

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LES OCÉANS



Réservoir de chaleur, fournisseur en oxygène, pompe à carbone, l'océan est aussi le lieu d'une circulation continue de courants et de divers phénomènes difficiles à appréhender – fluctuation du niveau des eaux, érosion côtière, équilibre de la biodiversité etc. L'océan est un système des plus complexes, influencé par le climat et qui l'influence en retour : si le climat se modifie, ce système se modifie également. Le changement climatique étant à l'œuvre, l'océan va s'adapter. Il le fait et le fera à son échelle, c'est-à-dire en faisant fi des frontières et sur une période très longue.

Les océans font partis du système climatique. Il est ainsi évident que tout changement climatique atteindra la mer, qui proposera des réponses entraînant à leur tour des impacts, etc. Il s'agit là du fonctionnement de tous les systèmes ! La machine terrestre cherche un équilibre au travers d'un fonctionnement complexe. Pour compliquer encore la chose, le même changement n'aura pas toujours les mêmes conséquences puisque ces conséquences dépendent de l'état du système qui est lui-même en évolution constante!

L'INTERDÉPENDANCE DES PHÉNOMÈNES

Les risques pour le littoral sont d'autant plus difficiles à prévoir que les phénomènes qui l'affectent sont interdépendants et que leurs effets se combinent : une élévation du niveau marin peut, par exemple, se conjuguer avec des tempêtes et de fortes marées. Ce sont ces combinaisons de phénomènes qui vont configurer les menaces de submersion, d'érosion et de salinisation des sols et des aquifères qui constituent les trois principales conséquences de l'élévation du niveau de la mer. La conjugaison de ces menaces induira des impacts sur les milieux marins et littoraux, sur les ressources (eau, espace, biodiversité...), et enfin sur les activités humaines qui en dépendent. Il existe donc une chaîne d'impacts très active qui explique pourquoi les grandes tendances climatiques (température, précipitation, niveau de la mer) menacent la vie des hommes sur les littoraux du monde et, en ce qui nous concerne ici, de France métropolitaine.



RÉSERVOIR DE CHALEUR



Globalement, l'océan évacue la chaleur des régions équatoriales vers les pôles et ramène le froid des pôles vers l'équateur. Ce rôle régulateur de l'océan à l'échelle de la planète est menacé, depuis de nombreuses décennies, par la pression anthropique, principalement les émissions de CO₂. L'enjeu concernant le rôle de réservoir de chaleur que constituent les océans est aussi méconnu que sous-estimé : des chercheurs¹ ont en effet montré que l'océan s'est considérablement réchauffé depuis 2004. Quand on sait que l'océan absorbe la quasi-totalité du rayonnement solaire qu'il reçoit, on imagine donc que, sans cette augmentation de l'accumulation de chaleur par les océans, cette chaleur serait ailleurs... Et notamment dans l'atmosphère !

Le dérèglement du rôle régulateur de l'océan fait ainsi peser un lourd poids sur la planète, par exemple en accumulant une chaleur qui est ensuite soumise à la circulation océanique. Ainsi, dans l'océan Atlantique Nord par exemple, l'océan transporte d'avantage de chaleur vers le Nord, participant ainsi à accroître la fonte des glaces polaires et groenlandaises.

Bien entendu, la modification du profil thermique de l'océan aura aussi des conséquences sur la circulation océanique puisque celle-ci est conditionnée par les niveaux de salinité et de température des eaux. De ce fait, le transport de chaleur dans les océans en sera à son tour affecté. On entrevoit clairement ici une partie des incertitudes que fait peser le changement climatique sur les océans et sur le climat, tant au niveau global que local.



CIRCULATION Océanique

Le réchauffement de l'océan, outre une menace pour les échanges de chaleur avec l'atmosphère, signifie un brouillage des cartes de la circulation océanique. En effet, le moteur de la circulation thermohaline repose sur la salinité des eaux et sur leur température. En modifiant la température, c'est donc la circulation océanique qui pourrait être mise en péril.

De même, pour ce qui concerne la salinité, avec le réchauffement climatique, il est possible que les glaciers du pôle Nord fondent si rapidement qu'ils déversent de grandes quantités d'eau douce dans l'océan, ralentissant ainsi la circulation thermohaline. Si cela n'est pas absolument certain à l'heure actuelle, le risque n'est pas une simple vue de l'esprit.

La plupart des modèles climatiques suggèrent que la circulation océanique va se ralentir, mais personne ne sait exactement à quel rythme ni jusqu'à quel point. A titre d'exemple, le ralentissement de la circulation dans l'Atlantique Nord affectera le climat en Europe, induisant un ralentissement de la hausse des températures moyennes à mesure que la circulation se ralentira.



Circulation océanique globale sur terre. On observe bien que la circulation globale redistribue la chaleur vers les pôles

FOURNITURE D'OXYGÈNE

La circulation océanique participe à la ventilation des eaux. Ainsi la plongée des eaux froides permet-elle d'assurer les échanges gazeux au sein de l'océan. Dans ce cadre, un affaiblissement voire un arrêt total de cette plongée engendrerait une diminution voire un blocage de la ventilation des couches océaniques profondes. En cas d'interruption de ce mécanisme, la plupart des organismes décomposeurs vivant dans ces zones, tels que les bactéries, ne seraient plus alimentés en oxygène dissous et ne seraient donc plus capables de survivre. S'ensuivrait donc une remise en cause profonde de la chaîne trophique océanique, avec l'ensemble des conséquences imaginables sur la biosphère, mais également un bouleversement des équilibres gazeux entre océan et atmosphère, notamment quant à la production d'oxygène.

Là encore, tout comme pour les impacts du climat sur le rôle régulateur des océans, la complexité des relations entre biosphère, température, ventilation de l'océan ou encore concentration en CO_2 est telle qu'il est impossible d'afficher de certitudes quant aux scénarios, en dehors de l'évidence du risque encouru.

POMPE À CARBONE

Les différentes projections réalisées avec des modèles numériques couplant système climatique et cycle du carbone mettent en évidence un amoindrissement du puits océanique sous l'effet du réchauffement climatique. Bien entendu, du fait de la complexité du système et de l'état de la science en la matière, il demeure des incertitudes. Cependant, le faisceau de soupçons plaide largement en faveur d'une altération du rôle de pompe à carbone de l'océan.

Du fait des relations permanentes entre océans, continents et atmosphère, cette altération aura donc des conséquences. On peut par exemple s'attendre à une élévation du CO_2 dans l'atmosphère par la baisse de l'absorption océanique. S'il y a modification du rôle de pompe à CO_2 , les effets s'en feront ressentir sur les équilibres chimiques de l'océan, mais aussi de l'atmosphère. De même, le stockage croissant de CO_2 induit une acidification de l'eau qui menace la biosphère marine et, avec elle, les échanges gazeux océan-atmosphère puisqu'une grande partie de l'absorption de CO_2 par la mer provient de la photosynthèse opérée par des espèces menacées par cette acidification.



BIODIVERSITÉ

L'accroissement de la température des eaux, notamment en surface, implique immédiatement une modification de l'équilibre de ces eaux en termes de densité et de température. De ce fait, les différences entre les eaux de surface et les eaux profondes (qui ne se réchauffent pas aussi rapidement) vont s'accroître, ce qui entraînera une plus forte stratification des eaux océaniques. Conséquence imparable, les apports de nutriments venant des profondeurs seront amoindris, entraînant ainsi une plus forte compétition pour ces nutriments et donc une diminution de la production primaire de l'océan. Ce scénario reste, par nature, soumis à des incertitudes, mais demeure le plus plausible.

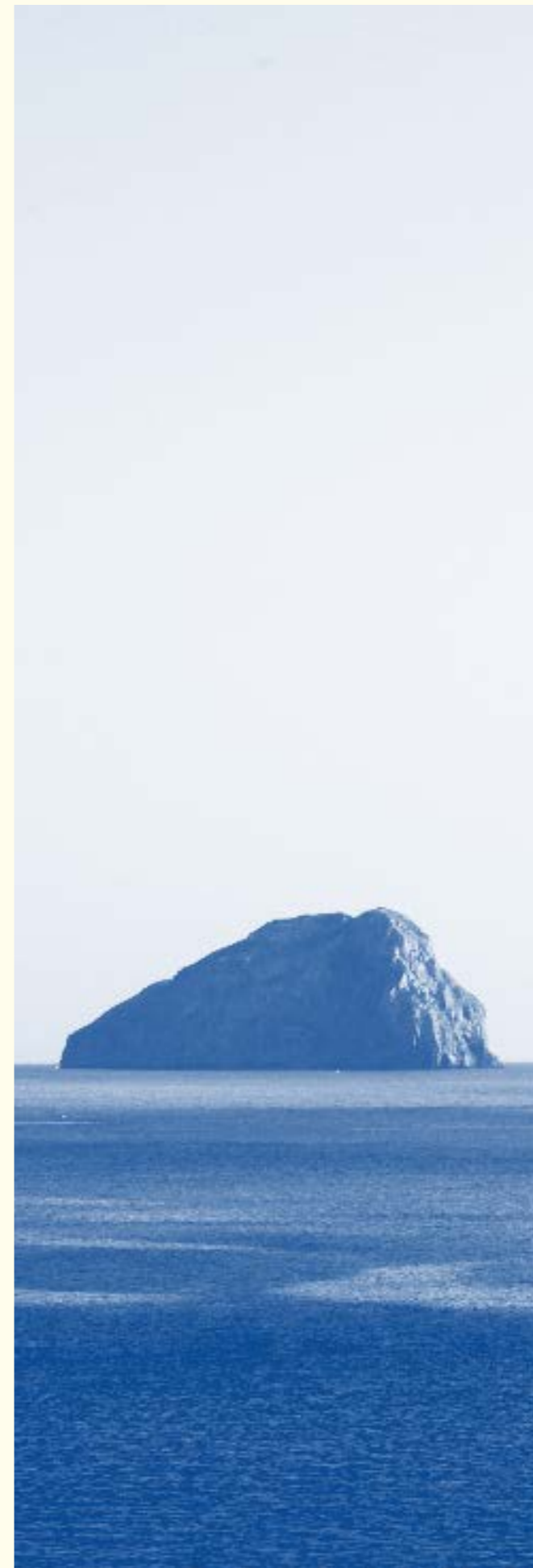
« L'acidification des océans pourrait avoir des impacts dévastateurs sur les coraux mais également sur les animaux à exosquelettes »

De même, la baisse de concentration en oxygène des eaux liée à leur réchauffement conduit à des migrations d'espèces. Ces déplacements conduiront à une modification de la chaîne trophique, depuis les phytoplanctons et zooplanctons jusqu'aux grands prédateurs – animaux marins ou pêcheurs ! Les impacts sociaux, environnementaux et économiques du réchauffement pourraient ainsi conduire à des dé-

séquilibres importants, depuis les blooms algaux jusqu'à l'assèchement de zones de pêche.

A titre illustratif, William Cheung, professeur à l'Université d'East Anglia, a étudié les impacts du réchauffement climatique sur 1000 espèces de poissons. Fort de ses travaux, il prévoit un déplacement de 40km par décennie pour certaines espèces, induisant une diminution de certaines espèces tropicales allant jusqu'à 50% des individus, voire à l'extinction. Bien évidemment, l'aquaculture ne sera pas épargnée puisque, les conditions changeant, il faudra affronter la baisse de productivité des fermes ou élever des espèces différentes.

Dans le même ordre d'idée, notons que l'acidification des océans pourrait avoir des impacts dévastateurs sur les coraux mais également sur les animaux à exosquelette (coquilles calcaires). Fragilisés, ils cesseront, pour les uns, d'être de véritables sanctuaires pour la faune et la flore sous-marine et, pour les autres, d'être un maillon fondamental de la chaîne trophique. Dernier exemple, les migrations d'espèces s'accompagnent souvent de la migration de leurs parasites. Sachant que ces parasites sont, eux aussi, des proies pour d'autres espèces, les migrations pourraient les amener dans des zones présentant moins de prédateurs et donc permettre leur prolifération.



NIVEAU DES OCÉANS

Les émissions de GES dans l'atmosphère accroissent l'effet de serre et retiennent donc d'avantage de chaleur dans l'atmosphère qu'avant la révolution industrielle. L'océan capte donc plus d'énergie et se réchauffe. Malgré les incertitudes il demeure certain qu'en se réchauffant, il se dilate. Concomitamment, le réchauffement climatique atteint glaciers et banquises, amenant ainsi des volumes plus ou moins considérables d'eau dans les océans, ce qui favorise aussi une hausse du niveau global de l'océan. Ainsi, parmi les scénarios actuels, les scientifiques estiment que les eaux pourraient monter de plusieurs dizaines de centimètres au cours du XXIème siècle.

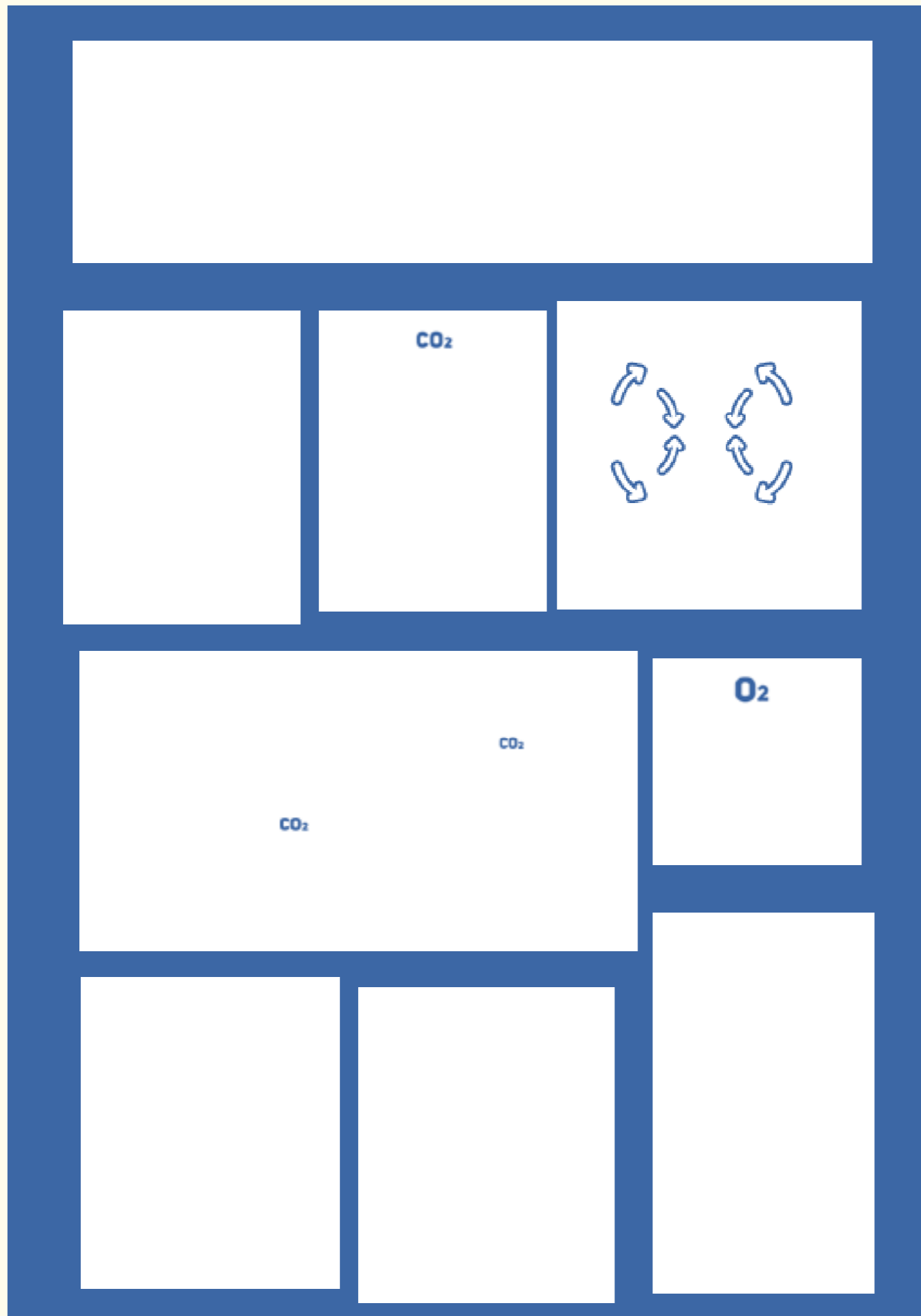
N'oublions pas que cette hausse globale sera diversement vécue : le long d'une digue ou sur une plage en pente, elle aura des effets bien différents. Si la digue empêche l'eau de progresser, la plage, elle, reculera jusqu'à disparaître – ces phénomènes induisant au passage une modification du transport de sable par l'océan, des problématiques d'aménagement liées à l'érosion, un bouleversement des pratiques et usages littoraux etc.

ÉROSION CÔTIÈRE

L'érosion côtière est un processus naturel conditionné par la morphologie du littoral, les courants, les conditions météorologiques et les apports en sédiments. Les infrastructures humaines sont également importantes : en opposant une résistance aux éléments naturels, elles déplacent l'énergie que devrait recevoir le littoral et peuvent ainsi contribuer à un déplacement de l'érosion.

Le changement climatique pourra influencer l'intensité et la fréquence des événements météorologiques qui, bien entendu, au travers des tempêtes, ouragans ou cyclones, provoquent des dégâts – notamment sur le littoral où ils peuvent être facteurs d'érosion. De même, la courantologie est concernée par le changement climatique, ce qui aura des implications pour l'érosion puisque l'orientation et la force des courants la déterminent. Enfin, principal facteur, la montée du niveau des eaux déplacera le trait de côte et donc le lieu où se situe l'érosion.

Cette liste n'est pas exhaustive mais elle illustre tout à fait le lien de l'érosion avec le changement climatique. Elle est et demeure un phénomène naturel et ce changement climatique ne fera que modifier certaines des données qui lui donnent ses caractéristiques (courants etc) : il n'aura qu'un impact indirect sur elle. A l'inverse, les infrastructures humaines qui seront déployées, notamment face à la montée des eaux, pourraient bien avoir un impact direct sur elle. Il s'agit donc d'attirer l'attention de tous sur notre connaissance des littoraux, de leurs dynamiques et des risques que peuvent représenter, paradoxalement, les ouvrages qui les protègent.



CO₂

En 2009, Samar Khatiwala, un océanographe de la Columbia University, a publié des résultats préoccupants dans la revue Nature. Selon lui, les teneurs en dioxyde de carbone dans les océans sont telles que le pourcentage des émissions totales que l'océan peut absorber a diminué. Cela signifie qu'il absorbe moins de CO₂ et que celui-ci reste dans l'atmosphère. Voilà un cas concret de rétroaction positive : l'océan ne peut pas indéfiniment absorber les surplus de CO₂.

Autre conséquence de ce trop-plein, l'augmentation du taux d'acide carbonique dans les eaux entraîne ce que l'on appelle l'acidification des océans : leur pH (indicateur de l'acidité) diminue légèrement. Ce qui n'est pas sans conséquences : même très faible, l'acidification fragilise les coquilles des animaux à exosquelettes ou encore les coraux, pour qui elle peut être mortelle. Ainsi, ce sont donc la chaîne trophique et des zones entières de l'écosystème marin qui sont impactés, induisant des migrations d'espèces, des colonisations par d'autres espèces, des modifications du potentiel de pêche etc. Toute

LES GRANDS FONDS Océaniques

Peu connues, ces zones situées au-delà de 200m sont souvent vues considérées comme stables de par leur aspect mystérieux. Erreur ! Il s'agit en réalité de niches écologiques hétérogènes, foisonnantes de vie et très sensibles aux changements. Les plaines abyssales elles-mêmes, pourtant particulièrement éloignées de la surface, sont déjà touchées par la modification du climat et ses impacts sur la production de phytoplancton. En ajoutant à cela les modifications de la salinité, des conditions physico-chimiques ou encore celles de la circulation océanique, on peut légitimement s'attendre à des bouleversements sur des zones encore largement méconnues mais pourtant indispensables à la chaîne trophique et à l'équilibre de l'écosystème océan.

ECONOMIE

Sans dresser l'inventaire exhaustif des impacts économiques, on peut donner quelques exemples :

- Transport maritime : de nouvelles voies maritimes vont s'ouvrir (l'océan arctique devient une réalité pour le transport maritime) ; des infrastructures portuaires pourraient se développer ; les politiques d'atténuation et la raréfaction des combustibles fossiles devraient impacter le secteur.
- Pêche et aquaculture : redistribution des zones d'habitat des poissons ; modification de la production de phytoplancton ; disparition de niches écologiques (coraux, herbiers,...) ; migration d'espèces et d'invasifs...
- Tourisme : la montée des eaux rendra des zones littorales impraticables, de même que les nécessaires stratégies d'adaptation avec le déploiement d'infrastructure et la mise en place de stratégies locales (repli ou zone tampon).
- Loisirs nautiques : montée des eaux, modification du trait de côte, modification de la courantologie, modification des régimes météorologiques seront autant de facteurs impactant la localisation et la possibilité d'activités touristiques.
- Fonciers : tout comme pour les activités de loisirs, en ajoutant la croissance prévue de la population littorale, le foncier littoral va être soumis à une pression croissante (créant d'ailleurs également des exigences quant à l'assainissement et au traitement des déchets)
- Aménagement : tout comme le foncier, il s'agira d'un enjeu majeur en termes de logement, mais également d'infrastructures de défense face à la montée des eaux ou encore de déploiement des solutions d'aménagement du type énergies marines renouvelables.
- Et caetera...



ET L'HUMAIN LÀ-DEDANS ?



Même s'il existe aujourd'hui encore beaucoup d'incertitudes sur le rythme de modification futur des climats – et surtout sur les manifestations locales des phénomènes climatiques à venir – les connaissances ont cependant suffisamment progressées pour que l'on puisse sans attendre commencer à intégrer la variable climatique dans la prospective territoriale

usqu'à l'accord de Paris en décembre 2015, à l'occasion de la COP21, les négociations internationales autour du climat et les rapports du GIEC ne faisaient pas apparaître l'Océan comme un élément majeur ni comme un enjeu, au cœur des défis et des solutions négociées. L'océan représente cependant une formidable opportunité pour aider à relever les défis de l'atténuation et de l'adaptation aux changements climatiques. Les connaissances scientifiques actuelles sur son rôle dans la machine climatique et sur ses contributions positives potentielles ne laissent plus place au doute, et sont de fait autant d'arguments robustes pour nourrir les négociations sur le climat.

L'Homme est triplement concerné par le changement climatique. Responsable, de par l'avènement de l'ère industrielle, d'une partie majoritaire (sinon de la totalité) des surplus de CO₂ rejetés dans l'atmosphère, il sera victime du changement climatique s'il ne devient pas une partie de la solution. S'il est trop tard pour changer ce qui a déjà eu lieu, on peut en revanche éviter ce qui pourrait être problématique, à savoir une croissance des émissions de CO₂ dans les prochaines années et décennies. Pour cela, l'humanité fait face à un enjeu de taille puisque la richesse, à l'échelle de la planète, n'a jamais été aussi forte que depuis que la révolution industrielle a été lancée – grâce aux énergies fossiles : c'est ce qu'on appelle une économie carbonée. De fait, il nous revient de changer de paradigme sociétal, de décarboner l'énergie en commençant par affronter la réalité du changement climatique et ses causes.

Ce défi est immense pour au moins trois raisons :

- Le climat se modifie à l'échelle planétaire et les réponses apportées doivent donc agir, elles aussi, à l'échelle planétaire ;
- La relation entre PIB et CO₂ est si forte qu'il s'agit non seulement de trouver les alternatives pour les séparer, mais, dans le même temps, d'accepter que nos sociétés s'y adaptent ;
- Nous devons donc envisager de nouveaux modes de vie et de fonctionnement, plus sobres en énergie et intégrant une relation différente à la production et à la distribution d'énergie (petites productions déconcentrées, énergies renouvelables, mutualisation,...)

Dans le même temps, il convient de donner à nos sociétés les moyens de s'adapter aux conséquences déjà présentes du changement et à celles qui ne manqueront pas de venir : montée des eaux, protection ou submersion des sols, modifications de l'écosystème marin et migrations d'espèces avec leurs conséquences pour la pêche et l'aquaculture, recul du trait de côte et des activités côtières, réduction des émissions de CO₂ et des enjeux de production-distribution-consommation d'énergie ou encore raréfaction et abandon des énergies fossiles : les enjeux sont énormes et profonds pour nos sociétés.

Ces deux défis – affronter la réalité du changement climatique et adapter nos sociétés à ses conséquences – constituent deux enjeux indissociables et structurants. Ils cadrent des objectifs sociétaux qui doivent être conjugués et nous permettre, collectivement, d'assurer une mutation vers d'autres modèles. Ce ne sont donc pas uniquement les enjeux techniques et de consommation qui sont en question mais également des questions politiques, stratégiques, sociétales et philosophiques. L'ensemble de ces enjeux sociaux, économiques et environnementaux nous oblige donc à ne plus perdre de temps et à adapter nos sociétés, ce qui passe notamment par l'amélioration des connaissances et leur diffusion, ainsi que par des négociations internationales de qualité intégrant l'ensemble des paramètres en jeu.