

3 CHANGEMENT CLIMATIQUE



Les impacts du changement climatique commencent maintenant à être évidents, en particulier dans les Régions OSPAR septentrionales (I et II). Alors que la nature et le rythme de ces impacts sont incertains, l'augmentation de la température de la mer et l'acidification croissante représentent les principales menaces pour les écosystèmes marins de la zone OSPAR. L'atténuation et l'adaptation sont une nécessité et pourraient altérer les activités humaines et leurs pressions sur la mer.

Les Parties contractantes OSPAR devront coopérer pour

- réduire, dans le cadre des Stratégies d'OSPAR, les pressions existantes et donc accroître la résilience des écosystèmes;
- gérer et réglementer la demande croissante de production d'énergie renouvelable marine et la capture et le stockage du carbone avec le soutien d'OSPAR, afin de minimiser leurs impacts sur les écosystèmes marins;
- adapter les politiques et objectifs d'OSPAR en matière de protection du milieu marin pour prendre en compte la modification des pressions et la vulnérabilité croissante des écosystèmes marins;
- améliorer les connaissances d'OSPAR sur la vulnérabilité des espèces, des habitats et des processus écologiques par rapport au changement climatique, à l'acidification et à leurs interactions avec les pressions anthropiques;
- surveiller et évaluer l'acidification des océans et le changement climatique, au sein d'OSPAR et en coopération avec des organisations partenaires (par exemple CIEM, COI), et développer des scénarios et des indicateurs d'impact pour suivre la progression de l'impact à l'échelle régionale.

Évaluations clés d'OSPAR

- Impacts du changement climatique sur l'écosystème de l'Atlantique du Nord-Est
- Atténuation et adaptation au changement climatique

Le climat atmosphérique et le climat océanique sont étroitement liés, l'océan jouant un rôle important de régulateur des profils météorologiques et climatiques régionaux et globaux. On reconnaît que les teneurs croissantes en gaz à effet de serre anthropiques contribuent à l'augmentation de la moyenne des températures atmosphériques de la planète depuis le milieu du XXe siècle. L'augmentation des teneurs atmosphériques en dioxyde de carbone (CO₂) accroît également l'acidité de l'océan. Le changement climatique et l'acidification des océans présentent des menaces sérieuses pour les écosystèmes marins au sein de la zone OSPAR et affecteront en fin de compte le bien-être de l'homme. Il s'agit par exemple de l'impact de la montée du niveau de la mer, et des modifications de la biodiversité et des stocks halieutiques.

mer) soit indirectement (modification de la saisonnalité, de la distribution et de l'abondance des espèces). Il est difficile de prédire l'impact des futures tendances climatiques sur les écosystèmes marins, du fait de plusieurs incertitudes dont celles des scénarios sur les futures émissions de gaz à effet de serre. Il est également nécessaire de mieux comprendre la réaction des écosystèmes marins aux changements.

Les divers impacts du changement climatique projetés pour diverses composantes des écosystèmes marins sont énumérés dans le → TABLEAU 3.1 (milieu physique et chimique) et le → TABLEAU 3.2 (milieu biologique), accompagnés d'un résumé des observations actuelles.

De quels problèmes s'agit-il?

Le changement climatique est largement reconnu mais son rythme et ses impacts sont incertains

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) de l'ONU a averti que si les émissions de gaz à effet de serre se poursuivent à un niveau égal ou supérieur au niveau actuel, le réchauffement sera plus important. De nombreuses modifications du système climatique global se produiront au cours du XXIe siècle et, selon les projections, devraient être plus importantes que celles observées pendant le XXe siècle → FIGURE 3.1. Ces changements pourraient dépasser la variabilité multidécennale naturelle et entraîner des modifications permanentes des écosystèmes.

Toute une série d'impacts sur le milieu marin sont attribués au changement climatique → FIGURE 3.2, soit directement (modification de la température de la

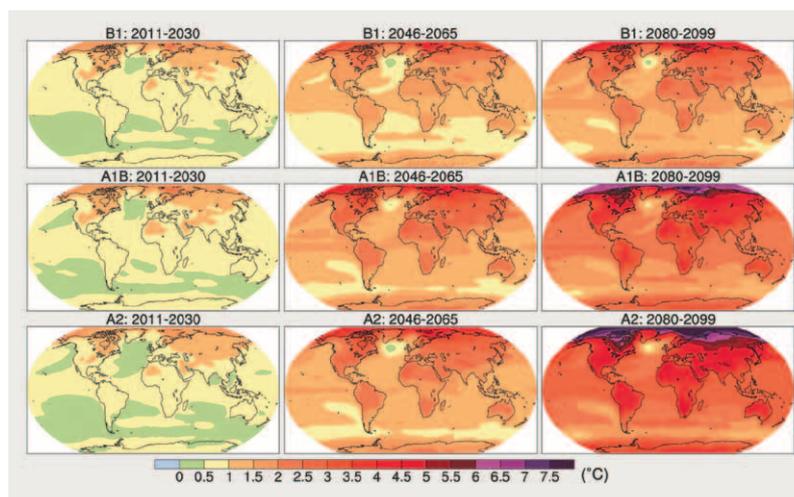


FIGURE 3.1 Projections du GIEC concernant la gamme des fluctuations possibles de la température de l'air de surface jusqu'en 2100, basées sur trois scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (origine: GIEC, 2007-ARW WG1, Figure 10.8). Les scénarios indiqués sont les suivants: B1 - une croissance plus intégrée et plus respectueuse de l'environnement ayant pour objectif une durabilité environnementale globale; A1B - un développement économique rapide insistant, de manière équilibrée, sur toutes les sources d'énergie; A2 - un monde divisé, des nations indépendantes, une population sans cesse croissante.

TABLEAU 3.1 Impacts projetés et observés du changement climatique sur le milieu physique et chimique.

Impact	Projections	Observations
Augmentation de la température de la mer	Réchauffement dans toutes les zones OSPAR, le plus important étant dans la Région I	Depuis 1994, le réchauffement des Régions I à IV a été plus rapide que le réchauffement moyen global. Il est le plus évident dans la Région II → FIGURE 3.3
Retrait de la banquise	Région I: disparition possible de la banquise en été au cours des prochaines décennies	Région I: retrait de la banquise au cours des dernières décennies
Augmentation des apports d'eau douce	Région I: augmentation de 10% à 30% des apports fluviaux annuels d'ici 2100 et apports supplémentaires provenant de la fonte des glaces continentales Il est difficile de projeter les précipitations régionales mais elles pourraient diminuer dans la Région IV et la partie méridionale de la Région V	Région I: les apports d'eau douce dans l'Arctique semblent avoir augmenté entre les années 1960 et 1990
Modification de la salinité	Régions I et V: une baisse de la salinité de l'océan atlantique au nord du 60e parallèle nord risque de se produire au XXIe siècle	Baisse de la salinité des eaux profondes des Régions I et V au cours des quatre dernières décennies du XXe siècle
Ralentissement de la circulation méridienne de retournement atlantique	Un ralentissement de la circulation au cours du XXIe siècle est fort probable	Aucune observation, mais une surveillance est maintenant en place et elle permettra d'observer les changements à long terme de la circulation méridienne de retournement atlantique
Stratification des eaux épicontinentales	Régions II et III: les eaux épicontinentales risquent de subir une stratification thermique plus longue et plus forte mais dans les mêmes sites	Régions II et III: quelques indices d'une stratification plus précoce et de l'apparition d'efflorescences correspondantes plus précoces
Tempêtes plus fréquentes	Le niveau de confiance des projections de tempête dans le climat futur est très bas	Régions I à V: augmentation des vents très forts et de la hauteur moyenne des vagues au cours des 50 dernières années, mais des vents aussi forts soufflaient durant les décennies précédentes
Montée du niveau de la mer	Entre 0,18 et 0,59 m d'ici 2100 essentiellement à cause de l'expansion thermique. Il y a de grandes incertitudes en haut de la gamme de ces projections, liées au comportement de la couche de glace. On ne peut pas éliminer la possibilité d'une montée de 2 m en un siècle en se fondant sur des modifications dans le passé	La montée moyenne du niveau de la mer, globalement, correspondait à 1,7 mm/an au cours du XXe siècle. On a relevé une accélération de la montée du niveau de la mer dans les années 1990
Absorption réduite du CO ₂	Dépend de la température, de la stratification et de la circulation de l'eau	Atlantique Nord: flux réduit de CO ₂ dans les eaux de surface en 2002-2005 par rapport à 1994-1995
Acidification	L'acidité des océans pourrait atteindre, au XXIe siècle, des niveaux sans précédent au cours des quelques millions d'années passées et avoir des effets potentiels graves sur les organismes calcaires	Globalement: diminution moyenne du pH de 0,1 unité depuis le début de la révolution industrielle
Érosion côtière	Les projections sont très incertaines et très spécifiques à chaque site	Dans de nombreuses zones les effets conjugués de l'érosion côtière, du développement d'infrastructures et de la défense côtière ont entraîné un rétrécissement de la zone côtière
Enrichissement en nutriments	Les projections sont incertaines et liées aux impacts sur divers facteurs, tels que les effets du profil des précipitations sur les apports et le ruissellement d'eau douce, de la fréquence des tempêtes sur la turbidité, de la température de la mer sur la stratification	Régions I à IV: des étés plus secs pourraient déjà contribuer à une diminution des apports en nutriments. Des apports en nutriments plus élevés durant les années humides ont entraîné des efflorescences algales nuisibles

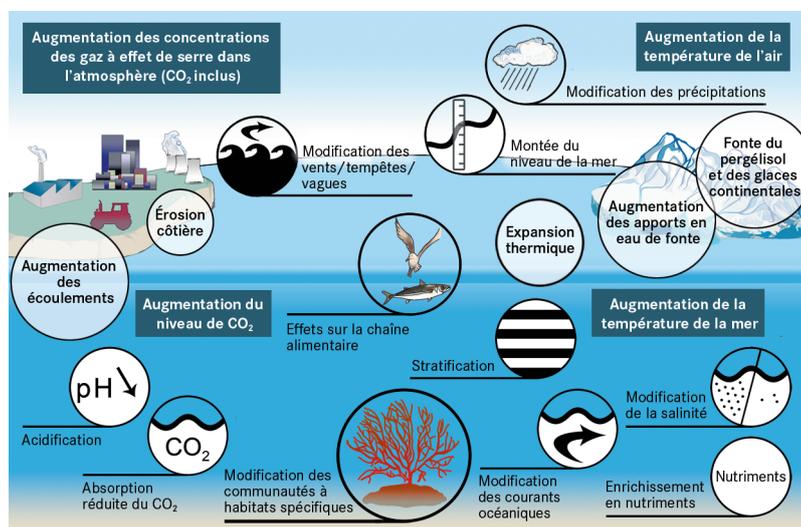


FIGURE 3.2 Récapitulatif des impacts découlant du changement climatique et de l'acidification des océans.

Un grand nombre de modifications physiques et chimiques relevées correspondent à une augmentation du CO₂ atmosphérique et à un réchauffement climatique (augmentation de la température de la mer, retrait de la banquise, acidification). Cependant, beaucoup de liens de causalité avec le changement climatique sont encore mal connus. Il est difficile de prédire avec précision le rythme, la magnitude et la direction des modifications, dans le cas par exemple de l'absorption du CO₂ par les océans, de la salinité, de la probabilité de tempête et de l'enrichissement en nutriments. Il est également difficile de cartographier les impacts au niveau local. Les changements physiques et chimiques sont directement liés aux impacts sur les organismes marins (modification de l'aire de répartition des espèces planctoniques, de poisson et des communautés intertidales). Ils sont supposés avoir des effets secondaires importants sur la disponibilité des proies pour les oiseaux de mer. Les changements physiques présentant

TABLEAU 3.2 Impacts projetés et observés du changement climatique sur le milieu biologique. Dans tous les cas, les prédictions sont limitées par les incertitudes que présentent les projections du climat océanique et les réactions des espèces et des communautés.

Impact	Projections	Observations
Plancton	Déplacement vers le nord des espèces sur le plateau et en haute mer. Région I: productivité accrue due au retrait de la banquise	Déplacement de 1000 km vers le nord de nombreuses espèces planctoniques au cours des 50 dernières années → FIGURE 3.4 . Modification de la période d'efflorescence planctonique saisonnière
Efflorescences algales nuisibles	Incidence potentiellement croissante due aux modifications de la température, de la salinité et de la stratification des eaux	Efflorescences planctoniques anormales (souvent nuisibles) dans des habitats spécifiques affectés par une salinité plus faible (par exemple la fosse norvégienne) ou des températures plus élevées (German Bight)
Poisson	Déplacement vers le nord des populations, mais le manque de connaissances sur les mécanismes sous-jacents rend les projections incertaines La hausse de la température pourrait accroître l'incidence de maladies pour le poisson et les mollusques et crustacés d'élevage	Déplacement vers le nord des espèces halieutiques pélagiques et de fond, plus prononcé dans les Régions I et II
Mammifères marins	Perte d'habitat pour les mammifères tributaires de la banquise. Des modifications de la disponibilité des espèces-proies sont probables, en particulier dans la Région I, car la production est inégale	Les données sur la distribution, l'abondance et l'état des mammifères marins sont limitées Le phoque annelé et l'ours polaire risquent d'être déjà affectés par le retrait de la banquise
Oiseaux de mer	Les impacts sur les oiseaux de mer risquent d'être influencés par des modifications de la disponibilité de la nourriture plutôt que par la perte de nids causée par les changements météorologiques	L'échec de la reproduction des oiseaux de mer en mer du Nord est lié aux fluctuations de la nourriture disponible causées par l'augmentation de la température de la mer
Espèces non indigènes	L'accroissement de l'invasion et de leur établissement est probablement facilité par le changement climatique et présente un risque grave pour les écosystèmes existants	L'établissement de l'huître creuse et de la balane <i>Elminius modestus</i> a été lié au changement climatique
Communautés intertidales	Les aires de distribution des diverses espèces intertidales continuent à s'étendre et à rétrécir	Certains invertébrés et algues d'eau chaude sont plus abondants et ont une aire de distribution plus étendue au Royaume-Uni au cours des 20 dernières années
Écologie benthique	Les organismes benthiques sessiles tolèrent bien des modifications environnementales modérées sur des périodes d'adaptation raisonnables mais ils sont très vulnérables dans le cas d'événements abrupts et extrêmes	Lors d'hivers anormalement froids des espèces d'eau froide ont proliféré et celles d'eau chaude ont disparu. La composition des espèces a changé mais on ne relève aucun déplacement important ni aucune modification de la productivité brute

des incertitudes, il est difficile de prédire, par exemple, les effets des modifications de la stratification sur la production primaire, de la probabilité de tempête sur les sites de nidification des oiseaux de mer et de l'enrichissement en nutriments sur les efflorescences algales nuisibles. Les données insuffisantes (portant, par exemple, sur les mammifères marins, l'écologie benthique et les communautés intertidales) et la méconnaissance des effets locaux ne permettent pas de comprendre pleinement les liens qui existent entre le changement climatique et les impacts sur les écosystèmes marins. Les synergies et les compromis entre les impacts et des mécanismes de rétrocontrôle rendent les projections plus incertaines.

Preuves précises des changements physiques

La moyenne annuelle des températures de la surface de la mer entre 1999 et 2008 était plus élevée qu'entre 1971 et 2000 dans l'ensemble de la zone OSPAR → **FIGURE 3.3**. C'est la Région II qui a subi le plus grand réchauffement, les températures ayant augmenté de 1 à 2 °C au cours des 25 dernières années. En 2002, les températures étaient les plus élevées, depuis que l'enregistrement de la température de la surface de la mer du Nord a commencé en 1968. Dans l'ensemble, les étés sont devenus plus longs et plus chauds tandis que les hivers sont devenus plus courts et moins froids



dans la Région II. Le profil régional météorologique et de la circulation des eaux masque, dans certaines zones, les indices de réchauffement global. Dans la Région IV, par exemple, l'augmentation de la température au sud est plus faible que prévue ceci étant dû à la résurgence des eaux froides. Dans l'Arctique, le retrait de la banquise se manifeste aussi bien lorsqu'elle est à son maximum (mars) qu'à son minimum (septembre), augmentant d'environ 2,5% et 8,9% tous les dix ans respectivement entre 1979 et 2009 → **ENCADRÉ 3.1**.

Il est probable que la baisse de la salinité relevée dans les profondeurs de l'Atlantique Nord et des mers nordiques reflète des précipitations plus abondantes dans les régions septentrionales ainsi qu'une augmentation

ENCADRÉ 3.1 Retrait de la banquise arctique

L'Arctique risque d'être dépourvu de glace en été au cours des prochaines décennies. En septembre 2009, l'étendue de la banquise arctique correspondait à la troisième plus faible depuis le début des enregistrements en 1979. Ceci fait suite à l'étendue la plus faible enregistrée en septembre 2007, la superficie de la banquise représentant environ la moitié du minimum moyen relevé dans les années 1950. Le GIEC déclare, avec grande confiance, dans son quatrième rapport d'évaluation que les modifications continues de l'étendue de la banquise risquent d'avoir des impacts majeurs sur les organismes marins et les activités humaines dans l'Arctique. L'augmentation en zones océaniques pourrait stimuler la production biologique à la limite sud de la banquise, ce qui a un effet positif sur des espèces halieutiques importantes de l'Atlantique du Nord-Est, telles que le cabillaud et le hareng. Elle risque en revanche d'être préjudiciable à d'autres espèces, telles que le phoque annelé et l'ours polaire, tributaires de la banquise pour s'alimenter et se reproduire. La fonte de la banquise au début de l'été pourrait exaspérer ces impacts en créant un décalage entre la période de reproduction des mammifères marins et la disponibilité des proies.

Il se peut que l'accessibilité plus aisée durant les périodes sans banquise permette une navigation plus intense et le développement de la production pétrolière et gazière offshore dans les eaux arctiques. Des activités commerciales en plus grand nombre, dans les zones océaniques et le long des côtes arctiques, vont inévitablement présenter un plus grand risque de pollution et d'introduction d'espèces non indigènes par l'eau de ballast des navires. L'érosion côtière affecte plus particulièrement les lignes côtières arctiques meubles et érodées au fil des temps et est plus probable car la montée du niveau de la mer permet de plus grandes vagues et ondes de tempête d'atteindre un rivage qui n'est plus protégé par la glace. Il est probable que le risque d'inondation des marécages côtiers soit plus important, affectant les écosystèmes et les populations humaines du littoral. La fonte de la glace et de la neige dans l'Arctique risque également de libérer des contaminants stockés et donc des teneurs plus importantes s'écoulant avec l'eau de fonte.



Origine des données: NSIDC.

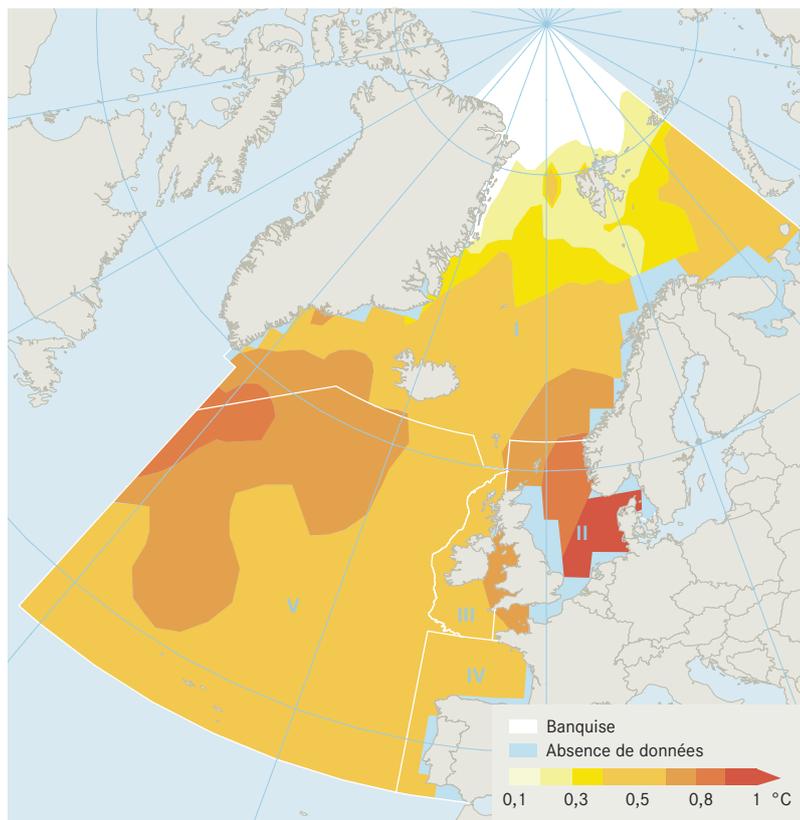


FIGURE 3.3 Anomalie de température moyenne annuelle de la surface de la mer entre 1999 à 2008 par rapport à 1971-2000. Origine des données: NOAA.

des eaux de ruissellement, la fonte glaciaire, l'advection et une accélération générale du cycle global de l'eau. Ces changements ont été liés à un ralentissement possible de la circulation globale de l'Atlantique du Nord-Est. On ne peut pas déterminer avec précision si l'augmentation relevée de la fréquence des tempêtes et du niveau de la mer est due à la variabilité naturelle ou si elle est liée au changement climatique. La montée relative du niveau de la mer peut être compensée, en partie, dans les zones où le terrain s'élève en réponse à la perte de glace.

Les preuves des impacts biologiques s'accroissent

Le climat est un important facteur conduisant à la modification de la distribution, de l'abondance et de la saisonnalité du milieu vivant → ENCADRÉ 3.2. Des observations faites suggèrent que l'aire de répartition des espèces s'étend lorsque les systèmes marins sont soumis à un climat plus chaud. Les modifications de la distribution et de l'abondance, qui sont prévues de se poursuivre dans l'avenir proche, sont suffisamment brusques et permanentes pour pouvoir être considérées comme des « modifications de régime ». En effet les écosystèmes se réorganisent rapidement lorsqu'il s'agit de la modification des rapports prédateur-proie et de la prolifération des espèces non indigènes.

La période saisonnière de production de phytoplancton et de zooplancton a changé à la suite du changement climatique récent, certaines espèces apparaissant entre quatre et six semaines plus tôt qu'il y a vingt ans, ce qui affecte les prédateurs tels que le poisson. La modification de la période de production planctonique, de la distribution et de la composition des communautés planctoniques → FIGURE 3.4 a été associée à la modification

Les modifications de la distribution et de l'abondance des organismes marins dans un certain nombre de séries de données à long terme (principalement sur la Région II) correspondent aux effets climatiques prévus. Ceci ne signifie pas que le climat est seul responsable des modifications relevées, mais il s'agit d'un facteur important pour environ 75 % des zones/groupe taxonomiques (« cas ») évalués. Il s'agit notamment du zooplancton (83 cas), du benthos (85 cas), du poisson (100 cas), et des oiseaux de mer (20 cas). Les modifications de la distribution et de l'abondance des oiseaux de mer révèlent le lien le plus faible avec le changement climatique. Ce lien est beaucoup plus prononcé pour d'autres espèces, en particulier le zooplancton et le poisson.

Pourcentage des zones/groupe taxonomiques évalués dont les modifications observées correspondent aux prévisions à la suite du changement climatique (origine des données: CIEM, 2008).

Modifications des zones/ groupes taxonomiques évalués:	Zooplancton			Benthos		Poisson		Oiseaux de mer	Modifications correspondant aux prévisions
	Distribution	Abondance	Autre (par ex. saisonnalité, phénologie)	Distribution	Abondance	Distribution	Abondance	Distribution/abondance	
Région I	4	1				2	13	7	74%
Région II	3	9	61	40	32	42	15	10	77%
Région III						9	12	3	83%
Région IV	1	4		13		2	5		76%
Modifications correspondant aux prévisions	100%	64%	100%	66%	66%	82%	71%	60%	

>75%
 50-75%
 <50%
 Absence d'évaluation

de la distribution de nombreuses espèces de poisson. On a par exemple établi un lien entre la présence précoce, l'abondance réduite et la prédominance accrue d'espèces de plus petite taille des communautés zooplanctoniques d'une part, et le déclin du cabillaud en mer du Nord d'autre part. La disparition de la banquise d'été va avoir des conséquences graves pour le plancton tributaire de la glace et les organismes qui en dépendent.

On retrouve des modifications de l'aire de distribution et de l'abondance du poisson dans toutes les Régions OSPAR, correspondant aux projections des réactions au changement climatique, à savoir glissement vers le nord de l'aire de distribution et abondance plus faible dans la partie méridionale de cette aire. La surpêche n'est pas seule responsable du déclin rapide des stocks de cabillaud en mer du Nord. Maintenant, les espèces méridionales, telles que le saint-pierre argenté, le bar, le rouget de roche et l'anchois européen sont toutes devenues plus courantes plus au nord. Au Royaume-Uni on a relevé une expansion de l'aire de distribution des espèces intertidales vers des zones auparavant plus froides (c'est-à-dire vers l'est et vers le nord).

Il est probable que le changement climatique encourage les espèces à s'étendre dans de nouvelles zones et à s'y établir. Plusieurs espèces non indigènes se sont maintenant établies dans la zone OSPAR; pour deux d'entre elles (l'huître creuse et la balane *Elminius modestus*), il s'agit d'un résultat direct du réchauffement régional. Des organismes provenant du Pacifique pourraient s'étendre à l'Atlantique Nord alors que la banquise arctique recule. La diatomée pacifique *Neodenticula seminae* a été découverte dans l'Atlantique Nord en 1999. Il pourrait s'agir du premier indice d'une migration transarctique. Le retrait de la banquise risque également d'entraîner la disparition des espèces arctiques tributaires de la glace.



Tempête sur l'île d'Arranmore, Irlande Nord-Ouest

L'acidification des océans est une menace fondamentale

Des quantités de plus en plus importantes de CO₂ atmosphérique anthropique sont absorbées par la mer. Il s'ensuit une baisse du pH de l'eau de mer et une augmentation de l'acidité des océans. La diminution du pH réduit l'aptitude des océans à absorber le CO₂ et constitue un effet de rétrocontrôle potentiel sur le changement climatique.

En moyenne, le pH des eaux de surface a diminué globalement de 0,1 unité depuis le début de la révolution industrielle ce qui représente une augmentation de 30% de l'acidité. Cette tendance se reflète également dans la zone OSPAR, dans le Kattegat et la mer de

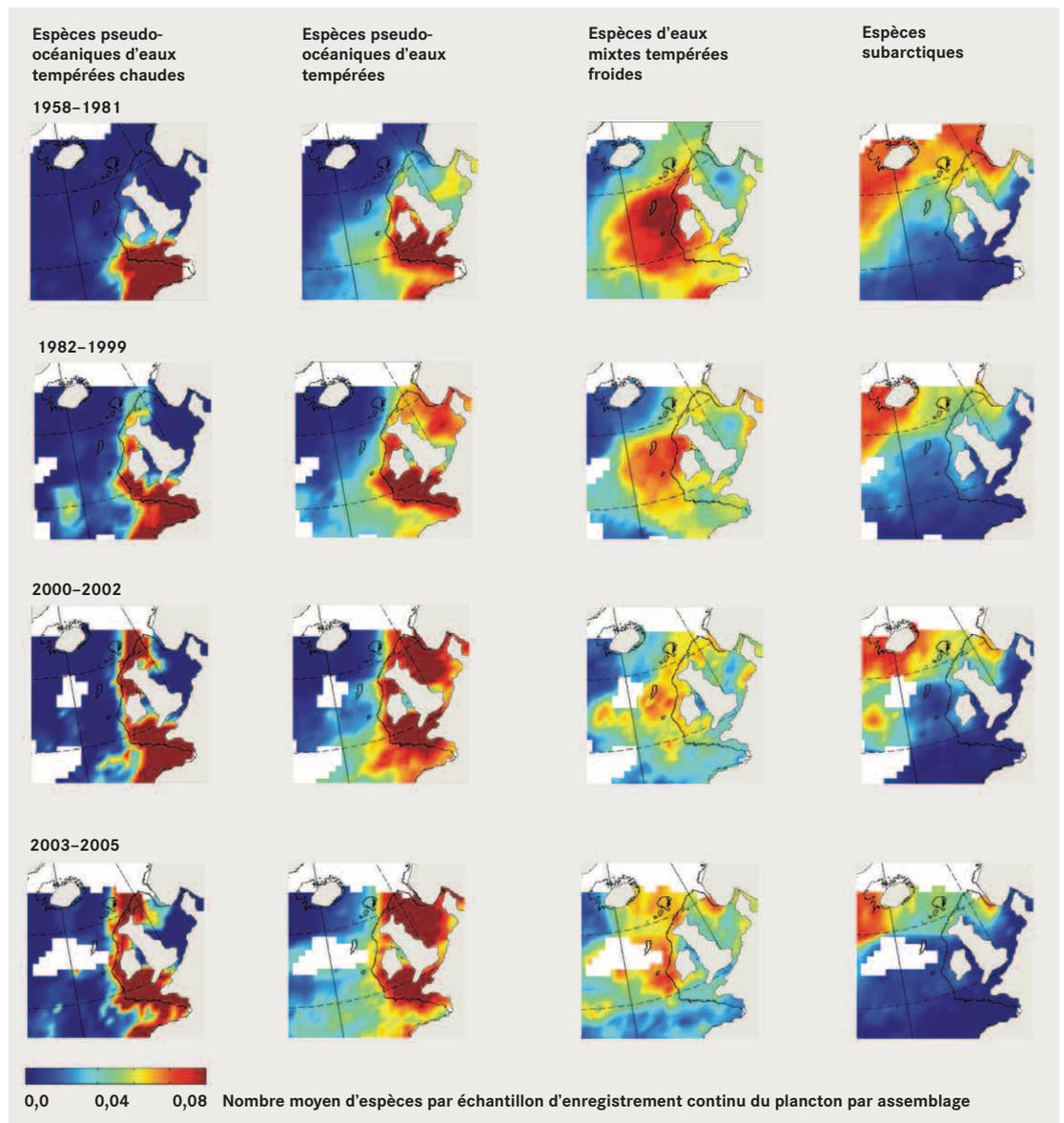


FIGURE 3.4 Modifications de la biodiversité des espèces de copépodes zooplanctoniques *Calanus* liées à l'augmentation de la température de la mer depuis la fin des années 1950. Origine: Edwards et al. (2008). Au cours des cinq dernières décennies, une augmentation de la présence d'espèces d'eaux chaudes/subtropicales dans les zones plus tempérées de l'Atlantique du Nord-Est a été décelée, ainsi qu'un déclin des espèces d'eaux plus froides. L'espèce d'eaux tempérées chaudes *C. helgolandicus* a progressivement remplacé, en mer du Nord, l'espèce d'eaux tempérées froides *C. finmarchicus*. Dans l'ensemble, l'abondance de *Calanus* a décliné en mer du Nord. On a relevé un déclin d'espèces subarctiques au sud-est de l'Islande entre 2000 et 2002 et entre 2003 et 2005.

Norvège par exemple → **ENCADRÉ 3.3**. Les changements actuels de la chimie du carbone océanique se produisent au moins 100 fois plus rapidement que tout autres au cours des dernières 100 000 années. On possède très peu de connaissances sur les impacts écologiques et économiques de l'acidification des océans mais ils pourraient être graves, affectant les nombreux processus de médiation biologique qui transportent le carbone de la surface aux profondeurs des océans. Les données expérimentales indiquent qu'un pH plus faible (par rapport au niveau prévu) pourrait avoir toute une série d'effets sur les organismes marins, y compris la dissolution du carbonate de calcium (aragonite ou calcite) des coquilles et squelettes (décalcification) du plancton et du corail calcaires, et de l'acidification des fluides organiques des poissons et des invertébrés. De nombreuses espèces jouant un rôle écologique important dans les systèmes pélagiques

et benthiques seront affectées. Des effets à l'échelle de l'écosystème sont prévus dans les 50 à 100 années à venir, notamment la sous-saturation du carbonate de calcium dans l'eau de mer, phénomène qui risque d'aboutir à une décalcification. Des projections récentes indiquent qu'une sous-saturation de la surface de l'eau en aragonite risque de se produire dans certaines parties de l'Arctique en hiver dès 2016 et 2026 tout au long de l'année. Plus de 150 scientifiques, dans le cadre de la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO (COI), soutiennent les prédictions, à savoir que la plupart des régions de l'océan seront inhospitalières pour les récifs coralliens d'ici 2050 si les teneurs atmosphériques de CO_2 continuent à augmenter. Ils exhortent les décideurs politiques, dans la Déclaration de Monaco de 2009, à développer des plans permettant de réduire radicalement les émissions de CO_2 .

La tendance vers un pH plus faible dans les océans du globe se retrouve à proximité de la Suède (Région II) et au large de la côte norvégienne (Région I). Les diminutions de pH sont statistiquement significatives, aussi bien dans les eaux de surface que dans les eaux plus profondes du Kattegat et les projections suggèrent une diminution du pH en surface de 0,2 unité d'ici 2050 et de 0,4 unité d'ici 2100. Toutefois, les séries temporelles étant courtes et la couverture géographique limitée, il sera cependant impératif, à l'avenir, de mieux analyser les paramètres d'acidification. Selon les projections basées sur les tendances actuelles, cette diminution serait deux fois plus élevée à plus de 30 m de profondeur que dans les eaux de surface. Il est probable que les effets à l'échelle des écosystèmes s'observeront dans 50 à 100 ans, étant donné les résultats expérimentaux obtenus à ce jour et les tendances relevées de la diminution du pH dans les eaux côtières suédoises. Des résultats similaires s'appliquent à la mer de Norvège où l'on a relevé une diminution statistiquement significative du pH de 0,03 unité dans la couche mélangée entre 2002 et 2007; les projections suggèrent une diminution supplémentaire de 0,3 unité d'ici 2070, le pH devant donc atteindre 7,8.

Modification relevée et projetée du pH dans le Kattegat

Profondeur	pH 2007	Modification de pH 1993–2007	Modification de pH par an	pH projeté en 2050	pH projeté en 2100
0–25 m	8,15	-0,06	-0,0044	7,96	7,74
30 m	8,00	-0,11	-0,0079	7,66	7,24

Quelles sont les mesures prises?

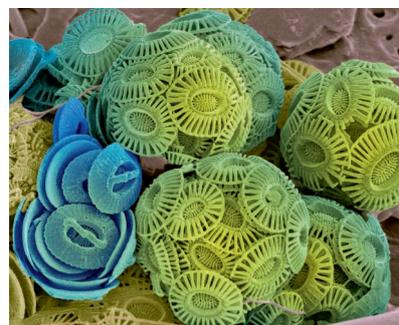
Des réductions radicales des émissions de gaz à effet de serre sont essentielles à l'atténuation des impacts

La Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques pilote les travaux, à l'échelle mondiale, sur la stabilisation des teneurs atmosphériques en gaz à effet de serre à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Dans ce contexte le Traité de Kyoto a engagé la plupart des pays industrialisés à des réductions légalement contraignantes des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2008–2012. La Conférence des Parties, qui s'est tenue à Copenhague en décembre 2009, a lancé des négociations sur un plan d'accord post-2012.

En 2007, les émissions de gaz à effet de serre équivalents au CO₂ dépassaient 5000 millions de tonnes en Europe, ce qui correspond à une réduction de 9,3% par rapport à 1990. Les émissions globales de gaz à effet de serre doivent être réduites de plus de 50% par rapport à 1990, d'ici 2050, si on souhaite maintenir l'augmentation de la température moyenne globale au-dessous de 2 °C par rapport à la période pré-industrielle. Il faut en particulier réduire le CO₂ afin d'atténuer les conséquences de l'acidification des océans. L'UE a fixé une cible transitoire unilatérale contraignante afin de réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serre entre 2012 et 2020 et prévoit d'augmenter de 20% la proportion d'énergie renouvelable en Europe au cours de cette période. Il faut agir sans délai afin d'atteindre ces objectifs, en employant davantage de solutions. Les options comprennent l'amélioration de l'efficacité énergétique, la réduction de la demande énergétique, le passage à des énergies renouvelables et la capture et stockage du carbone. Toute option envisagée, que ce soit à terre ou en mer, est susceptible de modifier la distribution et l'intensité des pressions exercées sur le milieu marin.



Impacts de l'acidification sur les organismes calcaires. *Cladocora caespitosa* est un corail méditerranéen à pH normal (8,1) (à gauche) et dans une eau acidifiée près d'un événement de CO₂ (pH 7,4) avec dissolution du squelette (à droite)



Les coccolithophores (image en fausses couleurs, microscope électronique à balayage) sont des organismes micro-phytoplanctoniques calcaires qui jouent un rôle majeur dans le cycle mondial du carbone

La demande en énergie éolienne, houlomotrice et marémotrice est en hausse

La plupart des projets d'énergie renouvelable en pleine mer existants ou prévus sont des parcs éoliens concentrés dans les Régions II et III. Le nombre de parcs éoliens en pleine mer dans la zone OSPAR a augmenté de manière substantielle au cours des dix dernières années. Si tous les parcs éoliens autorisés et ayant fait une demande d'autorisation en 2009 sont développés, le nombre de turbines en pleine mer dans la zone OSPAR augmentera de presque dix fois → CHAPITRE 9. Le nombre de demandes d'autorisation a augmenté et d'autres sont prévues. Certaines zones ont la capacité de capter l'énergie issue des vagues, des courants de marée et des gradients de salinité. Le développement à l'échelle industrielle est actuellement limité.



Turbine de marée, Orkney, Écosse

Des usines houlomotrices et marémotrices pilotes fonctionnent au large de l'Écosse et de l'Irlande depuis plusieurs années, la capacité totale installée atteignant 0,3 GW en 2008. Il faudra probablement attendre quelques années avant de pouvoir exploiter à grande échelle l'énergie marine dans la zone OSPAR, bien que certains pays aient fixé des objectifs pour la production d'énergie marémotrice et houlomotrice. L'Écosse, par exemple, prévoit l'installation d'une capacité de 1,3 GW d'ici 2020. L'impact environnemental de ces techniques, et les mesures d'atténuation nécessaires, risquent de varier selon la technologie utilisée et l'emplacement choisi. La demande croissante en énergie marine renouvelable suggère que la coopération régionale et la planification spatiale marine pourraient représenter des outils importants pour gérer la concurrence pour l'espace dans les zones côtières et de pleine mer et pour minimiser leurs impacts sur le milieu marin.

La séquestration du carbone peut faciliter la transition vers une économie à plus faibles émissions de carbone

La capture, à la source, du carbone provenant de la combustion et son transport dans des réservoirs géologiques du sous-sol marin pourraient permettre d'atténuer le changement climatique au cours des siècles et donc de favoriser la transition vers une économie à plus faibles émissions de carbone. Des gisements pétrolifères et gazifères épuisés de la mer du Nord (Région II) et de la mer de Norvège (Région I) pourraient constituer des réservoirs éventuels. OSPAR et l'UE ont développé un cadre de gestion des risques qu'entraîne le stockage du carbone. Les principaux risques pour l'environnement et la santé humaine sont notamment ceux que présente la possibilité de réémission dans l'atmosphère du CO₂ stocké et, au niveau local, les rejets possibles de CO₂ et d'autres substances dans le flux de CO₂ vers le milieu marin. Trois projets fonctionnent actuellement dans la zone OSPAR; le projet *Sleipner* est le plus ancien → ENCADRÉ 3.4. Il est essentiel, pour éviter les fuites de CO₂ et pour réduire les impacts environnementaux, de sélectionner

ENCADRÉ 3.4 Capture et stockage du CO₂ dans le gisement de gaz à condensat *Sleipner Vest*

Le projet d'injection du CO₂ de *Sleipner* en mer du Nord, au large de la côte norvégienne, est le premier de ce type à l'échelle industrielle dans le monde et fonctionne depuis 1996. Environ 1 million de tonnes de CO₂ est retiré chaque année du gaz naturel produit par le gisement de gaz à condensat de *Sleipner Vest* avant son transport à terre. Dès 2008, presque 10 millions de tonnes d'excédent de CO₂ étaient injectées dans une couche géologique sableuse, appelée Formation Utsira, gisant entre 800 et 1000 m au-dessous du fond marin. Cette formation est recouverte d'une couche épaisse de schiste qui constitue une barrière efficace contre les fuites de CO₂. Il est essentiel, pour la réussite du stockage, de sélectionner un réservoir et un site d'injection adéquats. Des études sismiques et d'autres techniques de surveillance enregistrent la propagation du CO₂ et montrent que le CO₂ injecté reste en place sans fuite.

Les amendements récents à la Convention OSPAR et l'adoption d'une série de mesures OSPAR rendent possible l'élimination définitive du CO₂ dans des réservoirs du sous-sol marin éloignés de la source de sa capture, sous réserve que l'on applique les normes convenues pour l'évaluation et la gestion des risques. Le stockage du CO₂ dans la colonne d'eau et sur le fond marin est interdit car il est fort probable qu'il nuise aux organismes vivants et aux écosystèmes marins.





Érosion côtière à Happisburgh, Angleterre orientale

un bon emplacement et de concevoir un projet en se fondant sur l'évaluation et la surveillance des risques.

La fertilisation des océans par le fer qui favorise la séquestration naturelle du carbone est une autre stratégie d'atténuation qui a été proposée, mais il est peu probable que ce soit réalisable dans la zone OSPAR car la chimie de l'océan ne convient pas à cette démarche.

On commence à reconnaître l'importance des habitats côtiers, tels que les marais salants, les herbiers et les forêts de laminaires, à titre de puits naturels de carbone (Laffoley et Grimsditch, 2009). Ces habitats pourraient contribuer de manière significative à la séquestration du carbone. Leur gestion et leur conservation pourraient donc faire l'objet d'une attention renouvelée.

Il faut réagir rapidement au risque croissant d'inondations et d'érosion côtière

Quel que soit le niveau d'atténuation que l'on puisse atteindre, l'océan mettra des années à réagir et certains impacts sont inévitables même si la nature et le rythme précis du changement climatique futur sont encore incertains. Le défi est plus grand lorsqu'il s'agit de stratégies d'adaptation pour le milieu marin plutôt que continental car moins d'outils sont disponibles.

La montée du niveau de la mer et la fréquence accrue des tempêtes rendent de nombreuses parties de la ligne côtière plus vulnérables aux inondations et à l'érosion côtière, en particulier dans le sud de la mer du Nord (Région II) et le golfe de Gascogne (Région IV). Il est donc impératif d'adapter les politiques et mesures actuelles de défense côtière. On prévoit une augmentation grave des ondes de tempête en mer du Nord.

L'adaptation de la défense côtière a déjà commencé. Elle comprend des ouvrages d'ingénierie de protection durs, qui consistent à renforcer les structures existantes de défense côtière et à construire des barrières contre les ondes de tempête. Il s'agit aussi d'ouvrages

de protection doux qui utilisent des habitats naturels pour dissiper la force des vagues et des marées, tels que le réapprovisionnement des plages à grande échelle et la conversion de terres agricoles en marais salants. Il reste à quantifier, individuellement et cumulativement, les effets de ces mesures sur le milieu marin.

Que faire maintenant?

Le changement climatique et l'acidification des océans rendent plus urgents les travaux d'OSPAR

Les impacts du changement climatique commencent maintenant à être évidents. Tandis que la nature et le rythme de ces impacts présentent des incertitudes, l'augmentation de la température de la mer et l'acidification croissante représentent des menaces majeures pour les écosystèmes marins de la zone OSPAR. Même les projections se fondant sur les scénarios d'émissions les plus modérés suggèrent des impacts environnementaux, économiques et sociaux majeurs. Ceci rend plus urgents les travaux d'OSPAR visant à réduire les pressions existantes, et donc à augmenter l'aptitude des écosystèmes à faire face au changement climatique. Le réseau OSPAR de zones marines protégées (ZMP) jouera un rôle important dans le maintien et la restauration de l'aptitude des écosystèmes à résister aux impacts du changement climatique des océans et à s'en rétablir.

OSPAR devra reconnaître les possibilités d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. L'atténuation et l'adaptation, à terre et en mer, vont affecter la distribution et l'intensité des pressions anthropiques exercées sur les écosystèmes marins. OSPAR offre un cadre de gestion et de réglementation des demandes croissantes pour de nouveaux usages de la mer, tels que la production d'énergie renouvelable et la capture et le stockage du carbone. La planification spatiale marine et la gestion intégrée des zones côtières constituent des outils supplémentaires. Il faudra se pencher sur la conservation et la restauration des puits de carbone naturels côtiers.

OSPAR devra adapter ses politiques et objectifs actuels en matière de protection du milieu marin et renforcer sa coopération avec d'autres organisations internationales dans le domaine de la gestion des usages de la mer (par exemple la Commission des pêcheries de l'Atlantique du Nord-Est et l'Organisation maritime internationale), et ce pour tenir compte des pressions changeantes exercées sur le milieu marin et de sa vulnérabilité croissante.

La surveillance et l'évaluation sont prioritaires

La nature, le rythme et les impacts du changement climatique varient suivant les Régions de la zone OSPAR. L'augmentation de la température et de l'acidification sera plus importante dans les zones septentrionales (Régions I et II) que dans les zones méridionales (Régions IV et V). Les menaces sur la biodiversité arctique sont particulièrement imminentes, le retrait de la banquise affectant profondément la vie marine tributaire de la glace, et les taux d'acidification projetés suggérant des impacts préjudiciables sur les écosystèmes au cours de la prochaine décennie. Les différences entre les Régions impliquent qu'il est nécessaire de mieux comprendre les impacts potentiels du changement

climatique, aussi bien au niveau régional que local, ainsi que le risque de parvenir aux points d'inflexion. Il s'agit de points où s'opère un changement qui n'est plus linéaire et réversible mais radical, important et potentiellement irréversible sur des périodes pertinentes au bien-être des générations contemporaines. Il est essentiel d'établir de meilleurs liens entre la science et le développement de politiques locales sur l'évaluation des risques. OSPAR devra prendre les mesures suivantes:

- Améliorer ses connaissances sur la vulnérabilité des espèces, habitats et processus écologiques et leur interaction avec les pressions des activités humaines.
- S'efforcer, en partenariat avec d'autres organisations (par exemple le Conseil international pour l'exploration de la mer et la Commission océanographique intergouvernementale), de mettre en place des systèmes d'évaluation du changement climatique. Il faudrait y inclure des scénarios des impacts potentiels et de méthodes et indicateurs permettant de surveiller et d'évaluer les avancées des impacts du changement climatique, en particulier à l'échelle régionale.
- Donner la priorité à la surveillance et l'évaluation de l'acidification des océans et de ses effets sur les écosystèmes marins.

Modifications sélectionnées liées au climat dans les Régions OSPAR

→ LÉGENDE: EN FIN D'OUVRAGE

Régions OSPAR	Modifications physiques et biologiques observées	Modifications clés observées	Perspective pour les modifications clés
Région I	Modifications importantes ***	Perte de la banquise Augmentation de la température de la mer Acidification	↑
		Déplacement des espèces halieutiques Modifications du plancton/de la chaîne alimentaire	?
Région II	Modifications importantes ***	Augmentation de la température de la mer Acidification	↑
		Déplacement des espèces halieutiques Modifications du plancton/de la chaîne alimentaire	?
Région III	Modifications ***	Augmentation de la température de la mer Acidification	↑
		Déplacement des espèces halieutiques Modifications du plancton/de la chaîne alimentaire	?
Région IV	Modifications ***	Augmentation de la température de la mer Acidification	↑
		Déplacement des espèces halieutiques Modifications du plancton/de la chaîne alimentaire	?
Région V	Modifications ***	Augmentation de la température de la mer Acidification	↑
		Aucune information sur la distribution et l'abondance des espèces	?