doit être structurée pour permettre une utilisation efficace des données ainsi recueillies, aux fins de planification de l'espace maritime, par exemple (Shucksmith et Kelly, 2014).

Pour le moment cependant, la collecte des données relatives à la mer est très fragmentée : les données de gouvernance sont extrêmement sectorisées (pêche, par exemple), les données à visée économique sont, dans une large mesure, la propriété d'entreprises (pétrole et gaz, par exemple) et la plupart des autres données de la mer recueillies le sont à des fins scientifiques particulières.

Sur le plan du traitement, quelques régions ont pris des initiatives pour améliorer l'accessibilité des données. Certains pays (comme les États-Unis) rendent publiques toutes les données dont la collecte est financée à l'aide de fonds publics. D'autres (UE, par exemple) ont commencé à prendre des mesures pour développer des outils de gestion de données permettant d'assister la planification de l'espace maritime et d'autres processus décisionnels. On peut ainsi citer EMODnet, Réseau européen d'observation de données du milieu marin – un système conçu pour faciliter la disponibilité et l'accessibilité des données relatives à la mer (en cours de développement par la Direction

générale des affaires maritimes et de la pêche de la Commission européenne) –, l'Atlas maritime européen et Copernicus, le service de surveillance du milieu marin. Il subsiste toutefois de larges déficits d'information (Halpern et al., 2012). Ainsi, de nombreux organismes de statistique nationaux et régionaux ne collectent tout simplement pas de données sur l'économie de la mer, ce qui fait que les données sur, par exemple, les ressources maritimes ne sont pas seulement fragmentées et difficiles à localiser, elles sont aussi biaisées car privilégiant les caractéristiques physiques et écologiques de ces ressources qui présentent un intérêt scientifique (Morrissey, O'Donoghue et Hynes, 2011). Cela s'explique aussi par l'approche monosectorielle de la planification de l'espace maritime qui a prévalu par le passé et par l'accent mis jusqu'ici sur les processus biophysiques plutôt qu'économiques et sociaux associés au milieu marin. Lorsque des données sont disponibles, il reste encore aux décideurs publics, aux chercheurs et au public à s'orienter dans la diversité des sources et des formats (Jay et Gee, 2014). En conséquence, pour que l'adoption d'une approche écosystémique de la gestion de l'espace maritime soit fructueuse, il faut disposer d'un cadre de collecte de données réunissant les caractéristiques suivantes :

- la participation régulière et soutenue de spécialistes dont le champ de compétences couvre un large éventail de sciences naturelles et sociales ainsi que les connaissances des utilisateurs
- la détermination des échelles les plus appropriées pour la collecte et la communication des données
- le regroupement des données, modèles et autres informations disponibles dans un cadre d'analyse cohérent
- le développement d'outils *open source* conviviaux, efficients et transparents pour visualiser, intégrer et partager les données
- un ensemble d'indicateurs clairs, fiables et mesurables pour suivre l'efficacité de la planification de l'espace maritime en comparant les résultats obtenus aux objectifs fixés en phase de planification.

Il faut donc trouver de nouvelles méthodes et de nouvelles technologies de collecte de données susceptibles d'appréhender l'incertitude, la complexité et la variabilité qui caractérisent le milieu marin (voir le chapitre 3). Au niveau institutionnel, il faut veiller à ce que les services d'information soient organisés de façon rationnelle et interconnectée entre les niveaux local, national, régional et mondial. Aussi la coopération transfrontières sur la collecte, la gestion et l'accessibilité des données joue-t-elle un rôle essentiel dans une mise en œuvre réussie de la planification de l'espace maritime et de la gestion de la mer. Parmi les initiatives tendant à cela, citons un projet phare financé par la Commission européenne et intitulé AtlantOS, qui vise à développer les observations *in situ* de l'océan Atlantique en vue d'une meilleure gestion et d'une exploitation durable des ressources marines. S'il a été lancé à l'aide de fonds européens, le projet AtlantOS n'en est pas moins une initiative transatlantique réunissant aussi des partenaires brésiliens, canadiens, sud-africains et américains. Un processus a été mis en place entre les représentants officiels des pays et régions atlantiques participants pour examiner comment il serait possible de faire d'AtlantOS une initiative à long terme intégrée de collecte, de gestion et de diffusion aux secteurs public et privé de données relatives à l'océan Atlantique.

Pour permettre une mise en commun fonctionnelle et moderne des données, l'infrastructure électronique existante nécessite :

- une meilleure intégration et un meilleur partage des données
- un accès plus aisé aux contenus, aux fonctionnalités et aux interfaces et une plus grande attractivité de ces éléments
- une utilisation accrue et cohérente de métadonnées dans une diversité de langages de programmation
- davantage de services d'accès en ligne aux informations
- des données géoréférencées
- l'interconnexion (interopérabilité) virtuelle des systèmes
- la communication électronique des données.

La palette d'outils disponibles pour collecter des données et effectuer un suivi des océans s'est considérablement élargie ces dix dernières années et comprend des missions de navigation, l'envoi de sondes, des observatoires, des véhicules, des véhicules autonomes sous-marins (AUV) et des satellites. En outre, nombre de ces nouvelles méthodes permettent la collecte de données en temps réel et en trois dimensions. Les systèmes de détection qui étaient utilisés pour une simple observation de paramètres d'océanographie météorologique et physique ont évolué pour devenir des capteurs acoustiques, optiques, chimiques et biologiques complexes. Ces progrès sont principalement déterminés par la nécessité de comprendre comment les changements d'origine anthropique sont en train de dégrader les écosystèmes maritimes et quels seront les effets de ces dégradations sur le long terme (Omerdic et al., 2009). Ces outils révèlent donc rapidement ce qui, jusqu'à présent, constituait des informations cachées ou inaccessibles et sont, par conséquent, de nature à révolutionner la gestion des ressources de la mer en comblant les déficits de données, en décelant les rapports erronés et en établissant des liens entre les données opérationnelles collectées en temps réel.

Cependant, si ces outils sont à l'avant-garde des techniques de suivi de la mer, le coût relativement élevé de ces plateformes limite leur densité spatiale et temporelle (Omerdic et al., 2009), ce qui fait que les avantages des données acquises à l'aide des technologies spatiales n'ont jamais atteint le seuil à partir duquel la valeur de leur contribution les aurait rendues indispensables à ce suivi (Millard, 2015). Les scientifiques, les spécialistes des technologies et les planificateurs doivent donc être conscients que des changements majeurs de certaines technologies satellitaires et d'observation se produiront vraisemblablement en dehors des sciences et technologies marines (Omerdic et al., 2009). Une recherche-développement interdisciplinaire est essentielle à une meilleure intégration des technologies satellitaires dans le suivi de la mer. Un rapport récent commandé par l'Agence spatiale européenne (ASE) examinait les évolutions susceptibles d'influer sur la fourniture de données en provenance des satellites. Certaines sont particulièrement pertinentes pour les acteurs de la planification de l'espace maritime. Ces évolutions sont liées aux avancées des technologies satellitaires, mais aussi, tout autant, aux changements du marché des données qui découlent des progrès accomplis dans les modes de stockage, de gestion et de distribution des grands ensembles de données. L'encadré 9.1 présente quatre évolutions des technologies satellitaires susceptibles d'entraîner une rupture dans la gestion de la mer.

Les réseaux d'observation sous-marine à l'échelle de l'océan tels que celui que prévoit l'initiative OOI (*Ocean Observatories Initiative*) de la Fondation nationale pour la science (NSF) pourraient aussi provoquer une rupture. L'OOI suppose la mise en place d'un réseau d'instruments, de câbles sous-marins et de système d'amarrage instrumentés

s'étendant sur tout l'hémisphère occidental. « L'OOI constituera un système totalement intégré et mesurera les phénomènes physiques, chimiques, géologiques et biologiques dans des zones côtières, régionales et mondiales essentielles, soigneusement sélectionnées. » (NSF, 2016). Le Canada et le Japon ont déjà des observatoires similaires des fonds marins en fonctionnement (Nature, 2013).

Encadré 9.1. **Évolutions des technologies satellitaires susceptibles d'entraîner une rupture et d'influer sur la gestion de la mer**

Une plus grande quantité de données

D'ici à 2020, la quantité de données satellitaires disponibles devrait doubler. Tout d'abord parce que le nombre de satellites lancés augmente et que le coût de ces lancements baisse notablement. Ensuite, parce que les améliorations apportées à la fabrication et au lancement des satellites se traduisent par une durée de vie opérationnelle des missions de neuf ans aujourd'hui contre trois ans dans les années 70. Enfin, parce que chaque instrument de nouvelle génération collecte plus de données du fait d'une meilleure résolution spatiale et spectrale.

Des données de meilleure qualité

La résolution spatiale et spectrale des instruments augmente. De nouvelles méthodes dans les systèmes optiques déployables permettent d'accroître la résolution des instruments. Des progrès dans les techniques d'investigation par radar améliorent à la fois le nombre de fréquences utilisées et la résolution spatiale des radars, ce qui permet à un plus grand nombre d'applications de tirer parti des observations, celles-ci ne se faisant plus exclusivement le jour et par beau temps. Des techniques transversales apparaissent également, comme la réflectométrie GNSS, dans laquelle l'analyse des signaux des applications de géolocalisation par un système de satellites donne des informations sur l'état de la mer.

Des drones et des véhicules aériens sans pilote

Les drones et les véhicules aériens sans pilote (UAV), combinés aux satellites, devraient aussi changer la donne. À la différence des aéronefs, les UAV ne coûtent pas cher à déployer et sont infiniment plus polyvalents. Ils ont bénéficié du phénomène de miniaturisation dans le secteur des satellites, ce qui leur permet d'embarquer une charge utile beaucoup plus évoluée.

Une masse de données (« *big data* »)

Les données satellitaires font partie des données massives, ce qui signifie que les évolutions de traitement liées au « big data » leur profitent également. De nouvelles approches de traitement rapide et bon marché de larges volumes de données ainsi que la création d'API permettant aux développeurs d'y accéder apportent la cohérence nécessaire pour que les données d'origine satellitaire s'intègrent dans un écosystème d'informations plus riche.

Le grand changement – et la rupture – se produiront lorsque les services de traitement seront en mesure de procurer aux fournisseurs d'applications un ensemble précis d'informations issues de plusieurs plateformes satellitaires et non satellitaires. Les progrès accomplis dans la gestion des données massives contribuent à cette évolution.

Source : Millard (2015).

La gestion de la mer et la planification de l'espace maritime doivent s'inspirer des meilleures données et connaissances disponibles, mais il n'existe pas d'ensemble de données idéal ni d'information parfaite. Dans certaines zones visées par une opération de planification, les données disponibles sont très abondantes, tandis que, dans d'autres, elles

sont extrêmement rares et il est à peu près impossible de collecter de nouvelles données assez rapidement aux fins de planification. Quel que soit le procédé, il doit permettre la mise à jour en continu de données fondées sur des travaux de recherche solides et sur une concertation avec les parties prenantes (Schaefer et Barale, 2011).

Il est également important de noter que les ensembles de données, même de haute qualité, ne sont pas tous utiles à des fins d'analyse ou d'illustration en gestion et planification de l'espace maritime. Ainsi, les objectifs de départ associés à l'élaboration d'un programme de planification de l'espace maritime d'une région seront très différents de ceux retenus pour une autre région, ce qui limitera la transférabilité des ensembles de données. Il est donc crucial de disposer de buts et d'objectifs clairement énoncés dès le début du processus. La mise en place d'un groupe consultatif scientifique peut aider à déterminer les types de données nécessaires à chaque objectif.

Données, évaluation et suivi

La planification et la gestion de l'espace maritime sont des processus adaptatifs qui, aussi longtemps qu'ils durent, doivent s'appuyer sur une évaluation et un suivi continus. L'évaluation permet d'apprécier dans quelle mesure un plan atteint les objectifs qui y étaient associés ; quant au suivi, il fournit les données probantes nécessaires à l'évaluation. L'instauration d'une mise en commun souple et intégrée des données joue un rôle central dans les processus de suivi et d'évaluation. Les objectifs mesurables du plan, définis à partir des meilleures données disponibles, doivent être associés à des indicateurs et des cibles distincts à chaque étape du processus. L'élaboration des critères et des indicateurs se fait de façon itérative et peut être affinée à mesure que l'on accumule des données d'expérience et que l'on dispose d'informations de meilleure qualité. De son côté, l'évaluation est essentielle à une gestion adaptative, car elle permet d'apporter des ajustements à un plan pour tenir compte de l'évolution des circonstances ou d'éventuelles lacunes, comme une représentation insuffisante de certains intérêts.

En Europe, la Directive relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement (Directive 2001/42/CE) influe fortement sur la planification de l'espace maritime car elle impose de procéder à l'évaluation environnementale de projets individuels (directive « étude d'impact ») ou de programmes et de plans de développement (directive relative à l'évaluation environnementale stratégique [EES]). Intégrer l'EES dans la planification de l'espace maritime permet d'évaluer toutes les utilisations de l'écosystème marin de façon globaliste au lieu d'aborder la question secteur par secteur, comme c'est le cas actuellement. L'EES fournit un outil pratique d'intégration de l'approche écosystémique dans la planification, notamment en offrant :

- un cadrage – une orientation claire, des objectifs fondés sur l'écosystème
- un cadre pour une approche globaliste à l'échelle du système
- un développement et une agrégation des connaissances
- une évaluation des différentes solutions/options de planification dans l'optique d'un bon état de l'environnement
- des consultations et une participation
- un autre développement – des scénarios, une gestion adaptative
- l'intégration d'une évaluation économique et sociale des services écosystémiques.

L'EES a déjà été utilisée en Allemagne et en Pologne dans le cadre du BaltSeaPlan (planification de l'espace maritime en mer Baltique). Le texte à paraître sur la planification de l'espace maritime suédois inclura l'intégration de l'EES dans le processus de planification (Schmidtbauer Crona, 2015).

Conclusions

L'évolution vers une multipolarité du monde et un émiettement croissant du pouvoir se retrouve, dans une large mesure, dans les structures qui gouvernent la mer. La gouvernance de la haute mer est particulièrement complexe, car elle s'exerce à travers une multitude d'organismes et d'organes différents, internationaux et régionaux, et dans des cadres réglementaires et juridiques qui ne sont ni totalement respectés ni uniformément contraignants. La réforme semble avancer dans deux directions à la fois. D'un côté, des signes indiquent clairement que l'évolution passée et actuelle vers des solutions sectorielles devrait se poursuivre. De l'autre, on a franchi récemment des étapes importantes en signant des accords mondiaux portant sur la biodiversité et le changement climatique, par exemple. Très probablement, la voie la plus prometteuse pour aboutir à une gestion de la mer de meilleure qualité sur les plans opérationnel et géographique consiste à privilégier les initiatives en faveur d'accords régionaux sur des bassins océaniques et maritimes.

Dans les zones économiques exclusives, la gestion intégrée de l'espace et des ressources maritimes progresse quelque peu, guidée dans de nombreux cas par des cadres nationaux et régionaux d'action stratégique, et traduite en termes opérationnels au moyen d'outils de planification et de gestion de l'espace maritime ainsi que d'évaluations environnementales. Compte tenu de l'accélération prévue de l'utilisation de la mer et de ses ressources dans les prochaines années, toutefois, il va devenir vital de passer également à la vitesse supérieure dans le renforcement de l'efficacité et l'extension du champ géographique d'application d'une gestion intégrée de la mer. Un usage plus répandu de l'analyse et des outils économiques, ainsi que des structures et des processus innovants de gouvernance de la mer et un recours plus intensif à la science et à la technologie sont autant de voies à suivre pour renforcer la gestion de la mer dans l'avenir.

Références

Allmendinger, P., A. Barker et S. Stead (2002), « Delivering ICZM through land use planning », *Planning Practice and Research*, vol. 17, n° 2, pp. 175-196, http://dx.doi.org/10.1080/02697450220145931.

Ásgeirsdóttir, A. (2015), « Enhancing coherence in MSP through new and/or more effective governance processes and structures », Résumé de la communication présentée dans le cadre de l'atelier de l'OCDE sur le thème « The Future of Maritime Spatial Planning and Ocean Monitoring: What Potential for Economic Tools and Satellite Technology? », Lisbonne, juin.

Bell, G., T. Hey et A. Szalay (2009). « Computer science: Beyond the data deluge », *Science*, vol. 323, n° 5 919, pp. 1 297-1 298, http://dx.doi.org/10.1126/science.1170411.

CDI (2006), « Rapport du Groupe d'étude de la Commission du droit international : Fragmentation du droit international : difficultés découlant de la diversification et de l'expansion du droit international », A/CN.4/L.702, 18 juillet, https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/G06/631/52/PDF/G0663152.pdf?OpenElement.

Cicin-Sain, B., D. Vanderzwaag et M.C. Balgos (dir. pub.) (2015), *Routledge Handbook of National and Regional Ocean Policies*, Routledge Taylor & Francis Group.

Commission européenne (2011), « Study on the economic effects of maritime spatial planning », Union européenne, Bruxelles, http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/documentation/studies/documents/economic_effects_maritime_spatial_planning_en.pdf.

Commission européenne (2009), *Le Monde en 2025, La montée en puissance de l'Asie et la transition socio-écologique*, Commission européenne, Direction générale de la recherche, Bruxelles, https://ec.europa.eu/research/social-sciences/pdf/policy_reviews/le-monde-en-2025-report_fr.pdf.

Davis, D. et D.F. Gartside (2001), « Challenges for economic policy in sustainable management of marine natural resources », *Ecological Economics*, vol. 36, n° 2, pp. 223-236, http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00251-2.

DOSI (2016), « Deep Ocean Stewardship Initiative », http://dosi-project.org/.

Ehler, C. (2015), « International progress in maritime spatial planning around the world », Résumé de la communication présentée dans le cadre de l'atelier de l'OCDE sur le thème « The Future of Maritime Spatial Planning and Ocean Monitoring: What Potential for Economic Tools and Satellite Technology? », Lisbonne, juin.

Ehler, C. et F. Douvere (2007), « Visions for a sea change », Report of the First International Workshop on Marine Spatial Planning, Commission océanographique intergouvernementale et Programme sur l'Homme et la biosphère, UNESCO, Paris.

European Marine Board (2015), « Delving deeper », *EMB Policy Brief*, n° 2, novembre.

Fritz, J.-S. (2015), « Deep sea anarchy: Mining at the frontiers of international law », *The International Journal of Marine and Coastal Law*, vol. 30, n° 3, pp. 445-476, http://dx.doi.org/10.1163/15718085-12341357.

Fuerth, L.S. et E.M.H. Faber (2012), « Anticipatory governance practical upgrades: Equipping the executive branch to cope with increasing speed and complexity of major challenges », National Defense University, Center for Technology & National Security Policy, Washington, DC, www.gwu.edu/~igis/assets/docs/working_papers/Anticipatory_Governance_Practical_Upgrades.pdf.

Gamenda, E. et U. Pascual (2013). « A justice critique of environmental valuation for ecosystem governance », dans : Sikor, T. (dir. pub.), *The Justices and Injustices of Ecosystem Services*, Routledge.

GOC (2014), « From decline to recovery, rescue package for the global ocean », Global Ocean Commission, Oxford, Royaume-Uni, www.globaloceancommission.org/wp-content/uploads/GOC_Report_20_6.FINAL_.spreads.pdf.

Gouvernement écossais (2015), « Scotland's National Marine Plan », www.gov.scot/Publications/2015/03/6517.

Gouvernement du Québec (2016), « Stratégie Maritime », https://strategiemaritime.gouv.qc.ca/en/.

Halpern, B.S. et al. (2012), « Near-term priorities for the science, policy and practice of coastal and marine spatial planning (CMSP) », *Marine Policy*, vol. 36, n° 1, pp. 198-205, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2011.05.004.

Huang, W., J. Corbett et D. Jin (2015), « Regional economic and environmental analysis as a decision support for marine spatial planning in Xiamen », *Marine Policy*, vol. 51, janvier, pp. 555-562, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2014.09.006.

Hynes, S. et al. (2009), « A spatial microsimulation analysis of methane emissions from Irish agriculture », *Ecological Complexity*, vol. 6, n° 2, pp. 135-146, http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2008.10.014.

IRGC (2013), « Preparing for future catastrophes: Governance principles for slow-developing risks that may have potentially catastrophic consequences », Document de réflexion rédigé pour l'atelier d'experts IRGC sur la gouvernance des risques catastrophiques dans les pays à développement lent, Zürich, juin.

Jay, S. et al. (2012), « Coastal and marine spatial planning: International progress in marine spatial planning », *Ocean Yearbook*, vol. 27, n° 1, pp. 171-212, http://dx.doi.org/10.1163/22116001-90000159.

Jay, S. et K. Gee (2014), *TPEA Good Practice Guide: Lessons for Cross-border MSP from Transboundary Planning in the European Atlantic*, University of Liverpool, Liverpool, Royaume-Uni.

Karousakis, K. (2015), « Applying economics tools to the management of MPAs », Extended abstract of presentation at OECD Workshop on « The Future of Maritime Spatial Planning and Ocean Monitoring: What Potential for Economic Tools and Satellite Technology? », Lisbonne, juin.

Koundouri, P., K. Remoundou et Y. Kountouris (2009), « A note on the implementation of the economics of the EU water framework directive under data limitations: A rapid appraisal approach », *DEOS Working Papers*, Athens University of Economics and Business.

Kuosa, T. (2011), « Practicing strategic foresight in government », *RSIS Monograph*, n° 19, Booksmith, S. Rajaratnam School of International Studies of Nanyang Technological University, Singapour.

Lægreid, P. et al. (2013,) « Lessons from emerging coordination arrangements in European public sectors », *COCOPS European Policy Brief*, mai, www.cocops.eu/wp-content/uploads/2013/07/COCOPS_PolicyBrief_3.pdf.

Lester, S.E. et al. (2013), « Evaluating tradeoffs among ecosystem services to inform marine spatial planning », *Marine Policy*, vol. 38, mars, pp. 80-89, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.022.

Marine & Océans (2016), « Le Laboratoire de la Blue Society interpelle le gouvernement Valls », www.marine-oceans.com/economie-maritime/7672-le-laboratoire-de-la-blue-society-interpelle-le-gouvernement-valls.

McLeod K.L. et H.M. Leslie (2009), *Ecosystem-based Management for the Oceans*, Island Press.

Ménard, C. (2015), « What economic tools? For what purposes? Lessons from fisheries that can be relevant for MSP », Résumé de la communication présentée dans le cadre de l'atelier de l'OCDE sur le thème « The Future of Maritime Spatial Planning and Ocean Monitoring: What Potential for Economic Tools and Satellite Technology? », Lisbonne, juin.

Merrie, A. et P. Olsson (2014), « An innovation and agency perspective on the emergence and spread of marine spatial planning », *Marine Policy*, vol. 44, février, pp. 366-374, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2013.10.006.

Millard, K. (2015), « Remote sensing and satellite technology to support MSP : What's in the innovation pipeline? », Résumé de la communication présentée dans le cadre de l'atelier de l'OCDE sur le thème « The Future of Maritime Spatial Planning and Ocean Monitoring: What Potential for Economic Tools and Satellite Technology? », Lisbonne, juin.

Morrissey, K. (à paraître), « The future of maritime spatial planning and ocean monitoring: What potential for economic tools and satellite technology? », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, Éditions OCDE, Paris, à paraître.

Morrissey, K., C. O'Donoghue et S. Hynes (2011), « Quantifying the value of multi-sectoral marine commercial activity in Ireland », *Marine Policy*, vol. 35, n° 5, pp. 721-727, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2011.02.013.

Nature (2013), « Marine science: Oceanography's billion-dollar baby », *Nature*, n° 501, pp. 480-482, http://dx.doi.org/10.1038/501480a.

NIC (2012), *Global Trends 2030: Alternative Worlds*, National Intelligence Council, Washington, DC.

NSF (National Science Foundation) (2016), « Ocean Observatories Initiative », www.interactiveoceans.washington.edu/story/NSF_Ocean_Observatories_Initiative.

OCDE (2016), « L'économie des zones marines protégées », en cours, www.oecd.org/fr/env/ressources/biodiversite.htm.

OCDE (2015), *Stakeholder Engagement for Inclusive Water Governance*, Études de l'OCDE sur l'eau, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264231122-en.

OCDE (2013a), « Building a government for the future: Improving policy performance and managing complex challenges », GOV/PGC(2013)14, OCDE, Paris, www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=GOV/PGC%282013%2914&docLanguage=En.

OCDE (2013b), « Strategic insights from the Public Governance Reviews: Update », GOV/PGC(2013)4, OCDE, Paris, www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=GOV/PGC%282013%294&docLanguage=En.

OCDE (2011), *Future Global Shocks: Improving Risk Governance*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/9789264114586-en.

Ocean Frontiers (2016), « US Ocean Plans moving ahead! », http://ocean-frontiers.org/us-ocean-plans-moving-ahead/.

Olsen, S., E. Olsen et N. Schaefer (2011), « Governance baselines as a basis for adaptive marine spatial planning », *Journal of Coastal Conservation*, vol. 15, pp. 313-322, http://dx.doi.org/10.1007/s11852-011-0151-6.

Olsen, S., J. Tobey et M. Kerr (1997), « A common framework for learning from ICM experience », *Ocean & Coastal Management*, vol. 37, n° 2, http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691(97)90105-8.

Omerdic, E. et al. (2009), *Marine Monitoring Platforms: Paradigms for Development in Ireland*, Cambridge Scholars Publishing.

Pearce, D.W. (1998), « Cost-benefit analysis and environmental policy », *Oxford Economic Review*, vol. 14, n° 4, pp. 84-100, http://dx.doi.org/10.1093/oxrep/14.4.84.

Pearce, D.W., A. Markandy et E. Barbier (2006), *Blueprint for a Green Economy*, Earthscan, Oxford.

Prows, P. (2006), « Tough love: The dramatic birth and looming demise of UNCLOS Property Law », *Public Law Research Paper*, n° 06-19, 10 juillet 2006, NYU Law School, http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.918458.

Schaefer, N. et V. Barale (2011), « Maritime spatial planning: Opportunities & challenges in the framework of the EU integrated maritime policy », *Journal of Coast Conservation*, vol. 15, pp. 237-245, http://dx.doi.org/10.1007/s11852-011-0154-3.

Schmidtbauer Crona, J. (2015), « Strategic environmental assessment in MSP – Implementing the ecosystem approach for sustainable use of marine resources », Résumé de la communication présentée dans le cadre de l'atelier de l'OCDE sur le thème « The Future of Maritime Spatial Planning and Ocean Monitoring: What Potential for Economic Tools and Satellite Technology? », Lisbonne, juin.

Shell (2013), « New lens scenarios: A shift in perspective for a world in transition », Shell, www.shell.com/content/dam/royaldutchshell/documents/corporate/scenarios-newdoc.pdf.

Shucksmith, R.J. et C. Kelly (2014), « Data collection and mapping: Principles, processes and application in marine spatial planning », *Marine Policy*, vol. 50, pp. 27-33, http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2014.05.006.

TEEB (2010), *Intégration de l'économie de la nature une synthèse de l'approche, des conclusions et des recommandations de la TEEB*, L'Économie des écosystèmes et de la biodiversité, http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/Synthesis%20report_French.pdf.

Tyldesley, D. (2004), « Coastal and marine spatial planning framework for the Irish Sea pilot project », Defra, Royaume-Uni, http://jncc.defra.gov.uk/pdf/Tyldesley%20Marine%20spatial%20planning.pdf.

Yandle, T. (2007), « Understanding the consequences of property rights mismatches: A case study of New Zealand's marine resources », *Ecology and Society*, vol. 12, n° 2, article 27, www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art27.

Annexe A.
Remerciements

Nous adressons nos plus sincères remerciements aux organisations ci-après pour le soutien financier et matériel qu'elles ont apporté au projet « L'avenir des océans » :

Organisation contributrice	Représentant au sein du Groupe de pilotage	Pays
Calouste Gulbenkian Foundation	Louisa Hooper, Responsable de programme, Environnement	Royaume-Uni
Direction générale de la politique maritime	Angela Lobo, Conseillère technique, Département de la stratégie/Conceição Santos, Chef du Département de la stratégie	Portugal
Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT)	Telmo Carvalho, Responsable du bureau Océan	Portugal
Fundação Calouste Gulbenkian	Catarina Grilo, Collaboratrice	Portugal
Autorité flamande	Gert Verreet, Gouvernement flamand, Département de l'économie, de la science et de l'innovation	Belgique
Gouvernement du Québec	Denis Provençal, coordonnateur ministériel pour le Programme d'acquisition de connaissances du milieu marin du golfe du Saint-Laurent	Canada
Gouvernement sud-africain	Dowelani Ndiitwani, Directeur adjoint, Coopération multilatérale, Département de la science et de la technologie	Afrique du Sud
Systèmes d'énergie des océans (AIE)	Eoin Sweeney, Vice-président	ONG
Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (UICN)	François Simard, Conseiller	ONG
Konsortium Deutsche Meeresforschung (KDM)	Jan-Stefan Fritz, Responsable du bureau de Bruxelles	Belgique
Kongsberg Gruppen ASA - Kongsberg Oil & Gas Technologies	Jon Stærkebye, Vice-président principal, Software & Services	Norvège
Korea Maritime Institute	Youngil Cho, Chercheur principal	Corée
Marine Institute	Eoin Sweeney	Irlande
Marine Scotland	Sam Anson, Chef de l'Unité Analytique marine	Royaume-Uni
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE)	Nicolas Fairise, Chef du bureau des affaires globales/ Pascal Bargiarelli, Conseiller pour les questions OCDE, OMC, G7/G20	France
Ministère des Affaires étrangères et du Développement international	Laura Recuero Virto, Responsable du pôle Analyse économie de la mondialisation	France
Ministère des Affaires économiques, Bureau du commerce extérieur	Jason Liao	Taipei chinois
Ministère de la Mer et de la Pêche	Wiwik Fitrianingsih, Sous-directeur	Indonésie
Ministère des Affaires maritimes et de la Pêche	Kuk Il Choi, Directeur adjoint principal	Corée
SINTEF Fisheries and Aquaculture Ltd.	Karl A. Almås, CEO	Norvège
Conseil norvégien de la recherche	Christina Abilgaard, Directrice, Département des biosources et de la recherche environnementale	Norvège
TOTAL S.A.	-	France

Nos remerciements vont également à tous ceux qui ont participé et apporté leur soutien à la réunion exploratoire ainsi qu'à la réunion du Groupe de pilotage du projet sur les océans. Les personnes énumérées ci-après y ont assisté en qualité d'invité, d'expert invité, d'observateur, de membre du Groupe de pilotage/partenaire ou membre des Secrétariats de l'OCDE et de l'AIE :

Christina I.M. Abildgaard, Directrice, Département des biosources et de la recherche environnementale, Conseil norvégien de la recherche (Norvège) ; Gianni Aksungur, Rédacteur OCDE/ONU, Ministère des Affaires étrangères (France) ; Aldo Aldama, Premier secrétaire, Délégation permanente du Mexique auprès de l'OCDE (Mexique) ; Karl Andreas Almås, Conseiller spécial, SINTEF Fisheries and Aquaculture (Norvège) ; Fachtarul Amin, Directeur adjoint de la coopération institutionnelle, Ministère de la Mer et de la Pêche (Indonésie) ; Sam Anson, Responsable de l'Unité Analytique marine, Gouvernement écossais (Royaume-Uni) ; Anne-Charlotte Armynot du Châtelet, Chargée de mission OCDE-OMC, Sous-direction du changement climatique et du développement durable, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (France) ; Pascal Bargiarelli, Conseiller pour les questions OCDE, OMC, G7/G20, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (France) ; Christian Besson, Analyste principal du secteur énergétique, Agence internationale de l'énergie ; Olivier Bommelaer, Conseiller, Délégation permanente de la France auprès de l'OCDE (France) ; Petyo Bonev, Maître de conférences en science économique, Mines ParisTech (France) ; Antoine J. Borelli, Directeur Associé de d2m Technologies (France) ; Sarah Box, Économiste principale/Analyste des politiques, Construction navale, Direction de la science, de la technologie et de l'industrie (OCDE) ; Anders Carlberg, Expert maritime, région Västra Götaland (Suède) ; Telmo Carvalho, Directeur exécutif, EurOcean (Centre européen d'information sur la science et la technologie marine) (Portugal) ; Youngil Cho, Chercheur principal, Korea Maritime Institute (Corée) ; Kuk Il Choi, Directeur adjoint principal, Ministère des Affaires maritimes et de la Pêche (Corée) ; Florence Coroner, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) (France) ; Anthony Cox, Directeur adjoint, Direction de l'environnement (OCDE) ; Veronica Cunningham, Bureau de la recherche, Marine Institute (Irlande) ; Kathleen D'Hondt, Analyste des politiques de biotechnologie (OCDE) ; Laurent Daniel, Économiste principal/Analyste des politiques, Direction de la science, de la technologie et de l'innovation (OCDE) ; Ophélie Darses, Chargée de mission forêts et océans, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (France) ; Claire Delpeuch, Analyste des politiques des pêches, Direction des échanges et de l'agriculture (OCDE) ; Dimitra Dertsou, Deuxième secrétaire, Délégation permanente de la Grèce auprès de l'OCDE (Grèce) ; Nicolas Fairise, Chef du bureau des affaires globales, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (France) ; Arne Fredheim, Directeur de recherche, SINTEF (Norvège) ; Jan-Stefan Fritz, Chef du Bureau de Bruxelles, Konsortium Deutsche Meeresforschung (Allemagne) ; Gregory Garramone, Conseiller environnement, science, technologie et santé, Délégation permanente des États-Unis auprès de l'OCDE (États-Unis) ; Catarina Grilo, Iniciativa Oceanos, Fundação Calouste Gulbenkian (Portugal) ; Mark Hannington, Professeur, GEOMAR – Helmholtz Center for Ocean Research Kiel (Allemagne) ; Lae Hyung Hong, Analyste principal des politiques des pêches, Direction des échanges et de l'agriculture (OCDE) ; Louisa Hooper, Responsable de programme environnement, Calouste Gulbenkian Foundation (Royaume-Uni) ; Pierre Ingmarsson, Responsable de projet, Énergie renouvelable, SP Technical Research Institute of Sweden (Suède) ; Berit Johne, Conseiller spécial, JPI Oceans, Bruxelles ; Hiroyuki Kamai, Premier secrétaire (Conseiller en science et technologie), Délégation permanente du Japon auprès de

l'OCDE (Japon) ; Shih-Ming Kao, Maître de conférences, Université nationale Sun Yat-sen (Taipei chinois) ; Katia Karousakis, Analyste des politiques sur la biodiversité, Direction de l'environnement (OCDE) ; Florence Kim, Analyste des politiques, Ministère des Affaires maritimes et de la Pêche (Corée) ; Denis Lacroix, Animateur de la veille stratégique prospective, Ifremer (France) ; Mónica Lafon, Analyste, Délégation permanente du Mexique auprès de l'OCDE (Mexique) ; Carlos Sánchez Lafuente, Directeur, Fundación INNOVAMAR (Espagne) ; An Ho Lee, Conseiller, Délégation permanente de la Corée auprès de l'OCDE (Corée) ; Jason Liao, Secrétaire économique, Bureau de représentation du Taipei chinois en France (Taipei chinois) ; Pedro Liberato, Conseiller, Délégation permanente du Portugal auprès de l'OCDE (Portugal) ; Øystein Lie, Dean, Norwegian University of Life Sciences (Norvège) ; Angela Lobo, Conseillère technique, Direction générale de la politique maritime, Ministère de l'Agriculture et de la Mer (Portugal) ; Bruce McCallum, Conseiller (Science et Innovation), Ministère du Commerce, de l'innovation et de l'Emploi, Mission néo-zélandaise auprès de l'Union européenne (Nouvelle-Zélande) ; Rudolf Müller, Consultant (Suisse) ; Lars Nerdrum, Conseiller en éducation et recherche, Délégation permanente de la Norvège auprès de l'OCDE (Norvège) ; Jenny O'Leary, Politique, Innovation et Soutien à la recherche, Marine Institute (Irlande) ; Alex Olsen, Responsable de projet, Production durable, A. Espersen A/S (Danemark) ; Agus Pakpahan, Expert, Économie des ressources naturelles, République d'Indonésie (Indonésie) ; Isabella Maria Palombini, Attachée scientifique, Délégation permanente de l'Italie auprès de l'OCDE (Italie) ; James Philp, Analyste des politiques de biotechnologie industrielle et environnementale (OCDE) ; Dirk Pilat, Directeur adjoint, Direction de la science, de la technologie et de l'innovation (OCDE) ; Agung Tri Prasetyo, Directeur adjoint de la Coopération bilatérale, Ministère de la Mer et de la Pêche (Indonésie) ; George Prevelakis, Ambassadeur, Délégation permanente de la Grèce auprès de l'OCDE (Grèce) ; Denis Provençal, Coordonnateur ministériel du Programme d'acquisition de connaissances du milieu marin du golfe du Saint-Laurent, Gouvernement du Québec (Canada) ; Teodoro Ramirez, Représentant à Bruxelles, Institut espagnol d'océanographie, IEO (MINECO) (Espagne) ; Torger Reve, Professeur, BI – Norwegian Business School (Norvège) ; Widya Sadnovic, Premier secrétaire, Ambassade de République d'Indonésie (Indonésie) ; Francesca Santoro, Spécialiste de programme, Unité Tsunami, UNESCO ; Conceição Santos, Chef du Département de la stratégie, Direction générale de la politique maritime (Portugal) ; Pierre-Alain Schieb, Conseiller, Direction de la science, de la technologie et de l'industrie (OCDE) ; Carl-Christian Schmidt, Responsable de la Division des politiques des pêcheries (OCDE) ; Filipe Silva, Consultant, Direction de la science, de la technologie et de l'industrie (OCDE) ; François Simard, Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (UICN) ; Rolf Skjong, Directeur/Scientifique principal, Det Norske Veritas AS (DNV) (Norvège) ; Björn Södahl, Responsable de programme, Phares, Université de Chalmers (Suède) ; Namgeun Song, Premier secrétaire, Délégation permanente de la Corée auprès de l'OCDE (Corée) ; Peter Sonnenhol, Conseiller en éducation, environnement, emploi et affaires sociales, Délégation permanente de l'Allemagne auprès de l'OCDE (Allemagne) ; Jon Starkebye, Vice-président principal, Software & Services, Kongsberg Oil & Gas Technologies (Norvège) ; Lisa Emelia Svensson, Ambassadeur pour les océans, les mers et l'eau douce, Administration suédoise (Suède) ; Eoin Sweeney, Vice-président de l'Accord de mise en œuvre des Systèmes d'énergie des océans, AIE/Marine Institute (Irlande) ; Joseph Tay, Directeur du Centre Europe (Singapour) Economic Development Board (Singapour) ; Maja Svankjær Thagaard, Conseillère principale, Autorité maritime danoise (Danemark) ; Justine Tung, Chercheuse, Industrial

Technology Research Institute (ITRI) (Taipei chinois) ; Kristof Vandenberghe, Spécialiste assistant de programme, Section Sources de financement public bilatéral (UNESCO) ; Gert Verreet, Spécialiste des politiques, Gouvernement flamand (Belgique) ; Laura Recuero Virto, Chef de pôle, Ministère des Affaires étrangères (France) ; Frederik von Dewall, Directeur général, Von Dewall Advisory & Management (Pays-Bas) ; Dries Willems, Délégué adjoint du Gouvernement flamand, Ambassade de Belgique – Délégation flamande (Belgique) ; Dongsik Woo, Responsable de projet, Division des politiques des pêcheries, Direction des échanges et de l'agriculture (OCDE).

Au total, dix ateliers et réunions d'experts ont été organisés dans le cadre du projet. Nous exprimons notre reconnaissance à tous ceux qui ont financé et parrainé ces rencontres :

Atelier	Co-hôte/parrain	Représentant	Rôle
Enjeux et opportunités du tourisme marin à l'horizon 2030	Région Västra Götaland	Anders Carlberg	Co-hôte
Explorer les potentialités de l'énergie renouvelable d'origine marine à l'horizon 2030	Systèmes d'énergie des océans (AIE)	Ana Brito e Melo	Co-hôte
L'avenir de la planification de l'espace maritime et de la surveillance des océans	Calouste Gulbenkian Foundation	Louisa Hooper	Co-hôte
	Direction générale de la politique maritime	Conceição Santos	Co-hôte
	Bourses EEE, point de contact national pour le Portugal	Madalena Callé Lucas	Parrain
	Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT)	Telmo Carvalho	Co-hôte
Sécurité maritime	Korea Maritime Institute	Sung Gwi Kim	Co-hôte
	Ministère des Affaires maritimes et de la Pêche (Corée)	Kuk Il Choi	Co-hôte
Hydrocarbures off-shore : la nouvelle frontière	Kongsberg Oil & Gas Technologies	Jon Stærkebye	Co-hôte
	Statoil ASA	Per Gerhard Grini	Co-hôte
	Conseil norvégien de la recherche	Christina I.M. Abildgaard	Co-hôte
Réunion d'experts sur l'éolien off-shore	Marine Scotland	Sam Anson	Parrain
Perspectives et enjeux de l'extraction en eaux profondes	GEOMAR/Land du Schleswig-Holstein	Peter Herzig	Parrain
	Konsortium Deutsche Meeresforschung	Jan-Stefan Fritz	Co-hôte
Symposium	Ministère des Affaires maritimes et de la Pêche (Corée)	Kuk Il Choi/Hong Gilsu	Co-hôte
	Korea Maritime Institute	Youngil Cho/Jo Jeong-hee	Co-hôte
Perspectives de l'aquaculture marine	Marine Harvest ASA	Kristine Gramstad	Co-hôte
	Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (France)	Soizic Schwartz	Co-hôte
	Conseil norvégien de la recherche	Kjell Emil Naas	Co-hôte
Atelier de biotechnologie marine : se préparer aux défis de la croissance bleue	Division Recherche marine de l'AZTI	Lorenzo Motos	Parrain
	EUSKAMPUS	Jordi Campas	Parrain
	Norwegian University of Life Sciences	Øystein Lie	Co-hôte
	Conseil norvégien de la recherche	Steinar Bergseth	Parrain
	Université du Pays Basque	Ionan Marigómez	Co-hôte

Les 273 participants des ateliers ont été dûment remerciés de leur travail dans les comptes rendus correspondants ; 181 représentaient 23 pays membres de l'OCDE, 12 des pays Partenaires clés, 16 des pays du reste du monde et 64 des ONG/OIG.

Pour les travaux de modélisation et d'établissement de scénarios, des remerciements particuliers s'imposent à l'égard des personnes ci-après, dont l'énergie, les conseils, les données et les points de vue constructifs ont grandement bénéficié à nos travaux :

- Sam Anson (Gouvernement écossais)
- Petyo Bonev (École des Mines)
- Antoine Borelli (BORA Développement s.a.s.)
- Jenny Braat (Danish Maritime)
- Webb Colin (OCDE)
- Laurent Daniel (OCDE)
- Christine de la Maisonneuve (OCDE)
- Alexandra de Matos Nunes (OCDE)
- Kathleen D'Hondt (OCDE)
- Ceresa Fabiana (OCDE)
- Peter Haxton (OCDE)
- Lae Hyung Hong (OCDE)
- Luis Martinez (OCDE)
- Olaf Merk (OCDE)
- Martin von Lampe (OCDE)
- Jari Kauppila (OCDE)
- James Philp (OCDE)
- Karin Strodel (OCDE)

Annexe B.
Ateliers

Dix ateliers et réunions d'experts se sont déroulés aux lieux et dates ci-après :

Atelier	Date	Lieu
Réunion d'experts sur l'éolien off-shore	14 avril 2014	Paris (France)
Explorer les potentialités de l'énergie renouvelable d'origine marine à l'horizon 2030	15 mai 2014	Paris (France)
Atelier « Hydrocarbures off-shore : la nouvelle frontière »	25-26 juin 2014	Trondheim (Norvège)
Perspectives de l'aquaculture marine	9-10 septembre 2014	Bergen (Norvège)
Atelier d'établissement de scénarios	6 octobre 2014	Paris (France)
Perspectives et enjeux de l'extraction en eaux profondes	25-26 novembre 2014	Kiel (Allemagne)
Sécurité maritime et économie de l'océan	7 mai 2015	Seoul (Corée)
Atelier sur l'avenir de la planification de l'espace maritime et de la surveillance des océans : le potentiel des outils économiques et des technologies satellitaires	4-5 juin 2015	Lisbonne (Portugal)
Atelier sur les enjeux et les opportunités du tourisme marin à l'horizon 2030	24-25 juin 2015	Göteborg (Suède)
Potentiel à long terme de la biotechnologie marine	29-30 septembre 2015	Plentzia (Espagne)

Les ateliers ont donné lieu à l'établissement de comptes rendus. Par ailleurs, un document de travail méthodologique a été élaboré comme complément des chapitres 6 et 8.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements oeuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, la Corée, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, Israël, l'Italie, le Japon, la Lettonie, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

ÉDITIONS OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
(92 2016 02 2 P) ISBN 978-92-64-27591-1 – 2017

L'économie de la mer en 2030

Sommaire

Chapitre 1. Vue d'ensemble de l'économie de la mer : Évaluations et recommandations

Partie I. Tendances mondiales et facteurs macroéconomiques influant sur l'économie de la mer

Chapitre 2. Tendances mondiales et incertitudes à l'horizon 2030-60

Chapitre 3. Évolution probable du milieu marin : Incidences sur l'économie de la mer

Partie II. Facteurs critiques influant sur les secteurs d'activité émergents liés à la mer

Chapitre 4. Science, technologie et innovation dans l'économie de la mer de demain

Chapitre 5. Réglementation maritime internationale et secteurs émergents liés à la mer

Chapitre 6. Mesure de la contribution économique mondiale des secteurs d'activité liés à la mer

Partie III. L'avenir de l'économie de la mer : Perspectives et projections

Chapitre 7. Perspectives de croissance, enjeux et incertitudes dans différents secteurs d'activité liés à la mer

Chapitre 8. Les secteurs maritimes à l'horizon 2030

Chapitre 9. Vers une gestion intégrée de la mer

Veuillez consulter cet ouvrage en ligne : ***http://dx.doi.org/10.1787/9789264275928-fr***.

Cet ouvrage est publié sur OECD iLibrary, la bibliothèque en ligne de l'OCDE, qui regroupe tous les livres, périodiques et bases de données statistiques de l'Organisation.
Rendez-vous sur le site ***www.oecd-ilibrary.org*** pour plus d'informations.

éditionsOCDE
www.oecd.org/editions

ISBN 978-92-64-27591-1
92 2016 02 2 P