

Paris, le 7 juin 2007

Dossier de presse

8 juin , Journée mondiale de l'océan

10 questions-réponses sur les effets du changement climatique sur les océans

A la suite du sommet de Rio en 1992, le 8 juin est devenu la Journée Mondiale de l'Océan. Fêtée sur tous les continents, cette journée est l'occasion de sensibiliser le grand public à une meilleure gestion des océans et de leurs ressources.

L'Ifremer s'associe à cette journée en proposant un tour d'horizon des liens entre changement climatique et océans.

1. Le réchauffement de l'océan

Ces dernières années, on a assisté à une prise de conscience générale du changement climatique en cours, d'origine à la fois naturelle et anthropique et de ses impacts régionaux. Quelques exemples l'illustrent :

- Les observations acquises depuis 1961 montrent que la température moyenne de l'océan mondial a augmenté jusqu'à une profondeur de 3000 mètres et que l'océan a absorbé plus de 80 % de la chaleur ajoutée au système climatique.
- Le niveau des océans pourrait, selon les scénarios, s'élever de 0.18 m à 0.59 m à la fin du siècle (par rapport à 1980-1999).
- Les résultats de simulations numériques issues de la modélisation montrent une diminution de la glace de mer dans l'Arctique comme dans l'Antarctique pour tous les scénarios climatiques. Pour certaines simulations, la glace disparaît presque entièrement en Arctique à la fin de l'été dans la seconde partie du 21^{ème} siècle.
- Il est très vraisemblable que la circulation thermohaline de l'Atlantique Nord ralentira au cours du 21^{ème} siècle (moins 25% en moyenne selon plusieurs modèles). La température continuera toutefois d'augmenter dans la région Atlantique, à cause de l'impact beaucoup plus important de l'effet de serre.

2. Comment l'océan contribue-t-il à l'évolution du climat ?

L'océan assure une part du transport de chaleur de l'équateur vers les pôles, égale à celle de l'atmosphère. La circulation océanique se distingue de celle de l'atmosphère car l'eau de mer est mille fois plus dense que l'air. En outre, elle présente une inertie thermique très forte, avec une capacité calorifique par unité de masse quatre fois supérieure à celle de l'air, et par unité de volume 4000 fois plus grande. Ces caractéristiques confèrent à l'océan un rôle de « mémoire » au sein du système climatique.

Aux grandes échelles d'espace et de temps, ce sont les fluctuations de la masse volumique de l'eau de mer qui régissent la circulation océanique.

Sous l'effet des changements de température et de salinité, cette circulation thermohaline forme un mouvement qui affecte l'océan mondial : le tapis roulant commandé par la plongée des eaux froides qui se forment dans l'Atlantique Nord, principalement en mer de Norvège et du Labrador. Cette eau profonde se répand dans l'Atlantique Sud, le traverse d'ouest en est, avant d'entamer une remontée vers la surface. Le volume d'eau ainsi « perdu » par l'Atlantique est remplacé par de l'eau de surface réchauffée grâce au rayonnement solaire et dont une part importante provient de l'océan Indien et du Pacifique. Ce périple dure un millier d'années.

Avec l'Atlantique Nord, l'océan Austral¹ constitue aussi une zone clef de la circulation profonde et intermédiaire.

Le climat de l'Europe de l'ouest doit sa douceur à la fois à une onde atmosphérique de grande échelle et à un courant marin superficiel, la dérive nord Atlantique qui assure la remontée vers le nord des eaux chaudes des régions tropicales. Ces deux éléments ne sont pas indépendants l'un de l'autre car la formation de l'eau profonde en Atlantique dépend des conditions de température et de salinité de l'océan, elles-mêmes dépendant des conditions de vent, de pluie et d'ensoleillement.

3. A-t-on déjà enregistré de telles variations dans le passé ?

Le climat de la Terre a vu se succéder des périodes glaciaires et interglaciaires. En effet, les variations des caractéristiques de l'orbite terrestre autour du soleil modifient la distribution de l'ensoleillement à la surface du globe et entraînent des changements climatiques suffisamment importants pour être enregistrés dans les glaces encore présentes à la surface terrestre.

La paléoclimatologie repose non seulement sur l'étude des conditions climatiques extrêmes (maximum glaciaire et optimum climatique) mais aussi sur l'étude de l'évolution du climat au cours des cycles glaciaires-interglaciaires. Dans ce domaine, les connaissances actuelles se limitent essentiellement au dernier cycle climatique.

Après une période clémente, il y a environ 125 000 ans, marquée par un niveau de la mer situé 6 m au-dessus du niveau actuel, le climat est entré dans une phase de refroidissement. La glace a commencé à s'accumuler et a recouvert progressivement une grande partie des continents de l'hémisphère nord. En moins de 100 000 ans, les calottes de glace ont atteint leur volume maximum et, sur les continents, les températures se sont abaissées avec l'apparition des glaces. La déglaciation a commencé il y a environ 15000 ans. En moins de 10000 ans, toutes les glaces du nord de l'Amérique et de l'Europe ont disparu.

La déglaciation apparaît d'une rapidité fulgurante comparée à la lente formation des glaces. Se reproduisant lors de chaque glaciation, cette dissymétrie entre la durée de la phase d'accumulation et celle de la fonte des glaces est surprenante et sa cause reste encore mal comprise.

La paléoclimatologie montre également que le courant Nord Atlantique a connu quelques hoquets au cours de l'histoire de la Terre. Ainsi, à plusieurs reprises pendant le dernier âge glaciaire, les eaux chaudes et salées en provenance des tropiques n'étaient plus transformées en eau profonde au nord de l'Islande, mais en eau intermédiaire au sud de la barrière Groenland/Écosse. Ces événements, clairement identifiés dans le temps, sont associés à des ralentissements du tapis roulant.

4. Le Gulf Stream va-t-il s'arrêter ?

Le Gulf Stream et le courant Nord Atlantique, piliers du tapis roulant, se partagent, avec l'atmosphère, la responsabilité des températures clémentes enregistrées dans nos régions. En apportant vers les hautes latitudes des eaux chaudes et salées, ces deux phénomènes limitent l'extension vers le sud des glaces de mer. L'arrêt du Gulf Stream provoquerait donc de profondes modifications du climat européen et planétaire. Fort heureusement, le risque d'un arrêt du Gulf Stream est limité car ce phénomène fonctionne grâce à deux moteurs indépendants. Le moteur principal est le vent : dans les tropiques, les alizés poussent les masses d'eaux vers le sud-ouest. Le long de la côte américaine, un courant de retour vers le Nord prend naissance pour maintenir l'équilibre des masses. Le second moteur est à l'origine du tapis roulant décrit précédemment. Il risque de connaître des hoquets au cours des prochaines années. La plongée des eaux dans les hautes latitudes et leur transport vers le sud en profondeur doivent être

¹ L'océan Austral, ou océan Antarctique, est l'étendue d'eau qui entoure l'Antarctique. Les parties sud des océans Atlantique, Indien et Pacifique constituent cet océan.

compensés par un apport d'eau en surface en provenance du Gulf Stream. Or l'apport d'eau douce dû à la fonte des glaces peut rendre nos eaux de surface trop légères, les empêchant ainsi de plonger. Le réchauffement climatique augmente l'évaporation dans certaines régions et donc la concentration en sel de l'eau de mer qui devient plus lourde. Entre les eaux allégées par la fonte des glaces et celles alourdies par une évaporation plus importante, qui emportera ce combat d'influence ? Quel sera le nouvel équilibre ? Les prévisions actuelles suggèrent que le tapis roulant pourrait à nouveau ralentir avec l'augmentation de l'effet de serre.

5. Quelles menaces pour le domaine côtier ?

La modification du climat mondial aura des conséquences significatives sur le milieu côtier, plus ou moins importantes selon les régions du monde.

Dans le siècle à venir, le réchauffement climatique va se traduire par une élévation du niveau moyen de la mer comprise entre 0.18 m et 0.59 m selon les modèles. Le milieu côtier sera la première zone concernée par ce phénomène, soit directement, soit indirectement, par exemple à travers la modification de la hauteur et l'amplitude de la marée dans les zones macrotidales. Rappelons que près de 10 % des zones côtières européennes sont d'une altitude inférieure à 5 m et donc vulnérables à ces changements. Les conséquences dépendront également de l'accroissement du niveau prévu, mais varieront à l'échelle régionale et locale en fonction de la configuration naturelle de la zone ainsi que de l'occupation et l'utilisation des espaces côtiers.

Par ailleurs, l'accroissement en température des eaux littorales risque de se traduire rapidement par la modification de la répartition géographique d'un certain nombre d'espèces marines, notamment celles en limite de zone.

Les zones côtières se situant dans les zones d'influence des fleuves, ces derniers subiront également les conséquences des modifications climatiques. Cela se traduira par la modification de leur débit et les conséquences associées. En effet, le cycle « naturel » des apports en sédiments, sels nutritifs et matière organique, contaminants chimiques, etc, risque de subir des modifications importantes liées à la quantité et à la fréquence des événements extrêmes menant aux crues. Celles-ci étant des périodes propices aux apports les plus importants, leur possible décalage dans le temps pourrait également conduire à des modifications dans le fonctionnement des écosystèmes côtiers.

Autre conséquence du réchauffement climatique sur les écosystèmes côtiers, les zones humides pourraient être amenées à disparaître.

Les questions scientifiques d'intérêt font, pour la plupart d'entre elles, l'objet d'un programme national de recherche pluri-organismes (Programme National Environnement Côtier) dont l'Ifremer, compte tenu des missions de l'institut, est un acteur majeur. Ces questions peuvent être résumées de la façon suivante :

- Le fonctionnement des systèmes côtiers placé sous la double influence directe ou indirecte du climat et des activités humaines.
- L'influence climatique considérée sous les deux aspects d'une dérive lente et progressive (évolution des températures et de la salinité, stratification...), et de la survenue d'événements catastrophiques.
- La nécessité pour aborder l'influence anthropique de considérer tout le champ des activités humaines (prélèvements, rejets, emprise spatiale) susceptibles de modifier le fonctionnement des systèmes côtiers.
- La forte interaction des influences anthropiques et climatiques parfois difficilement séparables dans le temps et l'espace. La comparaison de systèmes analogues et/ou sur des durées suffisamment longues peut permettre leur déconvolution.

Ainsi la question générale peut se décliner en deux volets : la dynamique côtière et l'impact sur les écosystèmes.

6. Le réchauffement climatique peut-il révéler de nouvelles sources d'énergie ? Le cas des hydrates de méthane

Dans les fonds marins, les hydrates de gaz sont composés à plus de 95 % de méthane. C'est pourquoi on parle d'hydrate de méthane, une forme de glace constituée d'un réseau de molécules d'eau disposées en cage autour des molécules de méthane.

Les hydrates de gaz ont la particularité de stocker les gaz sous une forte concentration, d'où un intérêt scientifique et économique pour cette ressource énergétique potentielle depuis sa découverte, au début des années 70.

Mais le réservoir d'hydrates de méthane est instable dans le temps, notamment en réponse au réchauffement climatique. Il est soumis aux influences des variations eustatiques² et des fluctuations de température en fond de mer qui accompagnent les changements de la circulation océanique profonde. Le réchauffement des eaux du fond, de quelques dixièmes de degré par exemple, génère la propagation d'une onde de chaleur dans les sédiments qui seront à leur tour progressivement réchauffés. Les hydrates les plus profonds peuvent alors être portés à une température supérieure à leur température maximale de stabilité. Ils seront dissociés avec libération du méthane qui avait été piégé lors de leur formation. Ce phénomène présente donc un risque face à l'évolution climatique, même s'il doit être envisagé sur le long terme, compte tenu du temps nécessaire à « réchauffer » les sédiments.

L'Ifremer dispose dans ce domaine de compétences concernant la caractérisation géophysique et géotechnique des hydrates de méthane. L'institut travaille notamment à établir les mécanismes de forçage géologique qui contrôlent les sources de méthane en fond de mer, avec un intérêt particulier pour la dynamique des systèmes à hydrates de méthane sur la pente continentale et l'implication pour les aléas naturels et les sorties de fluides. L'étude de ces aspects pourrait ainsi permettre d'apporter une expertise en matière de stockage sous-marin de CO₂.

7. Comment les scientifiques s'organisent-ils ?

En 1980, l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) et le Conseil international des unions scientifiques (ICSU) établissent conjointement le Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC).

L'objectif du PMRC est de comprendre le système physique et les processus du climat afin de déterminer la capacité à prédire le climat et d'évaluer l'influence que l'homme exerce sur ce dernier.

Dans ce cadre, deux projets majeurs ont permis une meilleure connaissance du rôle de l'océan : TOGA, qui était consacré à l'étude de l'interaction entre l'océan et l'atmosphère en zone tropicale, et WOCE, qui avait pour objectif de déterminer les caractéristiques de la circulation océanique globale et des changements qui peuvent l'affecter.

La Commission Océanographique Intergouvernementale a apporté au PMRC la caution des organismes de recherche océanographique, concertés pour l'exploitation mutualisée des grands équipements et infrastructures de recherche marine (navires, bouées, flotteurs, et organisation de campagnes à la mer).

Suite au succès de TOGA et WOCE, une deuxième génération de projets a vu le jour à partir du milieu des années 1990. Ils se concentrent sur l'étude du système arctique (ACSYS), la variabilité et la prédictibilité du climat (CLIVAR), le cycle de l'eau et de l'énergie (GEWEX), les processus stratosphériques (SPARC) et la comparaison des modèles numériques du climat. En 1986, le dispositif est complété par la création du programme géosphère - biosphère (IGBP) qui ajoute à la dimension du système physique analysée par le PMRC, les dimensions surfaces terrestres, biosphère continentale et marine, sols et vie.

² Les variations eustatiques du niveau de la mer sont le résultat de l'expansion thermique de l'océan, la fonte des glaciers continentaux, et le changement de volume des calottes glaciaires de l'Antarctique et du Groënland.

Enfin, une série d'opérations coordonnées pour définir et promouvoir des systèmes d'observation globaux optimisés pour l'étude du climat (GCOS), de l'océan (GOOS) et des terres émergées (GTOS) complètent le tableau des projets.

Par ailleurs, depuis plusieurs années, des actions concertées sont menées afin d'assurer la transition des systèmes expérimentaux vers des applications opérationnelles, indispensable en matière de surveillance du climat. La mise en place du CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) et le partenariat IGOS (Integrated Global Observing Strategy), dont le programme ARGO³ est l'un des résultats les plus tangibles, en sont des exemples.

8. Quel est le rôle de l'Ifremer dans l'étude du changement climatique ?

Comme l'ensemble des instituts de recherche français, l'Ifremer mène des études sur le changement climatique, plus particulièrement sur les problèmes scientifiques marins liés au climat.

L'Ifremer possède une compétence unique en France : la mesure *in situ* de l'océan. En effet, l'institut dispose de plusieurs atouts favorables au développement de cette compétence : un laboratoire de recherche (Le Laboratoire de physique des Océans, LPO) traditionnellement tourné vers l'expérimental, un groupe « moyens à la mer » performant, des moyens d'étalonnage (CTD, courantométrie) disponibles au centre Ifremer Brest, une coopération étroite entre chercheurs et ingénieurs pour les développements instrumentaux des flotteurs MARVOR et des flotteurs nouvelles générations, PROVOR et ARVOR.

Cette compétence unique permet à l'Ifremer d'être impliqué dans les programmes internationaux au même titre que des instituts internationaux de référence (WHOI, IFM GEOMAR, SCRIPPS). Ainsi, l'Ifremer contribue largement aux expériences internationales du WCRP⁴. Ce fut notamment le cas pour WOCE (World Ocean Circulation Experiment) où l'Ifremer était, en partenariat avec le CNRS/INSU et l'IRD, leader scientifique sur 5 sections du WOCE Hydrographic Program. En Atlantique, l'effort de l'Ifremer a représenté environ 25 % de l'effort international pour cet océan (projet CITHER). Lors de la WOCE, l'Ifremer a également déployé 100 flotteurs lagrangiens acoustiques MARVOR, correspondant à 10 % de l'effort mondial.

L'Ifremer, à travers les programmes expérimentaux développés le plus souvent en coopération avec des partenaires nationaux (tels que l'INSU) et européens (notamment allemands, anglais ou espagnols), participe activement au projet CLIVAR du PMRC (programmes OVIDE⁵ et GOODHOPE⁶, par exemple).

L'implication de l'institut dans le programme ARGO (pour le compte de la France) et dans la proposition d'infrastructures de recherche (EUROARGO) destinée à pérenniser l'ensemble de la contribution européenne au réseau ARGO, sont les témoins de l'activité de l'Ifremer dans ce domaine.

³ ARGO réunit des chercheurs et des agences de 23 pays, qui achètent ou construisent des flotteurs, les déploient et traitent leurs données. L'objectif est de fournir aux systèmes de prévision de l'océan les observations *in situ* nécessaires des principaux paramètres physico-chimiques caractéristiques de l'état de l'océan (par exemple, température et salinité). Les premiers déploiements ont commencé en 2000. L'objectif des 3000 flotteurs répartis dans tous les océans sera atteint cette année.

⁴ WCRP : World Climate Research Program

⁵ Le programme OVIDE contribue depuis 2002 à l'observation des éléments de circulation du « gyre » (grand tourbillon) subpolaire de l'Atlantique Nord, dans le but de mieux comprendre la variabilité du climat de l'océan Atlantique Nord et les interactions de cet océan avec l'atmosphère.

⁶ La dynamique de l'océan Austral est suspectée de jouer un rôle important dans la circulation océanique globale, notre compréhension de sa dynamique tridimensionnelle et de sa variabilité est rudimentaire. Le projet GOODHOPE a pour ambition de combler ces lacunes en établissant un programme d'observations périodiques à travers une radiale entre les continents Africain et Antarctique.

La mise en place du programme européen GMES (Global Monitoring for Environment and Security), et la priorité nationale attachée à l'océanographie opérationnelle dans ce cadre, constituent également des points d'ancrage forts pour l'Ifremer.

Au-delà de l'implication de l'institut dans le GIP MERCATOR Océan destiné à délivrer des prévisions de l'état de l'océan mondial à haute résolution spatiale, la coordination du projet européen MERSEA⁷ assurée par l'Ifremer, permet de fédérer un réseau d'organismes et de centres de recherche. Certaines entités publiques ou privées délivrant leurs propres produits aux usagers de l'océan ont déjà pu bénéficier d'informations émanant de MERSEA.

Ainsi, le développement de services aval de l'océanographie fait l'objet de nouvelles propositions telles que celle intitulée MyOcean dont le porteur est le GIP MERCATOR Océan et dont l'Ifremer est l'un des acteurs majeurs. La contribution de l'institut se traduit en effet par la mise en place d'un « Observatoire de l'océan » ayant pour objectif l'exploitation accrue d'observations et de prévisions globales et régionales des océans. Cet observatoire est destiné à fournir des séries longues d'observations *in situ* et spatiales (notamment en ce qui concerne les paramètres caractérisant les flux à l'interface entre l'océan et l'atmosphère) qualifiées et validées sur l'océan mondial et les mers régionales européennes.

Enfin, la coordination des activités relevant des programmes d'océanographie liés au changement climatique grâce à un Comité des Directeurs d'Organismes (CNES, CNRS, Ifremer, IPEV, IRD, Météo-France, et SHOM) permet d'assurer la cohérence d'une stratégie à l'échelle nationale en tirant le meilleur parti des complémentarités de chacun pour organiser des réponses multidisciplinaires aux questions posées.

9. Quelles conséquences sur les ressources aquacoles et halieutiques ?

Les effets potentiels du changement climatique sur l'aquaculture dépendent directement de la nature des productions considérées et de la maîtrise plus ou moins importante des conditions environnementales des élevages.

L'aquaculture extensive sera plus concernée par les changements climatiques qu'une aquaculture intensive en circuit fermé. Par ailleurs, les effets potentiels des changements climatiques s'exercent soit de façon directe au niveau des espèces exploitées et/ou des conditions zootechniques de production (par exemple, renforcement des cages à saumons en Norvège), soit de façon indirecte sur les conditions environnementales des élevages. De façon similaire, les conséquences des activités aquacoles (impacts sur l'environnement et la biodiversité, distribution d'espèces...) vont évoluer à moyen terme.

En raison de la hausse du niveau de la mer, les zones côtières sont des lieux qui subiront de profondes modifications. Or les zones côtières accueillent l'essentiel des activités aquacoles, en particulier la conchyliculture (polders, marais atlantiques, lagunes méditerranéennes). L'augmentation de la température est déjà significative au niveau de secteurs géographiques comme le Golfe de Gascogne (plus 1.5°C en 20 ans) et pourrait excéder 3-4 °C dans les 20 prochaines années en Méditerranée avec des conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes, l'eutrophisation, la circulation des eaux et la distribution des ressources marines.

Concernant les conséquences sur les ressources halieutiques, l'accroissement en température des eaux littorales devrait aussi se traduire rapidement par la modification de la répartition d'un certain nombre d'espèces marines se situant dans leur limite de répartition. Actuellement, les biologistes accumulent les preuves étayant cette hypothèse. La migration vers le nord d'espèces provenant de régions plus chaudes entraîne en effet des modifications d'abondance des populations : les espèces d'affinité

⁷ MERSEA (Marine Environment and Security for the European Area) est un projet européen, d'une durée de 4 ans, destiné à fournir les données et les informations sur l'état de l'océan nécessaires à la connaissance scientifique et au suivi de l'état de l'environnement global et du changement climatique.

méridionale (*Capros aper*, congre et maquereau), prenant le pas sur les formes d'affinités septentrionales (cabillaud et lieu jaune).

10. Les huîtres sont-elles victimes des effets du changement climatique?

La production de l'huître est essentiellement basée sur l'huître creuse japonaise *C.gigas* et dépend directement de la qualité environnementale : tant d'un point de vue du recrutement des juvéniles que des rendements de production et la qualité sanitaire pour la mise en marché des produits.

Le recrutement annuel à partir des populations naturelles montre déjà des évolutions très significatives pour l'huître creuse avec un déplacement de l'aire de répartition jusqu'en Manche Mer du Nord alors qu'elle était restreinte au Sud Loire lors de l'introduction de l'espèce dans les années 1970. Cela résulte directement des niveaux thermiques et salins nécessaires à la survie larvaire et/ou d'une adaptation génétique de l'espèce en cours.

Ainsi, l'espèce *C.gigas* est considérée aujourd'hui comme une espèce invasive et une nuisance au Royaume Uni, en particulier en Mer du Nord (Allemagne, Pays-Bas), où elle perturbe fortement le fonctionnement des écosystèmes.

En parallèle, les conditions environnementales évoluent fortement, notamment du fait des altérations de couplage bassins versants/zone côtière. La diminution des apports en eau douce joue un rôle direct sur la chaîne alimentaire, modifiant la structuration des communautés benthique et planctonique, et induit une « marinisation » significative des estuaires, lieux privilégiés pour le recrutement. Ainsi, l'économie de la filière subit déjà des modifications dues à ces évolutions climatiques.

Contacts presse

Anne Faye - 01 46 48 22 40 - anne.faye@ifremer.fr

Marion Le Foll - 01 46 48 22 42 - marion.le.foll@ifremer.fr