

An underwater photograph of a vibrant coral reef. The scene is dominated by various types of coral, including branching and fan-like structures, growing on a rocky substrate. The water is clear and blue, with sunlight filtering through from above, creating a bright and lively atmosphere. A single striped fish is visible swimming in the middle ground.

BIODIVERSITÉ ET CHANGEMENT CLIMATIQUE



UN PEU D'HISTORIE

Si l'océan couvre environ 71% de la surface du globe, il représente aussi 1.370 km³ d'une biodiversité foisonnante et en constante évolution: la vie est apparue dans un océan dont la composition biochimique était bien différente d'aujourd'hui.

Si les premières traces connues de carbone d'origine biologique datent de 3,85 milliards d'années, il faut attendre encore longtemps pour voir se développer les premiers micro-organismes. Ces cyanobactéries sont à la base, il y a 3,4 à 3,2 milliards d'années, de la conquête de la vie, qui commence par l'océan. La photosynthèse, production d'oxygène à partir de la lumière et du CO₂ qui joue un rôle clé dans le maintien de la vie sur Terre, serait quant à elle apparue il y a 3,5 milliards d'années, à une époque où il n'y avait pas d'oxygène dans l'atmosphère.

S'en sont ensuite suivies plusieurs évolutions magistrales, à commencer par l'apparition des membranes nucléaires et du noyau (la base des cellules) il y a environ 2,2 milliards d'années, puis les mitochondries et le plaste avec leur propre ADN (2,1 et 1,4 milliards d'années) ou encore l'apparition des organismes pluricellulaires (2,1 milliards d'années). Tout aussi cruciale, l'apparition de la sexualité permettra un brassage génétique favorable à la diversité et à l'adaptation.

Ces évolutions ont ensuite vu une différenciation entre les organismes présentant une pression osmotique (pression due à la concentration saline de l'eau) similaire ou différente à l'eau de mer. Cette différenciation a conduit notamment à une redistribution et à une diversification des espèces, guidées par la recherche de conditions favorables, notamment pour capter de l'oxygène. Bien plus tard, ce phénomène aboutira à la thermorégulation qui verra son apogée avec la conquête de territoires terrestres.

SPÉCIFICITÉS DE LA BIODIVERSITÉ MARINE

L'environnement marin a donc joué un rôle déterminant dans l'histoire de la vie ; d'ailleurs, l'océan actuel garde son rôle primordial dans l'évolution de la vie et du climat. Toutefois nos connaissances, surtout pour les zones profondes et pour les micro-organismes, bactéries et protistes divers, ne sont encore que très partielles. Il est admis par les scientifiques que nous sous-estimons largement le nombre d'espèces marines. De plus, si l'océan, moins différencié que le relief continental, semble moins favorable à la différenciation des espèces, les biomasses marines peuvent être considérables : le seul renouvellement du phytoplancton peut dépasser les 50 % de la productivité de la planète.

Si le « continuum » qu'est l'océan permet une grande stabilité, les littoraux et systèmes côtiers, interfaces avec des écosystèmes terrestres très divers, sont propices à une plus grande diversité. Depuis que les humains se sont « installés » sur les littoraux, ils ont d'ailleurs non seulement collecté leurs ressources mais aussi domestiqué certaines espèces (ce qui est attesté depuis 4000 ans en Chine et en Egypte notamment). Cependant, l'océan n'est pas qu'un réservoir alimentaire : il compte ainsi quelque 25 000 molécules d'intérêt pharmaceutique ou cosmétique avéré, mais aussi des sources d'innovations biomédicales ou agromomiques. Par exemple, certaines molécules utilisées dans la lutte contre le cancer ont été découvertes grâce à des oursins et des étoiles de mer. De même, une limace de mer a permis aux scientifiques d'explorer les bases moléculaires de la mémoire, tandis que le calmar offre un terrain privilégié pour l'analyse des transmissions nerveuses.

La relation entre océan et atmosphère assure une

BIODIVERSITÉ ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

grande partie de la machine climatique. Via son rôle de régulateur et d'échangeur de chaleur, via la circulation océanique ou encore via le transport de sédiments, les conditions de salinité ou les échanges gazeux (oxygène et CO₂), l'océan régule un cadre de vie diversifié qui est l'une des grandes conditions de la biodiversité. Or le changement climatique bouscule ces équilibres.

Réchauffement de l'eau, modification des teneurs en oxygène et CO₂, acidification, modification de la salinité... Autant de facteurs directs ou indirects qui participent à la modification des conditions gouvernant l'écosystème de l'océan, et donc des conditions de vie des espèces qu'il abrite. Ils conditionnent le développement des espèces (respiration, métabolisme, alimentation, reproduction...), mais aussi les relations de ces espèces entre elles (rapport proie-prédateur, parasitisme, symbiose...). A l'extrémité de la chaîne alimentaire, ces mécanismes ont également des conséquences sur l'Homme via la pêche, toujours essentielle pour nos sociétés : ils déplacent et modifient les zones piscicoles et redistribuent les cartes économiques.

L'on peut ainsi s'attendre à une baisse de production primaire dans les eaux tropicales et intertropicales et à une augmentation de cette production

dans les plus hautes latitudes et vers les pôles. De même, des changements au niveau de l'écosystème de haute mer devraient se produire, résultats d'un apport de sels nutritifs moins important dans les eaux de surface. Ces changements seront dommageables à l'ensemble de la chaîne alimentaire, depuis le phytoplancton jusqu'aux grands prédateurs.

Une étude récente (Poloczanska, 2013) a démontré la fiabilité de ces modélisations. L'on s'attend donc à un déplacement des calendriers propres aux espèces, de l'abondance planctonique (à la base de la chaîne alimentaire marine) à la migration et à la reproduction des espèces invertébrées, piscicoles et aviaires. A titre d'illustration, certaines espèces ont déjà modifié leurs zones d'habitats, allant jusqu'à se déplacer d'un millier de kilomètres. D'autres ont modifié leur présence dans la colonne d'eau. Même si l'océan constitue un continuum (il ne comporte pas de montagnes infranchissables et ses précipices se franchissent sans ponts !), ce qui rend la migration plus rapide qu'à terre, il s'agit donc d'un signal très fort qui est clairement attribué par la communauté scientifique au changement climatique (Pinsky et al., 2013).

Près de 226 000 espèces marines sont aujourd'hui connues, ce qui représente une petite partie du nombre total d'espèces que les experts évaluent entre 700 000 et un million. C'est ce qui ressort d'une étude publiée le 15 novembre 2012 dans la revue en ligne *Current Biology* coordonnée par Ward Appeltans, de la Commission Océanographique Intergouvernementale de l'UNESCO. Cette étude s'appuie sur les résultats tirés du Registre mondial des espèces marines (WoRMS).

BIODIVERSITÉ EXPLOITÉE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'exploitation de la biodiversité marine fournit des ressources indispensables à l'Homme. Avec plus de la moitié des poissons et crustacés présents sur les marchés, l'aquaculture, par exemple, constitue un enjeu de premier ordre en termes d'équilibre alimentaire et économique. Si les conséquences du changement climatique dans ce domaine sont encore incertaines, il demeure évident que les modifications des conditions environnementales entraîneront une modification des potentiels d'exploitation.

Aquaculture

Allison *et al.* (2011) détaille, parmi les conséquences du changement climatique sur les océans et les zones côtières, celles qui sont susceptibles de toucher l'aquaculture :

- Variation de température
- Variation de la salinité, de la densité et de la stratification des océans
- Variation des circulations océaniques et des remontées côtières (upwelling)
- Élévation du niveau de la mer
- Échanges Terre-Océan
- Changements dans les variabilités classiques du climat (ENSO)
- Augmentation de la fréquence et de la gravité des événements climatiques extrêmes
- Acidification des océans et plus généralement changement de leurs propriétés chimiques
- Menaces sur les processus physiologiques de ponte et de recrutement
- Modification de la production primaire marine (des ressources halieutiques)
- Changements dans la distribution des espèces sauvages
- Changements dans le nombre des populations d'espèces sauvages
- Changements phénoménologiques (déroulement temporel des étapes de la vie des espèces sauvages)
- Invasions d'espèces et maladies
- Changements de régime météorologique et événements extrêmes



La production aquacole sera donc touchée par l'évolution de l'océan (salinité, température notamment). Ces changements pourront rendre plus ou moins rentable qu'à l'heure actuelle de produire telles ou telles espèces dans tels ou tels lieux du fait de l'adaptation ou non de l'espèce aux écosystèmes ainsi modifiés, de la qualité nutritive de ces derniers ou encore de raisons purement économiques (nourriture pour les animaux, écoulements de la production / qualité et volume produits...).

En effet, 70% de la production aquacole mondiale dépend de l'apport d'aliments externes. Ainsi, l'approvisionnement via les filières de l'agriculture et de la pêche minière, elles-mêmes touchées par le changement climatique, impactera sur l'aquaculture. En outre, il y a de fortes interactions entre les effets de la pêche et les effets du climat. De ce fait, la fréquence et l'intensité des événements climatiques extrêmes aura probablement un impact majeur sur la production de la pêche et donc indirectement sur l'aquaculture.

Les enjeux des pêches marines

Le changement climatique influence les conditions environnementales et donc les conditions de vie des espèces. De fait, celles-ci s'adapteront ou s'adaptent déjà en modifiant leurs zones de vie et de reproduction. Bien entendu, ces migrations entraîneront des conflits entre espèces et des déplacements de parasites, qui peuvent être source de bouleversements majeurs pour les populations.

Si l'on ajoute à ces données le fait que la pêche soit de plus en plus massive et industrielle et que la pollution de l'océan ne joue pas en la faveur du maintien de la biomasse, il est clair que les risques pour la pêche doivent être appréhendés avec attention. Le poisson étant la principale source de protéines pour un milliard d'êtres humains, les perturbations de la répartition géographique des poissons et des écosystèmes dans leur ensemble ont donc de fortes chances de mettre en danger la sécurité alimentaire dans de nombreux pays.

Les effets du changement climatique sur la biodiversité marine

Outre une hausse de la température de l'océan, le changement climatique entraîne une modification de sa teneur en oxygène et en CO₂, une acidification de l'eau ou encore une modification des régimes météorologiques. Ces éléments conditionnent le développement des espèces (respiration, métabolisme, alimentation, reproduction, habitats...) et les relations entre elles (rapport proie-prédateur, parasitisme, symbiose...). Ils ont donc aussi un impact sur la pêche, déplaçant et modifiant les zones piscicoles, ce qui redistribuerait les cartes économiques au niveau local et global.

Une étude récente a démontré la fiabilité de telles modélisations (Poloczanska, 2013). L'on s'attend à un déplacement des calendriers métaboliques et migratoires propres aux espèces, de l'abondance du plancton (base de la chaîne alimentaire marine) à la migration et à la reproduction des espèces invertébrées, piscicoles et aviaires. D'ailleurs, certaines espèces ont déjà déplacé leurs zones d'habitat, parfois d'un milliers de kilomètres ; d'autres ont modifié leur présence dans la colonne d'eau. Bien que l'océan constitue un continuum (il comporte peu d'obstacles infranchissables) où les migrations sont plus rapides qu'à terre, il s'agit donc d'un signal très fort que les scientifiques attribuent clairement au changement climatique (Pinsky *et al.*, 2013).

L'impact sur les pêcheries et la sécurité alimentaire mondiale

Globalement, les poissons et invertébrés marins réagissent au réchauffement des océans en migrant vers les hautes latitudes et les eaux plus profondes (Cheung *et al.* 2009). Il s'ensuit donc naturellement une redistribution des zones de pêche, dont l'activité augmente en moyenne de 30 à 70 % dans les régions de haute latitude et peut baisser de 40 % dans les régions tropicales (Cury, 2014). Cette redistribution se fera au détriment des régions tropicales qui sont donc durablement vulnérables sur ce plan.

L'acidification de l'eau suite à une absorption accrue de CO₂ ou la modification de sa teneur en oxygène mettent également en danger la production et l'environnement marin avec, par exemple, une baisse prévue des captures de l'ordre de 20 à 30% à l'horizon 2050. Il faut encore ajouter à cela l'impact d'une chute, encore mal prévisible mais certaine, de la population planctonique...

