

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)
Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)
Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga
Co-Auteurs : Professeur Titulaire RASOANARIVO Rivocharinala (2)
Enseignant Chercheur à La FSTE UMG Mahajanga
Professeur Titulaire RANARIJAONA Hery Lisy Tiana (3)
Enseignante Chercheur à la FSTE UMG Mahajanga
Monsieur ANDRIANJAFIMANANA Fenosoa Eric (4)
Doctorant à l'EDGVM UMG Mahajanga
Docteur RAVELOJAONA Dorient (5)
Enseignant Chercheur à l'Université de Toamasina

INTRODUCTION

La circulation océanique joue un rôle clé dans la régulation du climat, en assurant le stockage et le transport de chaleur, de carbone, de nutriments et d'eau douce à travers le monde. Des mécanismes complexes et variés expliquent cette circulation et définissent ses propriétés à court et long terme.

La circulation océanique peut être conceptuellement divisée en deux composantes : une circulation rapide de surface, engendrée par les vents, et une circulation large et plus lente, gouvernée en majeure partie par la densité de l'eau.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. MATÉRIELS

1.1.1. Vents et courants marins

En soufflant au-dessus de l'océan, les vents exercent une force de friction à sa surface, forçant ainsi l'apparition de courants marins superficiels. Sous l'effet de la rotation de la Terre, ces courants se dirigent perpendiculairement à la direction du vent, vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud. Lorsque de tels courants se rencontrent, des zones de convergence ou de divergence d'eaux apparaissent, engendrant des phénomènes d'upwelling (les eaux profondes remontent à la surface) ou de downwelling (les eaux de surface s'enfoncent dans les profondeurs). Cette circulation engendrée par les vents est de

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)
Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

loin la plus dynamique et la plus énergétique. C'est aussi celle qui contrôle la majeure partie des phénomènes de petite échelle.

1.1.2. Température et salinité d'eau de mer

Les variations dans la densité de l'eau contrôlent la circulation océanique à des échelles de temps et d'espace bien plus grandes. Cette dernière est donc gouvernée principalement par la température et la salinité de l'eau, mais pas uniquement: le mélange turbulent y exerce aussi un rôle majeur. Elle agit sur l'ensemble de l'océan et a donc une influence considérable sur les zones abyssales où la circulation engendrée par le vent n'a pas accès. Cependant, cette circulation est lente et génère des courants faibles, ce qui la rend bien plus difficile à observer. On estime par exemple qu'il faut 1000 ans à une particule d'eau pour clôturer la circulation globale de retournement.

1.2.MÉTHODES

1.2.1. Eaux de surface (phénomène d'upwelling)

Une telle circulation est donc relativement stable sur de longues périodes de temps. En certains points très précis, essentiellement dans l'Atlantique nord et l'Antarctique, l'eau de surface se densifie et plonge vers les fonds marins. Sa densification est en lien avec un refroidissement des eaux de surface et une augmentation de sa salinité par la formation de glace qui soustrait de l'eau douce. Les eaux se déplacent alors en surface pour compenser celles qui ont plongé. La manière dont ces eaux remontent des profondeurs vers la surface (les phénomènes d'upwelling) est encore peu comprise. En plus de l'importance des zones de divergence créées par les vents dans ces remontées d'eaux, la présence de turbulence au niveau de sols marins ayant une forte topographie peut également engendrer des phénomènes de convection qui ramènent les flux vers la surface.

1.2.2. Flux global d'eau douce (phénomène downwelling)

Comme nous l'avons vu, la circulation océanique lente est très sensible au flux global d'eau douce, défini comme la différence entre [évaporation + formation de glace de mer] qui augmente la salinité et [précipitation + écoulement + fonte des glaces] qui réduit la salinité. Le réchauffement climatique va indéniablement conduire à un apport supplémentaire d'eau douce dans l'océan aux hautes latitudes à cause de la fonte des calottes polaires. Cet apport d'eau douce, en réduisant la densité des eaux

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

de surface au niveau des pôles, pourrait limiter les phénomènes de downwelling, ralentissant ainsi la circulation globale en empêchant la formation d'eaux profondes.

1.2.3. Assimilation de carbone et de chaleur par l'océan

Un tel processus pourrait avoir des conséquences considérables pour nos sociétés car il impliquerait une diminution de l'assimilation de carbone et de chaleur par l'océan, et donc une augmentation de ces valeurs dans l'atmosphère. Cela pourrait accélérer le rythme du réchauffement actuel et ses impacts socio-économique.

2. RÉSULTATS

2.1. INTERACTIONS ENTRE CIRCULATION OCÉANIQUE ET CLIMAT

Il est important de noter que les interactions entre la circulation océanique et le climat sont encore peu comprises, ce qui justifie le besoin de plus d'observations, d'une compréhension accrue des processus, et de modèles numériques fiables de la circulation océanique. De telles avancées pourraient améliorer considérablement les projections climatiques globales effectuées par le GIEC. Avons-nous trouvé, la circulation océanique dans notre planète.

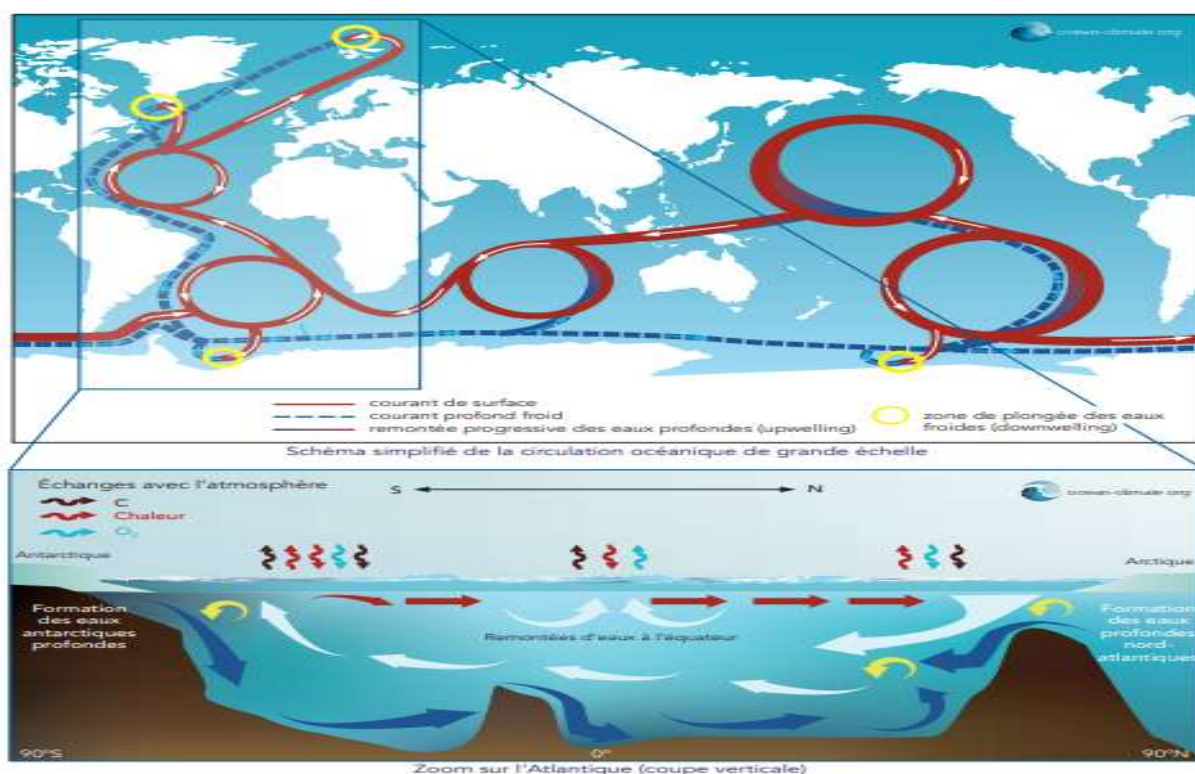


Figure 1 Circulation océanique de la planète terre

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)
Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

2.1.1. Océan

Par ses échanges permanents avec l'atmosphère, l'océan joue un rôle déterminant pour le climat mondial. Quand la planète se réchauffe, c'est l'océan qui stocke la majeure partie de l'énergie reçue. En mesurant la quantité de chaleur stockée par l'océan, il est possible de quantifier et de suivre l'ampleur du réchauffement climatique.

L'océan absorbe plus de 90 % de l'excès de chaleur accumulé dans le système climatique et se réchauffe. C'est un rôle régulateur essentiel mais cette quantité de chaleur accumulée a aujourd'hui des conséquences sur l'évolution du niveau de la mer, l'augmentation des températures ou la fonte des glaces

2.1.2. Chaleur et contenu thermique des océans

Notre planète reçoit principalement de l'énergie du rayonnement solaire. Si une partie de cette énergie est captée par la Terre, une autre partie est renvoyée au-delà de l'atmosphère. L'augmentation rapide des gaz à effet de serre dans l'atmosphère provoque l'accumulation de chaleur au sein du système climatique. On évalue la quantité d'énergie emmagasinée dans l'océan en étudiant le contenu thermique des océans. La température de surface de l'océan est mesurée grâce à des capteurs embarqués sur des satellites. Ces données sont ensuite injectées dans des modèles*, ce qui permet de quantifier le contenu thermique des océans sur toute la colonne d'eau. On estime que les océans emmagasinent chaque année l'équivalent de 10 fois la quantité d'énergie consommée par l'humanité sur la même période.

2.1.3. Quantité d'énergie ou de chaleur captée par l'océan

Surveiller l'évolution de cette quantité d'énergie est plus fiable que de suivre la température de surface. Cette dernière est particulièrement sensible aux mécanismes de redistribution verticale localement et n'est pas forcément représentative du réchauffement global. À l'avenir, mieux connaître et suivre précisément au cours du temps cette quantité de chaleur captée par l'océan est indispensable pour améliorer les connaissances des scientifiques sur les changements dans le système climatique, les prédictions climatiques et analyser l'impact des politiques visant à atténuer l'amplitude du changement climatique.

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

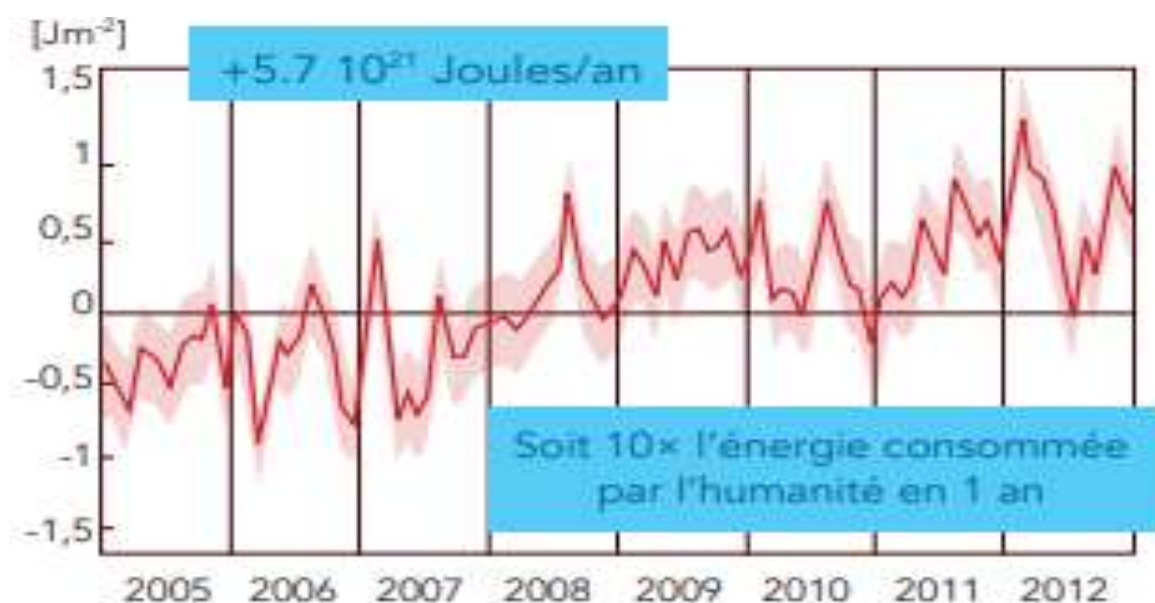
Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

2.2. ÉNERGIE THERMIQUE, EL NIÑO ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

À l'échelle saisonnière, l'énergie thermique emmagasinée dans l'océan influence fortement les conditions atmosphériques. Par exemple, c'est en étudiant l'évolution du contenu thermique que l'on surveille l'évolution de l'intensité des cyclones ou le retour du phénomène El Niño. Ce phénomène bien connu des océanographes est un épisode de réchauffement accentué des eaux de surface du Pacifique (et jusqu'à 300 mètres de profondeur) près des côtes de l'Amérique du Sud qui a lieu régulièrement aux environs de Noël, d'où son nom en espagnol, El Niño désignant l'enfant Jésus. Quand ce phénomène a lieu, il affecte le régime des vents, la température de la mer, les précipitations et la répartition des ressources marines sur toute la ceinture tropicale du globe. De par son ampleur et l'étendue de la zone concernée, les scientifiques savent qu'El Niño affecte le climat mondial dans son ensemble. Par contre, le rôle du changement climatique sur la fréquence et l'ampleur du phénomène reste à découvrir.

Nous allons voir la figure du contenu de la quantité de chaleur entre 2005-2012 de la planète.



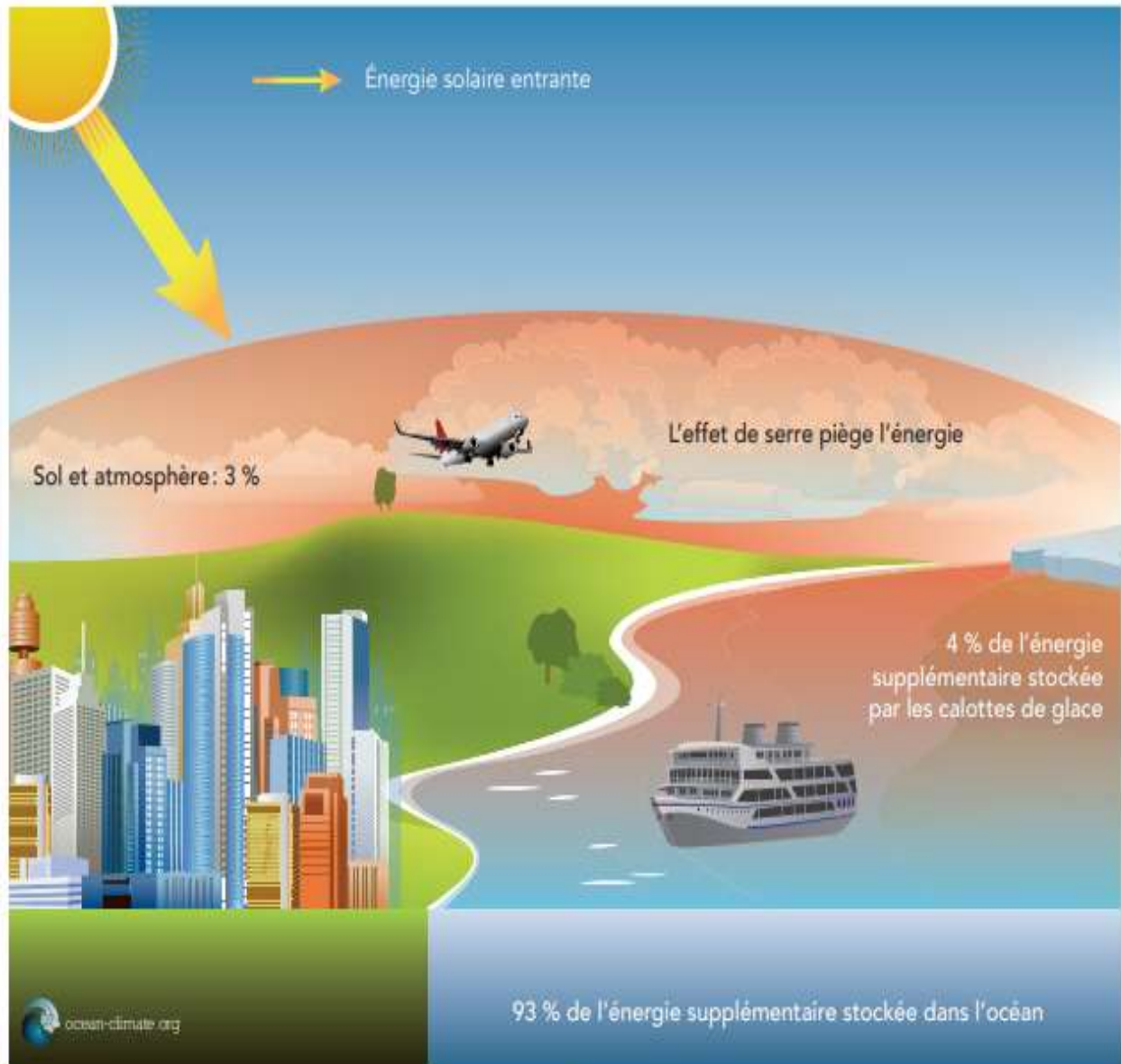
Contenu de chaleur de l'océan, mise à jour de Von Schuckmann K. et P.-Y. Le Traon, 2011, *Ocean Science*, 7, 783–791, www.ocean-sci.net/7/783/20

Figure 2 Contenu de chaleur de l'océan

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)
Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

La figure 3 ci-après présente les contenus de stockage de chaleur par les différents éléments de la planète. A savoir : 93 % de l'énergie supplémentaire stockée dans l'océan, 3 % sur le sol et atmosphère, et 4 % de l'énergie supplémentaire stockée par les calottes de glace.



Stockage de chaleur par les différents éléments de la planète

Figure 3 Stockage de chaleur par les différents éléments de la planète

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

2.2.1. Niveau de la mer

L'attraction des zones littorales pour le développement des activités humaines a accru les besoins d'observation du niveau de la mer. La connaissance des hauteurs d'eau le long des côtes est devenue aujourd'hui primordiale car elle permet, entre autres, de mieux comprendre et quantifier les effets du changement climatique et de tenter de prévenir les phénomènes extrêmes sur le littoral (submersions marines, tsunamis...). Ainsi, Brest, où des observations systématiques du niveau de la mer ont été réalisées depuis 1679, est un endroit privilégié, comme l'a d'ailleurs écrit l'astronome Pierre Simon de Laplace dans son Mémoire sur le flux et reflux de la mer (1789). La rade de Brest, par cette position avancée dans la mer, mais protégée, permet une meilleure visibilité du niveau de la mer. En s'affranchissant des variations interannuelles liées à de grands processus météorologiques régionaux ou mondiaux, l'évolution du niveau marin à Brest est régulière dans le temps. Les observations se faisaient initialement par des échelles de marée. Ces outils de mesure n'ont cessé de se développer et de produire des résultats de plus en plus précis. Les marégraphes gérés par le SHOM dès le milieu du XXI^{ème} siècle dans plusieurs ports métropolitains, ont évolué et leurs mesures automatiques et en continu sont aujourd'hui plus que jamais irremplaçables.

2.2.2. Observation de niveau de la mer

La construction de ces très longues séries d'observations du niveau marin apporte le recul suffisant pour la compréhension des processus liés au changement climatique, et pour comprendre son évolution. Plus de trois siècles de mesures à Brest ont permis de mesurer une augmentation locale d'environ 30 centimètres du niveau de la mer, comme le montre ce graphique, avec une augmentation qui semble de plus en plus marquée au cours des dernières décennies. Les différentes mesures faites dans le monde permettent d'observer que les variations du niveau de la mer ne sont pas identiques partout. Les observations des hauteurs d'eau en temps réel, issues des marégraphes gérés par le SHOM et ses partenaires (coordination REFMAR), sont accessibles sur le portail data.shom.fr. Le Graphique 1 ci-après présente l'observation du niveau de la mer à Brest en France.

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga



Graphique 1 Observation du niveau de la mer à Brest (France)

Partout dans le monde, l'observation du niveau de la mer représente une donnée quantifiable des effets du changement climatique en étant l'un des indicateurs physico-chimiques utilisés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

3. DISCUSSIONS ET SOLUTIONS

3.1. DISCUSSIONS

3.1.1. Observation régulière des hauteurs d'eau

L'observation régulière des hauteurs d'eau, notamment lors des épisodes de tempête, est une information irremplaçable pour l'analyse des niveaux extrêmes et des phénomènes de submersions marines qui sont une autre manifestation des changements en cours. En temps réel, la prévision de ces phénomènes est primordiale pour les centres d'alertes aux tsunamis ainsi que pour la vigilance météorologique aux submersions marines. Il est aussi possible de calculer la période de retour des événements extrêmes pour les besoins des politiques de prévention comme le Plan submersions rapides qui couvre les risques d'inondation par submersions marines, crues soudaines ou ruissellements localisés et ruptures de digues.

3.1.2. Interactions des Services écosystémiques (SE) marins et côtiers

Notre environnement est constitué d'une multitude d'écosystèmes qui fournissent chaque jour de nombreux services. On appelle écosystème un complexe dynamique composé de multiples plantes, animaux, micro-organismes et leur environnement non vivant qui interagissent ensemble. Les interactions au sein d'un écosystème fournissent des services très variés: les poissons constituent la première source de protéines pour un milliard de personnes à travers le monde, les forêts absorbent une grande quantité des rejets de gaz à effet de serre, etc.

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

3.1.2.1. Concept de SE

Il consiste à identifier et quantifier toutes ces interactions bénéfiques aux populations humaines. Un exemple très connu est celui de la pollinisation par les abeilles: en butinant les fleurs, elles transportent les grains de pollen d'une plante à une autre et participent à la fécondation des végétaux.

3.1.2.2. Services écosystémiques marins

Les SE ne sont pas limités au milieu terrestre. Au contraire, l'océan joue un rôle prépondérant dans la régulation du climat. Des études ont montré que les mers absorbent près du tiers du dioxyde de carbone émis chaque année. En outre, les écosystèmes marins et côtiers abritent de nombreuses espèces animales et végétales qui rendent à l'homme de nombreux services. Par exemple, les mangroves retiennent le sol friable des côtes et empêchent l'érosion du littoral. Rempart naturel face aux courants, elles constituent également un habitat privilégié pour la naissance de nombreuses espèces de poissons et permettent d'assurer le renouvellement des populations. Les baleines, quant à elles, rejettent dans leurs excréments une quantité élevée de fer, qui est un nutriment essentiel dans le processus de photosynthèse. Or le niveau de fer présent dans l'océan a un impact direct sur le développement du phytoplancton, base de la chaîne alimentaire qui engendre la captation de carbone...

3.1.2.3. Evaluation écosystémiques marins et côtiers

L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA) a défini quatre types de services écosystémiques. Les écosystèmes marins et côtiers produisent donc des services multiples, tels que:

- des services d'approvisionnement: pêcheries, matériaux de construction;
- des services de soutien: maintien du cycle de vie pour la faune et la flore, cycle des éléments et des nutriments;
- des services de régulation: séquestration et stockage du carbone, prévention de l'érosion, traitement des eaux usées, modération des phénomènes météorologiques extrêmes;
- des services culturels: tourisme, loisirs, bénéfices esthétiques et spirituels.

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

3.1.2.4. Valeur totale des SE marins et côtiers

La valeur totale des SE marins et côtiers est évaluée à plus de 20900 milliards de dollars par an. Cette somme est considérable et dépasse le PIB des États-Unis (2015). Mais la qualité de ces services dépend de la résilience et de la protection des écosystèmes. Lorsqu'un écosystème est dégradé, il fournit moins de services. Par exemple, les herbiers de posidonie sont de vastes étendues de plantes sous-marines présentes dans la mer Méditerranée. Ces plantes sont très vulnérables à l'activité humaine. L'urbanisation croissante des côtes, et l'augmentation du nombre de bateaux dont les ancres arrachent les plants, détruisent petit à petit ces habitats naturels. Or ces herbiers sont cruciaux pour lutter contre l'érosion du trait de côte. De plus, les herbiers constituent un habitat privilégié pour les jeunes poissons, en leur fournissant une protection contre les prédateurs. Leur destruction réduit le nombre de poissons, ce qui a un impact négatif pour les pêcheurs et les amateurs de plongée sous-marine.

3.2. Solutions retenues

3.2.1. Dispositif en place sur l'observation et diffusion de l'information

Ainsi, le dispositif en place pour l'observation et la diffusion de l'information sur les hauteurs d'eau est essentiel pour comprendre, analyser et prévenir les manifestations du réchauffement climatique potentiellement parmi les plus dévastatrices pour les zones basses en lien direct avec la mer, que ce soit à moyen terme par le processus lent de l'élévation du niveau moyen, ou lors de violents phénomènes météorologiques.

3.2.2. Perspectives des écosystèmes marins et côtiers

Les écosystèmes, tant marins que côtiers, offrent des perspectives enrichissantes et souvent méconnues. Les services culturels sont souvent négligés dans la prise en compte de la valeur de l'océan car difficiles à évaluer. Si l'on sait à quel point la pêche est une activité économique de premier ordre dans bon nombre de pays, on oublie parfois combien la mer est un espace culturel important. Du tourisme balnéaire aux arts plastiques, en passant par la navigation, la mer est un lieu de détente et d'inspiration. Elle peut également être vecteur de croissance économique, notamment dans le cadre des biotechnologies, qui développent des produits à partir de principes biologiques observés dans la nature. Par exemple, l'analyse du poison

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

de certains coquillages a permis d'isoler la ziconotide, un analgésique désormais utilisé en médecine. Or l'océan reste encore relativement peu étudié. De nombreuses autres applications utiles à l'homme pourraient encore être trouvées.

3.2.3. Puits de carbone

Un puits de carbone est un réservoir naturel ou artificiel qui absorbe et stocke le carbone de l'atmosphère, grâce à des mécanismes physiques et biologiques. Le charbon, le pétrole, les gaz naturels, les hydrates de méthane et les roches calcaires sont autant d'exemples de puits de carbone. À la suite de processus très longs, et sous certaines conditions, ces puits ont pu stocker du carbone depuis des millénaires. A contrario, l'utilisation de ces ressources, qualifiées de fossiles, réinjecte le carbone qu'ils contiennent dans l'atmosphère. Aujourd'hui, d'autres puits de carbone entrent en jeu: les sols qui accumulent de l'humus (comme les tourbières), certains milieux en voie de végétalisation (comme les forêts en formation) et bien sûr certains processus biologiques et physiques qui se passent en milieu marin.

3.2.4. Pompe à carbone océanique

Ce sont ces derniers qui forment la « pompe à carbone océanique », aujourd'hui bien connue. Elle se compose de deux compartiments: d'une part une pompe biologique qui transfère le carbone de la surface vers les fonds marins via la chaîne alimentaire (il y est alors stocké à long terme) et, d'autre part, la pompe physique* qui elle, découle de la circulation océanique. Aux pôles, l'eau plus dense coule vers les profondeurs, entraînant le carbone dissout avec elle. C'est dans les hautes latitudes en effet, que l'eau se charge plus facilement en CO₂ car la dissolution du CO₂ atmosphérique y est facilitée par la température moins élevée (d'où l'importance des régions polaires dans le cycle du carbone). Il est difficile de déterminer quelle quantité de carbone est stockée par ces mécanismes, mais on estime que l'océan concentre 50 fois plus de carbone que l'atmosphère. Pour certains scientifiques, la haute mer et sa colonne d'eau serait le plus grand puits de carbone de la planète, mais son avenir à grande échelle est encore inconnu, d'autant plus qu'avec l'acidification des océans, ce processus pourrait devenir moins efficace car il y aura moins de carbonates disponibles.

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

3.2.5. Pompe biologique

Quand on parle de stockage de carbone, la notion de temps est essentielle. La pompe biologique répond vite aux perturbations. Elle peut donc se déséquilibrer jusqu'à réémettre du carbone dans l'atmosphère. La pompe physique, quant à elle, agit sur une autre échelle de temps. Les perturbations l'affectent plus difficilement mais pour plus longtemps. Une fois la machine en marche, il sera difficile de l'arrêter. Le carbone emmené vers le fond, par la circulation océanique, est temporairement soustrait du cycle de surface, mais ce processus est mal quantifié. Par ailleurs, après un voyage de plusieurs centaines d'années, qu'advient-il de ce carbone lors de la remontée de ces eaux à la surface? Les organismes calcaires comme les coccolithophorides, algues unicellulaires microscopiques participent aussi à soustraire le carbone du cycle naturel. Quand elles meurent, elles génèrent un flux net vertical de carbone. Ce carbone peut alors être stocké dans les profondeurs sur de longues périodes géologiques. Ces processus peuvent laisser des traces. Par exemple, les falaises de craies ne sont rien d'autre que l'accumulation de coccolithes (plaques calcaires recouvrant ces micro-algues) au fond des océans, qui se sont retrouvées plus tard en surface des continents, suite à des mouvements géologiques. La Figure 4 ci-après nous montre la pompe à carbone physique.

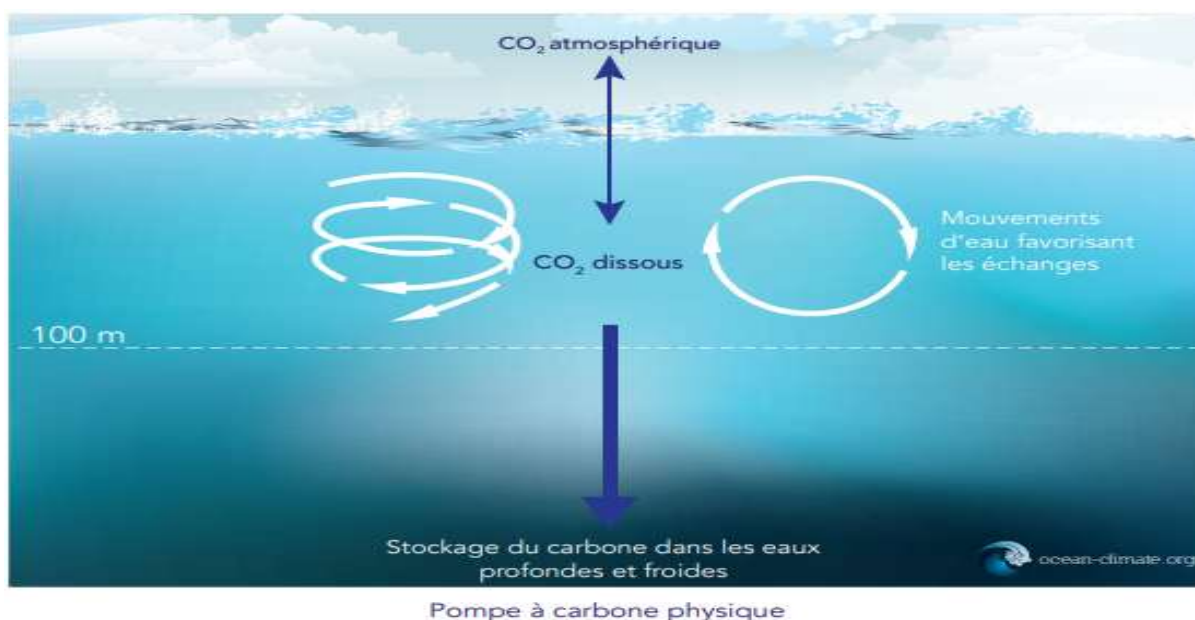


Figure 4 Pompe à carbone physique

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

3.2.6. Ecosystèmes côtiers en bonne santé

Ils jouent déjà un rôle d'atténuation face au changement climatique, notamment en captant du carbone pour leur développement. Par exemple, les mangroves, les herbiers et les marais salants sont d'importants puits de carbone. Ces trois derniers exemples stockent environ dix fois plus de carbone que les forêts continentales pour une même surface et pour une même période. Les coraux constructeurs de récifs deviennent puits de carbone quand ils se développent en emprisonnant du carbone dans leurs squelettes calcaires. Cependant ces écosystèmes côtiers couvrent peu de surface à l'échelle de la planète. De plus, ce sont des écosystèmes déjà fragilisés par l'urbanisation des côtes et les activités économiques littorales. La restauration de ces écosystèmes reste une priorité pour améliorer le stockage du carbone libéré en trop grande quantité dans l'atmosphère et nécessite des politiques ambitieuses.

3.2.7. Lutte contre le changement climatique

Afin de lutter contre le changement climatique, des techniques de géo-ingénierie sont étudiées pour stocker artificiellement du CO₂ dans le puits de carbone océanique mais inquiètent la communauté scientifique car on n'a actuellement aucune idée des conséquences négatives d'éventuels déséquilibres ainsi induits. Cependant, la notion de puits de carbone est très controversée. Le cycle du carbone est complexe, d'autant plus qu'il est associé à des cycles d'autres éléments qui favorisent le réchauffement climatique. Ainsi, stocker du CO₂ libère aussi de la vapeur d'eau qui joue un rôle dans l'effet de serre. Par ailleurs, à cause de l'augmentation de la concentration en gaz à effet de serre, la température de l'eau et son acidité sont en train de changer. Cela modifie les équilibres physico-chimiques et biologiques et risque d'affecter la pompe océanique. Toutes ces données devraient nous inciter à réfléchir au devenir des écosystèmes marins. Ces incertitudes devraient nous inciter à appliquer le principe de précaution et à protéger les écosystèmes marins.

3.2.8. Conséquences du changement climatique

De nombreux travaux scientifiques démontrent que les conséquences du changement climatique sur l'océan affectent déjà la pêche maritime. Des espèces tropicales apparaissent sur nos côtes, tandis que plusieurs espèces d'eau froide sont moins abondantes. Dans les décennies qui viennent le réchauffement et

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

l'acidification de l'océan risquent de nuire à la croissance et à la reproduction de nombreux organismes marins, réduisant les stocks disponibles pour de nombreuses espèces commerciales importantes. Par exemple, les coquillages (huîtres, moules...) sont particulièrement sensibles à l'acidification. De même, certaines prévisions font état d'une disparition quasi totale des écosystèmes coralliens dans les zones tropicales à l'horizon 2050, écosystèmes pourtant essentiels pour l'économie des petites îles et l'alimentation humaine. Le changement climatique va également impacter les communautés bactériennes et phyto-planctoniques, qui sont centrales dans la chaîne alimentaire marine. Ainsi, si nous continuons à émettre des gaz à effet de serre au rythme actuel, les changements attendus avant la fin du siècle, en matière de biodiversité marine, pourraient être d'une ampleur comparable à ceux intervenus au cours des 20 ou 30 millions d'années qui nous ont précédés

La Figure 5 ci-après montre la pompe à carbone biologique dans la mer.

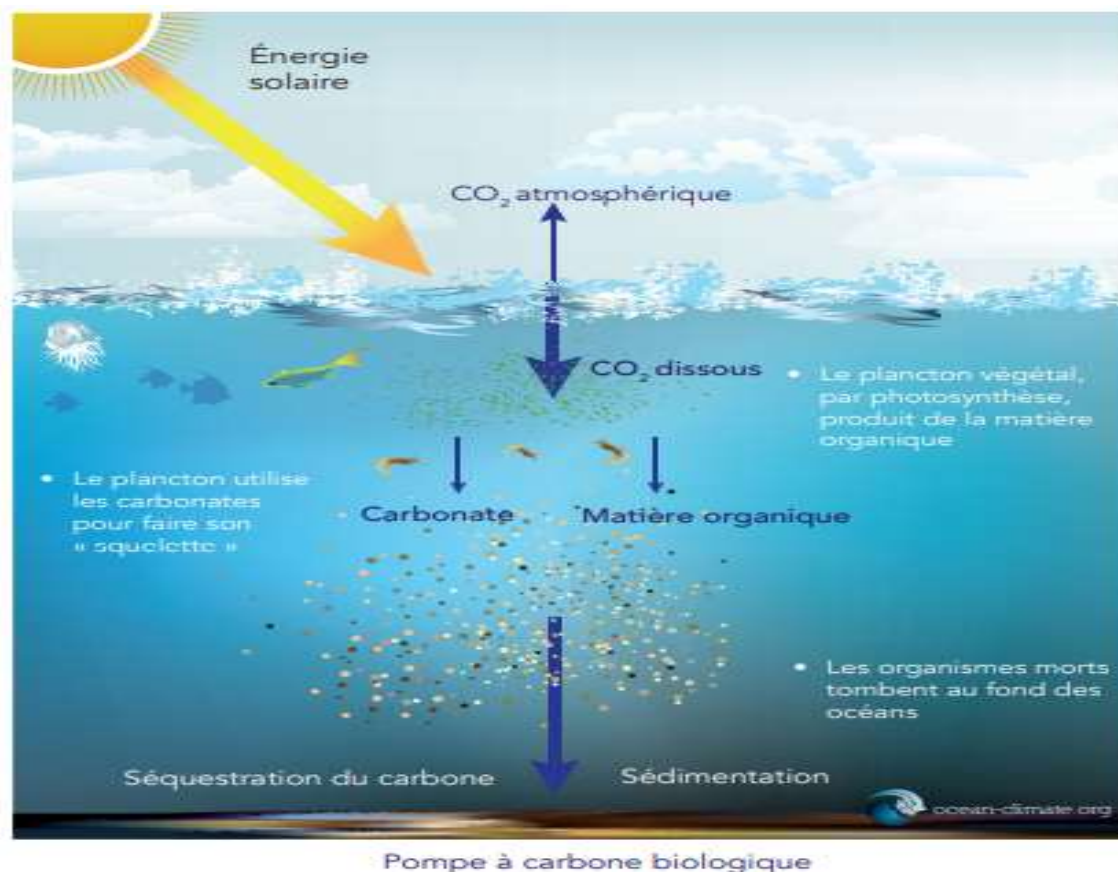


Figure 5 Pompe à carbone biologique

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

3.2.8.1. Modifications de la production primaire des océans

À l'échelle mondiale, les modèles aujourd'hui disponibles prévoient des modifications très significatives de la production primaire* des océans, qui est à la base de la majorité des chaînes alimentaires. La productivité globale des océans devrait augmenter dans les régions polaires, mais diminuer de manière importante en zone intertropicale, ce qui affectera les pêcheries.

3.2.8.2. Modification des captures de poissons

À proximité des pôles, les captures de poissons pourraient augmenter de 30 à 70 %, favorisant des pays comme la Norvège, l'Islande, la Russie ou l'État de l'Alaska. En zone intertropicale au contraire, les captures pourraient diminuer de 10 à 40 %, avec des répercussions considérables pour des pays proches, fortement dépendants de la pêche, comme le Pérou, l'Angola, le Bangladesh, l'Inde, le Vietnam ou l'Indonésie. Les prédictions concernant l'Afrique sont plus incertaines, mais plusieurs études scientifiques prévoient une véritable crise des pêches, aggravant les inégalités politiques et économiques nord-sud. Les impacts en Europe devraient être relativement limités, légèrement positifs pour les pays du nord, et négatifs pour ceux du sud.

3.2.8.3. Modifications des conditions de vie dans l'océan

En réponse aux modifications des conditions de vie dans l'océan, les modèles prévoient un déplacement vers les pôles de la plupart des espèces exploitées. D'ici 2050, ces déplacements se chiffreront en centaines de kilomètres. Ce changement devrait notamment favoriser les espèces à vie courte, plus abondantes dans les eaux tropicales, avec des répercussions sur le fonctionnement des écosystèmes qui sont encore mal connues. Ainsi, les espèces capturées ne seront en partie plus les mêmes à l'échelle mondiale. C'est particulièrement le cas dans les régions tempérées, où l'arrivée des espèces à affinité tropicale devrait s'accélérer, alors que d'autres espèces de poissons européens seront comme repoussées vers le nord. C'est par exemple le cas de la morue, dont le stock de mer du Nord est déjà en régression, alors que le stock de la mer de Barents, plus au nord, se développe.

3.2.8.4. Pêches face au changement climatique

Les pêcheurs devront s'adapter aux conséquences du changement climatique sur les stocks de poissons et leur répartition géographique, en changeant de modes

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

d'exploitation, parfois d'engins, de calendriers et de zones de pêche. Les politiques publiques de gestion, de contrôle et de gouvernance devront également être repensées, pour que les efforts entrepris pour reconstituer les stocks de poissons depuis plusieurs dizaines d'années ne soient pas remis en cause. Un exemple de mauvaise gestion est celui de la morue du golfe du Maine, dont le stock s'est récemment effondré parce que les quotas de pêche avaient été déterminés sans tenir compte du réchauffement climatique. Il va donc falloir apprendre à évoluer en permanence, et cette adaptation aura un coût et ne se fera pas sans difficultés.

3.2.8.5. Limite d'émission du CO₂

Limiter les émissions de CO₂ est donc un enjeu majeur, pas seulement pour atténuer les changements en cours, mais aussi pour en réduire la vitesse et donner une (petite?) chance aux écosystèmes de s'adapter. À l'inverse, des évolutions trop rapides rendraient plus difficiles, voire largement inefficaces, tous les processus d'adaptation que mettent en place les humains, pour eux-mêmes et pour les écosystèmes. Des évolutions chaotiques et des situations de crises exacerbées seraient alors à prévoir, en particulier pour le monde de la pêche.

3.2.9. Océan profond, acteur du climat et écosystèmes à protéger

En stockant une large part du CO₂ émis par les activités humaines et en absorbant la chaleur accumulée par effet de serre, l'océan ralentit le réchauffement des eaux de surface et des terres émergées. C'est grâce à cette immense masse d'eau que les modifications du climat sont encore « supportables ». De plus, les écosystèmes des grands fonds jouent un rôle majeur dans le stockage durable du carbone, absorbé par le phytoplancton et les plantes terrestres. Les microorganismes y servent aussi de filtre au méthane formé par cette matière fossilisée. En utilisant comme énergie le méthane, ils transforment ce gaz à effet de serre plus puissant que le CO₂ en minéraux l'empêchant ainsi de remonter à la surface. Les organismes des profondeurs océaniques sont très dépendants de ce qui se passe dans l'atmosphère et à la surface des océans. Ils dépendent largement de particules issues de la photosynthèse. La neige marine, cette pluie de matière organique qui tombe de la surface y est bien souvent la base de la chaîne alimentaire. Les eaux de surface apportent aussi leur oxygène aux abysses, lorsqu'elles plongent en profondeur au niveau des pôles.

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

3.2.9.1. Modification des écosystèmes marins

Ainsi les modifications qui se produisent en surface, comme l'appauvrissement en oxygène ou la diminution du phytoplancton, ont des conséquences sur la vie dans les grands fonds et peuvent affecter le fonctionnement des écosystèmes. On observe déjà des changements significatifs dans les apports de nourritures à plusieurs milliers de mètres de profondeur. S'agit-il d'événements « naturels » ou des premiers signes de perturbations de l'ensemble de la colonne d'eau de la surface aux plaines abyssales ? Les séries d'observations d'à peine 15 à 25 ans sont encore trop courtes pour conclure, mais elles confirment que la biodiversité en profondeur change très vite dès que les ressources disponibles sont modifiées. Ces écosystèmes sont donc tributaires des changements qui se déroulent actuellement sur toute la planète. Parallèlement aux modifications du climat, l'exploitation des ressources (minérales, hydrocarbures, pêche) s'étend vers les grandes profondeurs et apporte aussi son lot de perturbations de ces milieux fragiles.

3.2.9.2. Conséquences radicales des écosystèmes marins

D'autres modifications plus subtiles peuvent avoir des conséquences radicales sur les écosystèmes. L'augmentation de la température de l'eau, même d'un dixième de degré tous les 10 ans dans certaines régions polaires, permet à certains crabes prédateurs d'étendre leur territoire et de décimer des espèces protégées jusqu'alors par des eaux très froides (-1,5 °C).

Dans d'autres régions, ce sont les effets de l'acidification des eaux, ayant absorbé de grandes quantités de CO₂, qui font craindre une dégradation de l'état des récifs coralliens profonds, dont dépendent de nombreuses espèces de poissons et de crustacés. Les études en laboratoire montrent que la combinaison de ce phénomène avec la désoxygénation des eaux comme dans le Golfe du Mexique, où avec le réchauffement d'eaux profondes déjà inhabituellement chaudes comme en Méditerranée, est particulièrement critique.

3.2.9.3. Dégradation de la biodiversité

La rapidité avec laquelle la biodiversité profonde réagit aux changements appelle à prendre en compte sans tarder ces risques pour ne pas compromettre la capacité d'atténuation des perturbations climatiques par l'océan et bien d'autres services assurés par la biodiversité des fonds océaniques. La première étape sera de

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

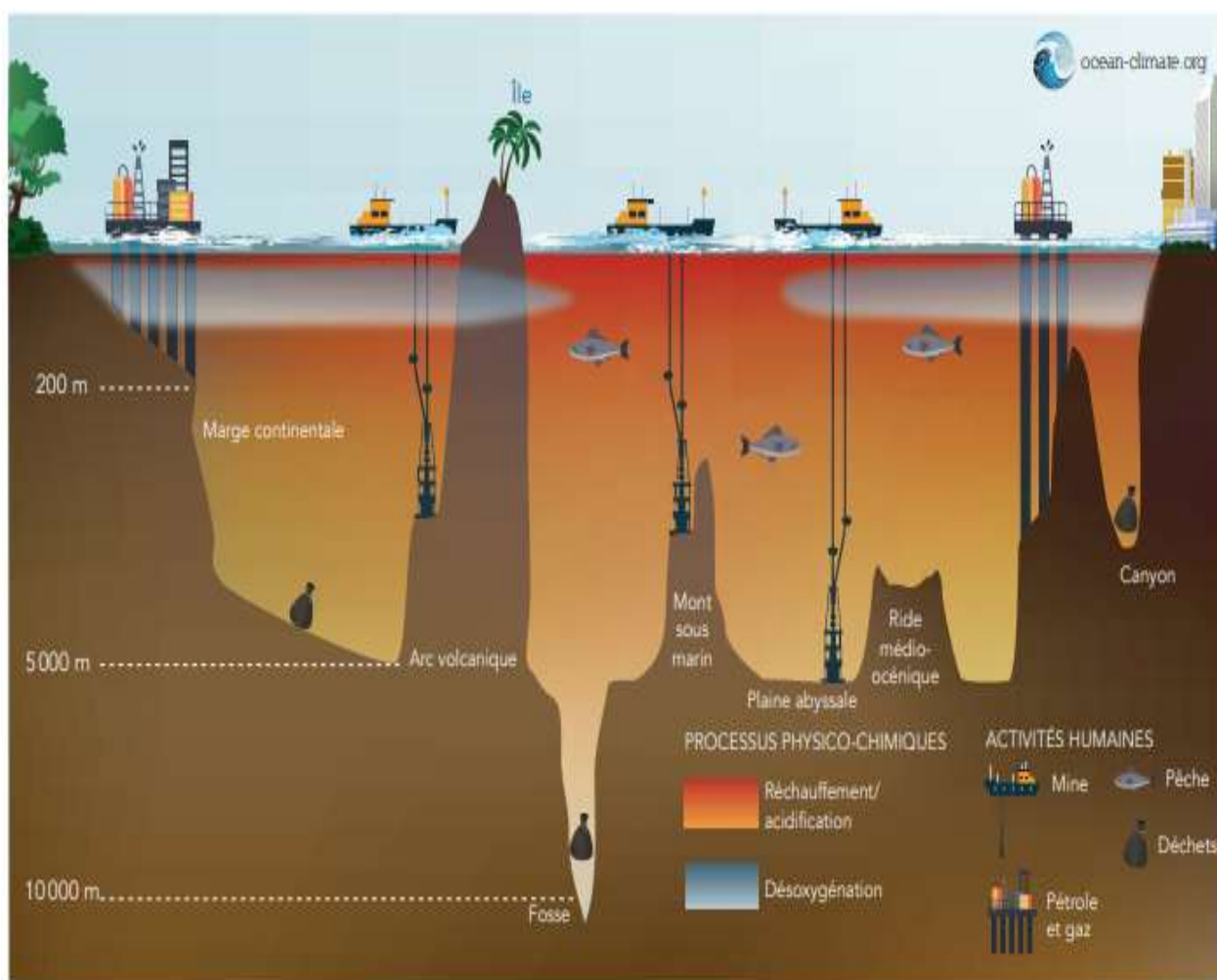
reconnaître, explicitement, le rôle de l'océan profond dans l'atténuation du changement climatique, la sensibilité particulière des espèces profondes et les effets qu'elles pourraient exercer sur la surface des océans ou l'atmosphère. La régulation des excès de CO₂ et de chaleur a un coût pour les organismes des grandes profondeurs qui peut avoir des conséquences irréversibles à très court terme. Un effort partagé sera indispensable pour développer la connaissance et les outils nécessaires à une protection efficace des écosystèmes les plus vulnérables. L'écologie des grands fonds reste une science jeune. Il y a à peine 150 ans, les scientifiques excluaient que la vie marine soit possible à plus de 500 mètres de profondeur. Depuis, chaque exploration apporte de nouvelles preuves de l'extraordinaire diversité du vivant dans l'océan et de la capacité des espèces à vivre dans des conditions exceptionnelles (de température, d'oxygénation, d'acidité, de pression, etc.). Reste à savoir si cette capacité d'adaptation suffira pour répondre aux perturbations induites par le changement climatique? Cependant, nous devons reconnaître que nous n'avons aujourd'hui qu'une vision très limitée de la déstabilisation de ces écosystèmes prédite par les scénarios d'émission de gaz à effets de serre.

Dans ce contexte, les Aires marines protégées sont précieuses, en particulier lorsqu'elles s'étendent au large et qu'elles intègrent des écosystèmes remarquables, comme ceux des canyons ou des monts sous-marins, qui assurent des fonctions importantes en interaction avec les écosystèmes de surface. En protégeant et en permettant un suivi à long terme de ces « hotspots » de biodiversité, elles sont aussi des laboratoires naturels pour mieux comprendre les effets du changement climatique sur ces écosystèmes et leurs conséquences. La Figure 6 montre les processus physico-chimiques et activités humaines dans les écosystèmes marins.

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga



D'après Levin and Le Bris, Science 13 Nov. 2015 • Vol. 350 Issue 6262.

Figure 6 Processus physico-chimiques et activités humaines sur l'écosystème marin

CONCLUSION

Pour que les écosystèmes continuent à fournir autant de services, il faut préserver ces écosystèmes, c'est-à-dire protéger la biodiversité et réduire à un niveau minimal les impacts de l'homme sur leur fonctionnement. Protéger la biodiversité marine, c'est donc protéger le climat et par là même protéger les êtres humains. La pompe biologique est donc la plus facile à mesurer. Elle repose sur la bonne santé des écosystèmes. En haute mer par exemple, l'écosystème planctonique est un acteur majeur. Tout ce qui est matière organique et qui tombe sur le fond participe à la pompe biologique et, quand les conditions le permettent, à la formation du pétrole. Anticiper les vulnérabilités et définir des mesures de protection efficaces est un enjeu

LES INTERACTIONS ENTRE L'OCÉAN ET LE CLIMAT

Auteur : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM UMG Mahajanga

crucial, alors que les nombreuses urgences climatiques tendent à laisser de côté ce patrimoine exceptionnel mais qui reste ignoré.