

Impacts du changement climatique sur la biodiversité subaquatique



Mathieu LICHOSIEK

Mémoire FB3

CREBS 59-62

Instructeur référent : Vincent MARAN

Sommaire

INTRODUCTION	3
I. Rappels sur l'effet de serre.....	5
1. Gaz à effet de serre ?.....	5
2. Zoom sur... le cycle du carbone dans les océans et l'acidification des océans.....	9
II. Constats et conséquences	11
1. Hausse des températures.....	11
➔ Les changements de température influent directement sur les périodes de migration et/ou de reproduction de nombreuses espèces.....	13
➔ Variations des aires de répartition	14
➔ Blanchissement du corail.....	15
➔ Contribution aux phénomènes d'eutrophisation.....	16
➔ Changements morphologiques et comportementaux.....	17
➔ Diminution de la productivité.....	18
➔ Diminution de la circulation thermohaline	19
2. Hausse du niveau des océans.....	20
➔ Disparition des mangroves.....	21
➔ Erosion des plages	22
➔ Infiltration d'eau saline dans les milieux humides côtiers	22
3. Fonte des glaces	23
4. Variations des précipitations.....	25
➔ Augmentation des périodes de sécheresse.....	26
➔ Variations des dépôts de sédiments	26
➔ Atteintes directes aux populations.....	26
5. Augmentation des phénomènes extrêmes.....	27
6. Progression des maladies et autres parasites	29
III. La machine climatique s'emballe	30
IV. Comment agir ?	31
➔ Comment agir dans la pratique de notre loisir favori : la plongée sous-marine ?.....	32
CONCLUSION	33
SOURCES.....	34
REMERCIEMENTS	34

INTRODUCTION

La problématique climatique est aujourd'hui largement évoquée dans les médias nationaux et internationaux, et certains sont depuis quelques années partis en croisade pour sensibiliser le plus grand nombre à cette préoccupation planétaire (par exemple, Al Gore et son film « une vérité qui dérange »). D'autres privilégient l'esthétisme d'images fabuleuses pour décrire des phénomènes de plus en plus préoccupants (Nicolas Hulot, Yann Artus Bertrand, etc.),

Mais voilà bien une introduction éloignée de nos préoccupations de plongée loisir !... Et pourtant, nous sommes des témoins privilégiés de certains bouleversements qui affectent la faune et la flore mondiale. Ce modeste « mémoire » a pour but de donner des éléments techniques aux formateurs bio qui devront demain aborder cette thématique durant leur cursus N2 bio notamment. Ces quelques pages viennent étayer une présentation powerpoint de 45 minutes, et apportent quelques éclaircissements au cours déjà complet.

Certes, le catastrophisme est à proscrire dans notre approche pédagogique, mais quelques constats interpellent :

- selon l'UICN, en 30 ans, 1/3 des richesses naturelles ont été détruites,
- la moitié des espèces de mammifères sont en déclin et 20% sont aujourd'hui menacés d'extinction.
- Plus de la moitié des amphibiens (59 %) et 42 % des reptiles d'Europe sont en déclin.
- Au moins 17% des 1.045 espèces de requins et de raies, 12,4% des mérous et six des sept espèces de tortues marines sont menacées d'extinction. 27% des 845 espèces de coraux sont également menacées et 27,5% des oiseaux marins sont déclarés en danger d'extinction.

Sommes-nous la cause d'une nouvelle extinction massive d'espèces ?

Ce travail est centré sur notre pratique d'usager « loisir » du milieu subaquatique, et il ne traitera pas d'un certain nombre d'éléments pouvant nous toucher par ailleurs en tant que citoyen. De la même manière, toutes les autres problématiques environnementales venant se sur-ajouter au réchauffement climatique global ne seront pas traitées dans le détail :

- La surexploitation des océans pour la pêche (ou comment un jour nous pêcherons peut-être le dernier poisson comme les habitants de l'île de Pâques ont coupé leur dernier arbre...).

- La pollution des milieux aquatiques, de l'océan de déchets plastiques qui touche Clipperton aux pollutions par le TBT (Tri-butyl étain) contenu dans les peintures de bateaux et aux lourdes conséquences pour la reproduction de certains mollusques notamment.
- Les conséquences pour l'homme de ses propres rejets de gaz à effet de serre, à l'heure où les côtes sont surpeuplées : la montée du niveau des océans, déjà démarrée, conduit à la création de « réfugiés climatiques ». L'archipel de Tuvalu pourrait devenir le premier pays à disparaître sous les assauts de la mer. Les Maldives, ce paradis des plongeurs, pourraient subir le même sort.
- Les problématiques énergétiques dont nous sommes complètement dépendant (pour se donner un ordre de grandeur, si la machine humaine était rémunérée sur base du service énergétique rendu, notre salaire mensuel atteindrait la somme fabuleuse de 2 euros* !), et qui explique notre addiction à toute forme d'énergie...
- Les conséquences géopolitiques liées à la répartition inégale des ressources fossiles.
- L'urbanisation galopante des villes, notamment portuaires, liée à l'explosion démographique et à l'exode rural)
- Etc.

Le travail commencera par quelques rappels sur ce qu'est l'effet de serre, quels sont les gaz à effet de serre (GES), et nous reviendrons brièvement sur quelques éléments historiques du climat.

Ensuite nous verrons les conséquences « physiques » de l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. C'est suite à tous ces éléments de compréhension que nous entrerons dans le vif du sujet : comment ces changements peuvent-ils affecter la biodiversité subaquatique ?

Enfin, nous évoquerons comment, dans notre pratique spécifique de la plongée, nous pouvons agir pour ne pas contribuer à amplifier le phénomène : toute pratique de loisir conduit inéluctablement à l'émission de gaz à effet de serre supplémentaires (de l'escalade à la formule 1, du rugby au badminton, du cinéma au tricot !), et notre commission « environnement et biologie » a donc un rôle fondamental de sensibilisation à mener dans nos pratiques.

** : si l'on considère notre organisme comme une machine, nous pouvons lui attribuer un rendement : le service que cette machine produit comparé à l'énergie ingurgitée (les fameuses calories contenues dans notre alimentation). Nous nous alimentons pour l'équivalent de 5kwh par jour, et produisons avec nos petits bras et jambes 0,05 kwh par jour d'énergie mécanique, soit un rendement de 1%! Un litre de carburant, même à 2 euros, produit 10 kwh. Pour produire ces 10kwh, il nous faut 20 jours...*

I. Rappels sur l'effet de serre

1. Gaz à effet de serre ?

Il existe à l'état naturel dans l'atmosphère des gaz à effet de serre, qui permettent de retenir une partie du rayonnement terrestre, réémis par la terre, à la surface du globe. Ce phénomène permet de maintenir une température moyenne de l'ordre de 18°C. Celle-ci serait de -15°C sans ces gaz à effet de serre.



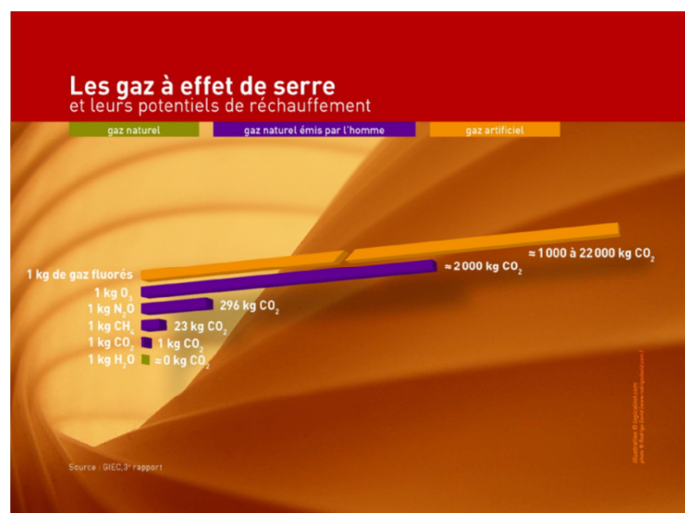
Schéma - Source ADEME

Il existe différents gaz à effet de serre, dont certains sont d'origine totalement anthropique.

Gaz	Origine
H ₂ O – Vapeur d'eau	Évaporation
CO ₂ – gaz carbonique	Combustion Pétrole, Charbon, Gaz
CH ₄ – méthane, gaz naturel	Décomposition anaérobie des molécules organiques (Bovins, rizières, décharges...) ou pyrolyse des composés organiques (exploitation des combustibles fossiles, feux)
N ₂ O – protoxyde d'azote	Engrais azotés - industrie chimique
HFC – PFC – SF ₆ Hydrocarbures fluorés (CFC...)	Gaz réfrigérants Procédés industriels divers (expansion des mousses plastique, composants électroniques, appareillage HT, électrolyse de l'alumine...)
O ₃ – Ozone	Pas d'émissions directe - photoréaction CH ₄ et NO _x

Ces gaz ont un pouvoir de réchauffement plus ou moins important, selon leur composition chimique et leur durée de vie dans l'atmosphère. On parle de forçage radiatif pour qualifier cette énergie « réémise » vers la terre par les gaz à effet de serre.

Ce pouvoir de réchauffement est comparé à celui du CO₂, principal gaz à effet de serre présent dans l'atmosphère. Il s'exprime en kg eq CO₂.



Les émissions sont en effet comptabilisées en Teq CO₂ (tonne équivalent CO₂), voire en tonne eq C (tonne équivalent Carbone).

$$1 \text{ Teq C} = 3,67 \text{ Teq CO}_2$$

On note ainsi une augmentation conséquente des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère depuis la révolution industrielle. Cette augmentation est liée à 2 phénomènes : l'explosion démographique mondiale (qui conduit également à produire plus de nourriture : les rizières comme les ruminants produisent de fortes quantités de méthane), et l'explosion de la demande en énergie qui se traduit par la combustion d'énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel)

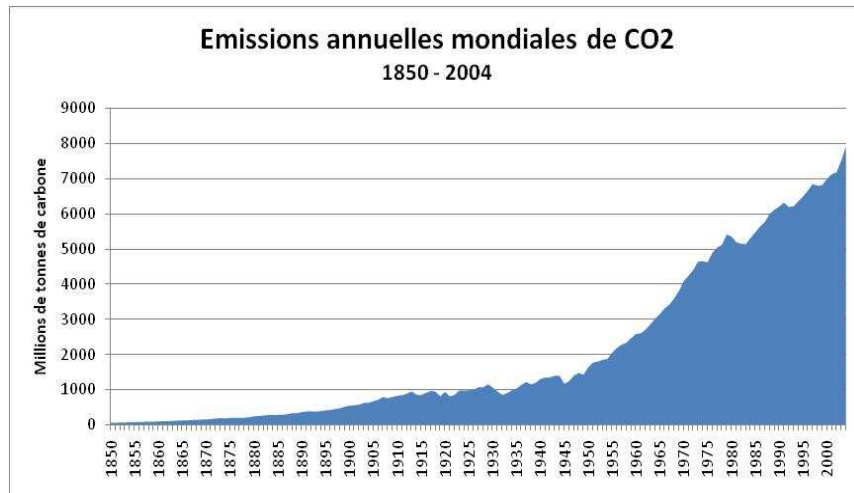
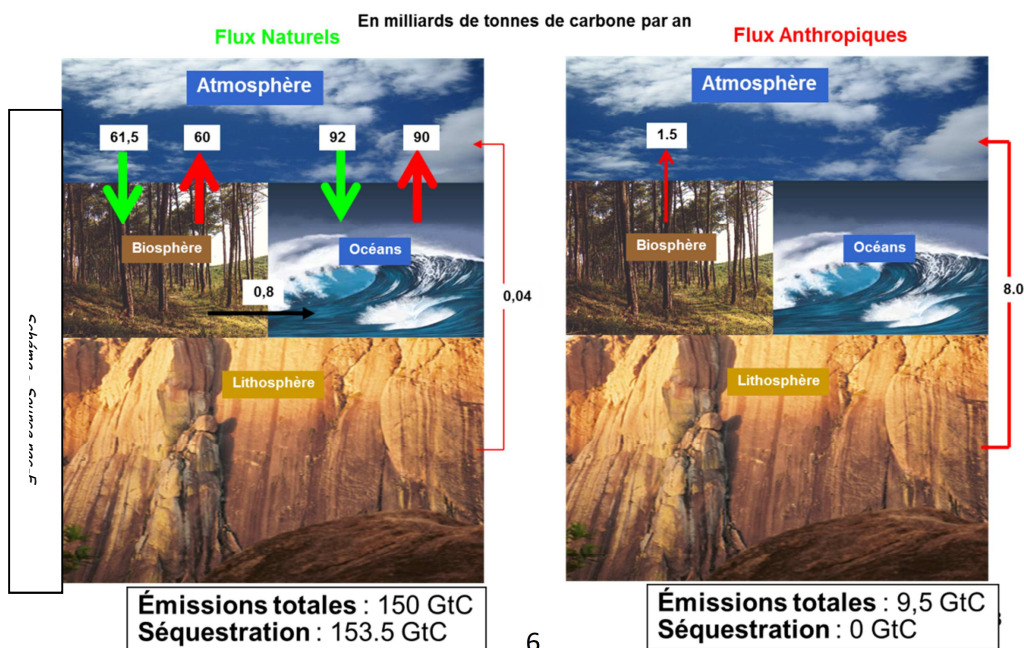
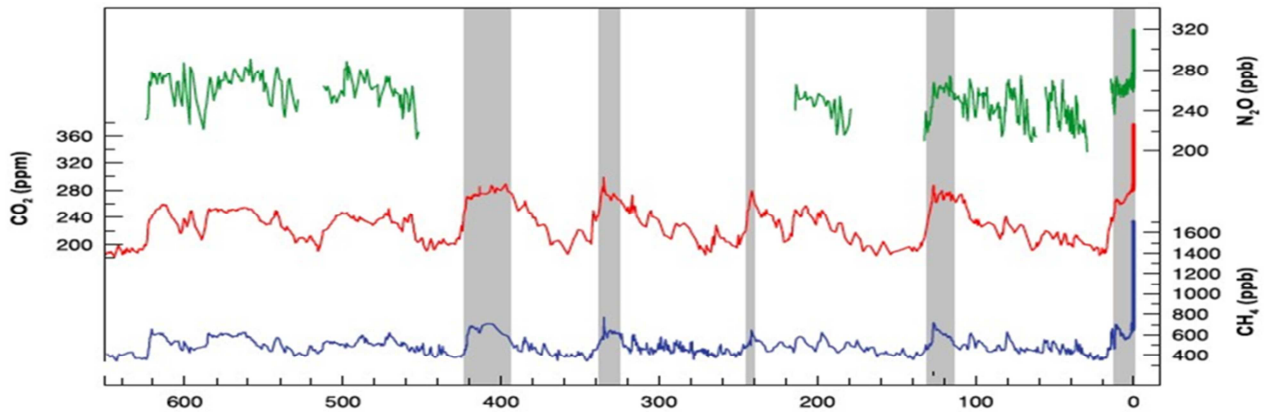


Schéma - Source ADEME

Une partie de ces émissions de CO₂ est absorbée de manière naturelle par les plantes et le phytoplancton notamment. Mais la nature a ses limites, et une partie de ces émissions s'accumule donc dans l'atmosphère (environ 3,5Gt C/an). En effet, les flux naturels ne parviennent plus à compenser les excédents issus de l'activité anthropique. Ces émissions sont directement liées à la combustion d'énergies fossiles, et sont en constante augmentation.



De ce fait, les concentrations atteintes de gaz à effet de serre n'ont jamais été aussi hautes depuis plusieurs dizaines de milliers d'années.



Concentrations atmosphériques du CO₂, CH₄, N₂O sur les 650.000 dernières années

(Source GIEC, AR4, 2007)

Nous avons le 9 mai 2013 dépassé la barre symbolique des 400ppm de CO₂ atmosphérique...

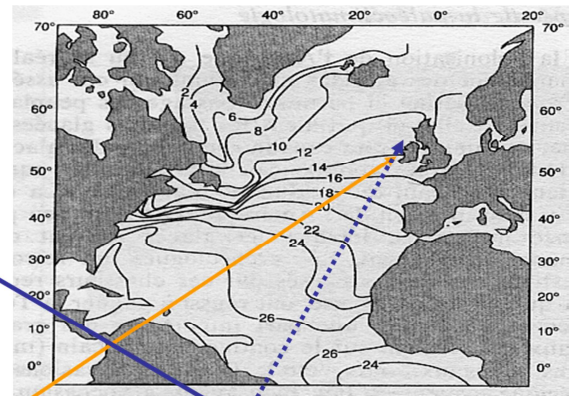
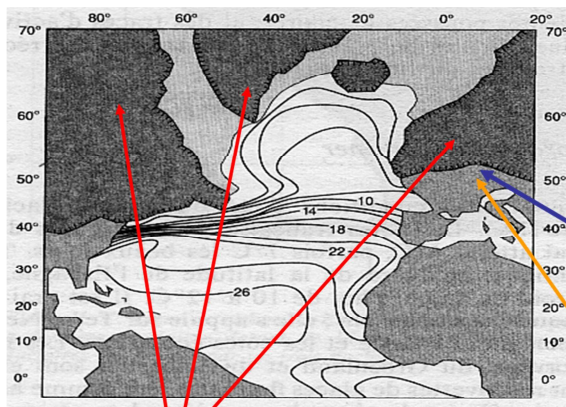
Mais finalement, quelles sont les conséquences de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ? Ces conséquences sont de différents ordres :

- Augmentation des températures,
- Variations du niveau des océans, liées à la dilatation de l'eau (sous l'effet de la hausse des températures) et à la fonte des glaciers,
- Impacts sur les écosystèmes naturels et l'agriculture,
- Evolution des courants marins (et donc des climats régionaux),
- Augmentation du nombre de phénomènes météorologiques à caractère extrême (sécheresses, inondations, tempêtes et cyclones, etc.)

A titre d'illustration, voici une carte de l'Atlantique nord reprenant les traits de côte il y a 20.000 ans, ce qui correspond à la dernière période de glaciation. La température moyenne sur la planète n'était alors inférieure « que » de 5°C (pour des raisons autres que celles liées au taux de CO2 atmosphérique) !... Et pourtant, nos ancêtres traversaient la manche à pied, puisque le nord de l'Europe était recouvert de glaciers... Que se passera-t-il avec 2, 3 ou 4°C de plus ? Les conséquences pourraient être réellement désastreuses....

Il y a 20.000 ans....

Aujourd'hui



Période glaciaire : d'immenses glaciers, épais de plusieurs km, recouvrent l'Amérique et l'Europe du nord. Le sol de la France est gelé en permanence, et inapte aux cultures

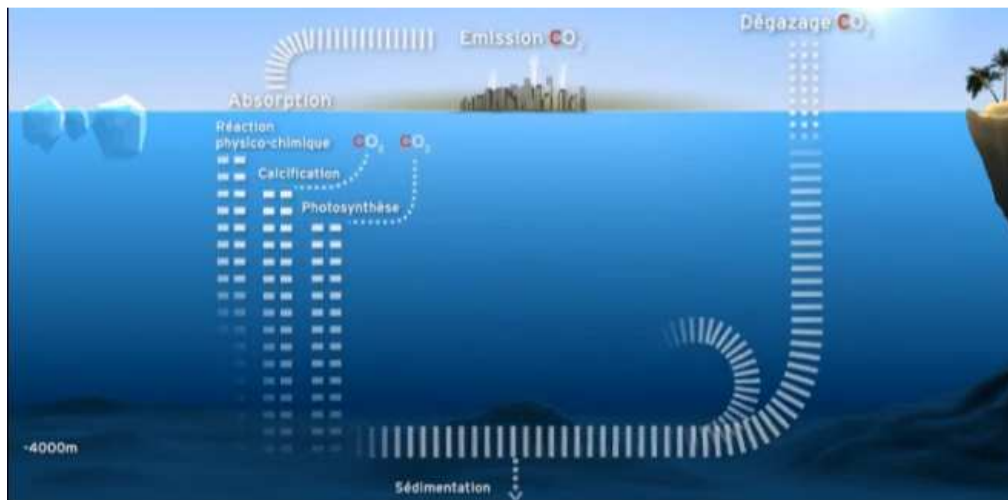
Période glaciaire : la température de l'Europe est plus basse de 8 à 10 °C mais celle des tropiques a peu varié

Période glaciaire : on passe à pied sec de France en Angleterre : la mer est plus basse de 120 mètres !

Schéma - Source ADEME

Enfin, les phénomènes climatiques étant extrêmement compliqués, la « machine climatique mondiale » pourrait s'emballer... Nous y reviendrons un peu plus tard.

2. Zoom sur... le cycle du carbone dans les océans et l'acidification des océans

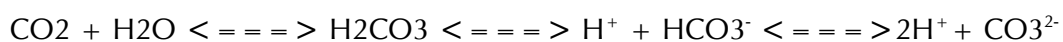


- « Réaction physico-chimique »

Le CO_2 présent dans l'atmosphère se dissout partiellement dans l'océan. Plus la concentration atmosphérique est importante, plus cette réaction aura lieu



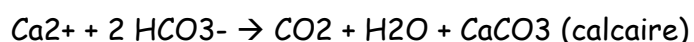
L'acide carbonique H_2CO_3 ($2 H^+ + CO_3^{2-}$) formé est en équilibre dans l'eau selon les formules suivantes:



Les ions H^+ contribuent à acidifier le milieu. La dissolution du CO_2 dans l'eau crée donc de l'acide carbonique. Cette acidité diminue le pH du milieu

- Calcification

Beaucoup d'organismes marins utilisent les ions bicarbonates pour créer une structure solide, issue de la précipitation du calcaire (formule ci-dessous)



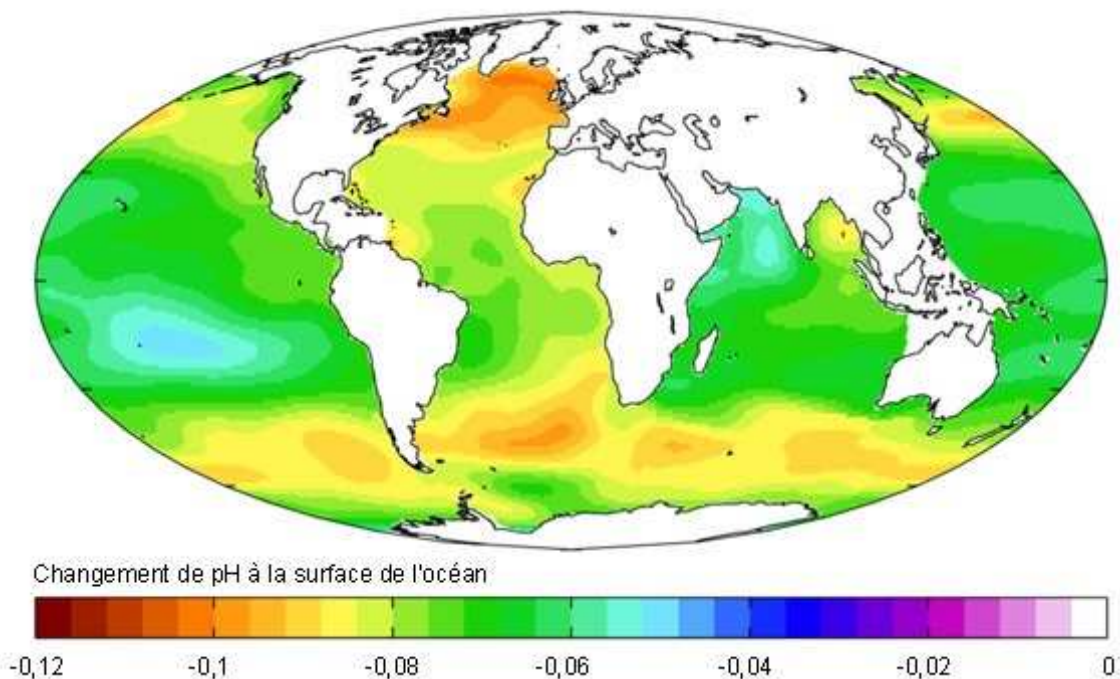
Lors de cette réaction, il se crée un peu de CO_2 également, qui est donc relargué vers l'atmosphère. Cette réaction est partiellement « inhibée » quand la dissolution du CO_2 augmente, créant des ions H^+ .

Parmi les organismes utilisant cette réaction, on trouve les coraux et la plupart des mollusques (pour fabriquer leurs coquilles), mais également des algues calcaires particulières du plancton : les coccolithophoridés. Ainsi, la craie, roche calcaire par

excellence, s'est formée par l'accumulation de coccolites (plaques calcaires des algues) à travers les âges.

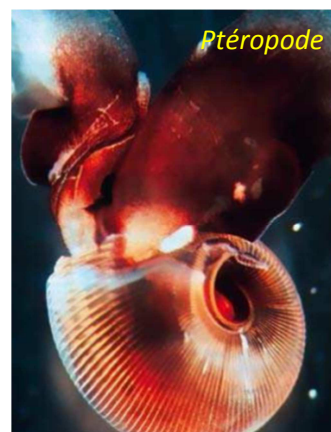
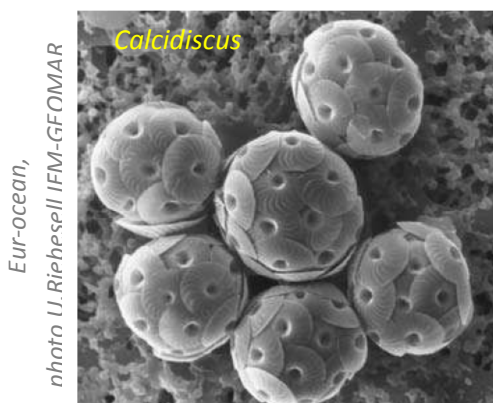
L'augmentation du CO_2 atmosphérique a donc une conséquence directe sur les organismes marins, en dehors des phénomènes propres au changement climatique : c'est le phénomène d'acidification des océans, perturbant tous les phénomènes de calcification.

Il est intéressant de présenter ces conséquences de l'augmentation du CO_2 atmosphérique, mais en les dissociant bien du phénomène de « réchauffement climatique ».



Source : *Global Warming Art*, d'après Gruber et al. 1996 et GODAP

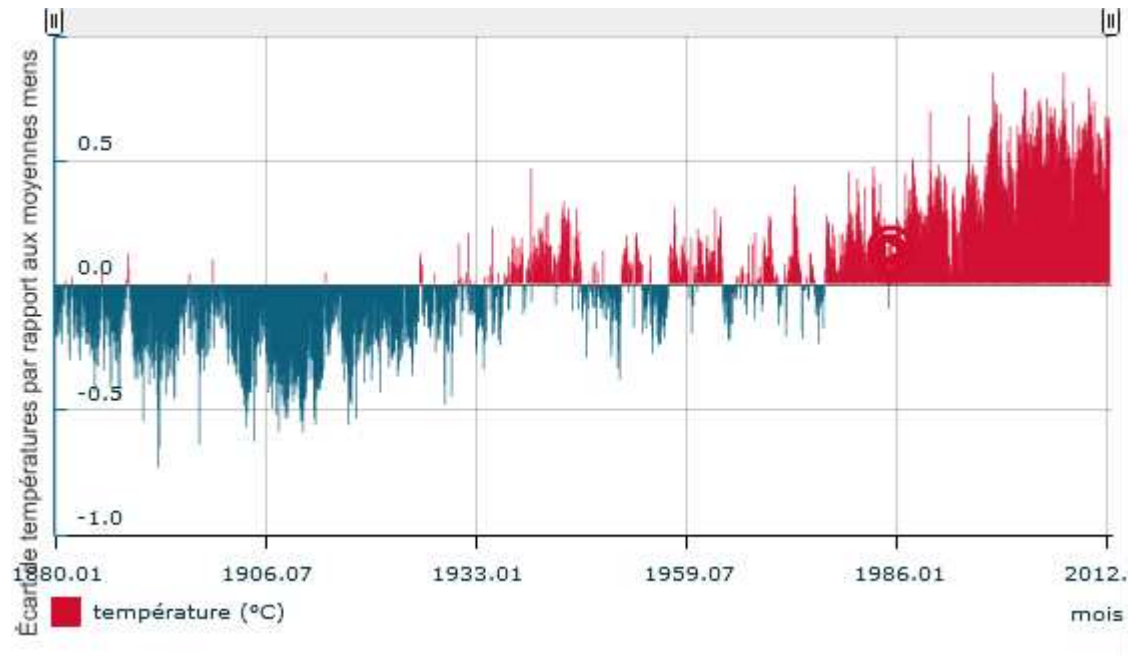
Les eaux plus froides dissolvant mieux le CO_2 , cette acidification s'avère plus forte aux hautes latitudes des deux hémisphères (qui sont aussi les plus productives). Les zones blanches (hors surface des continents) résultent de lacunes dans les données.



II. Constats et conséquences

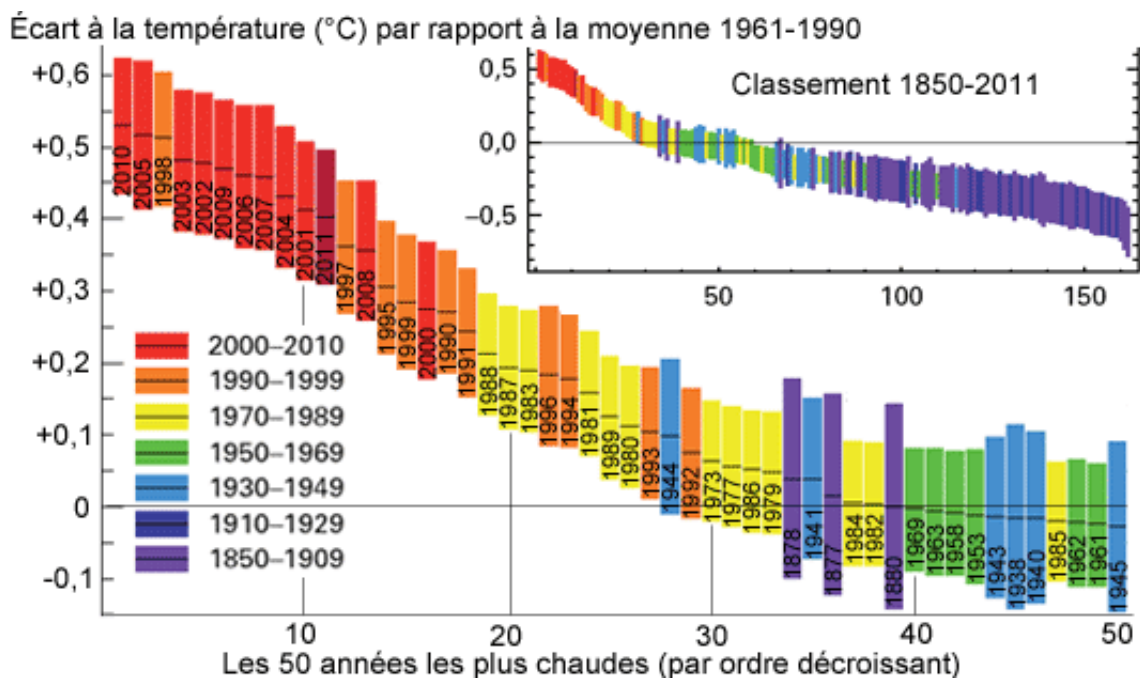
1. Hausse des températures

Écart des températures moyennes mensuelles par rapport aux moyennes 1901-2000



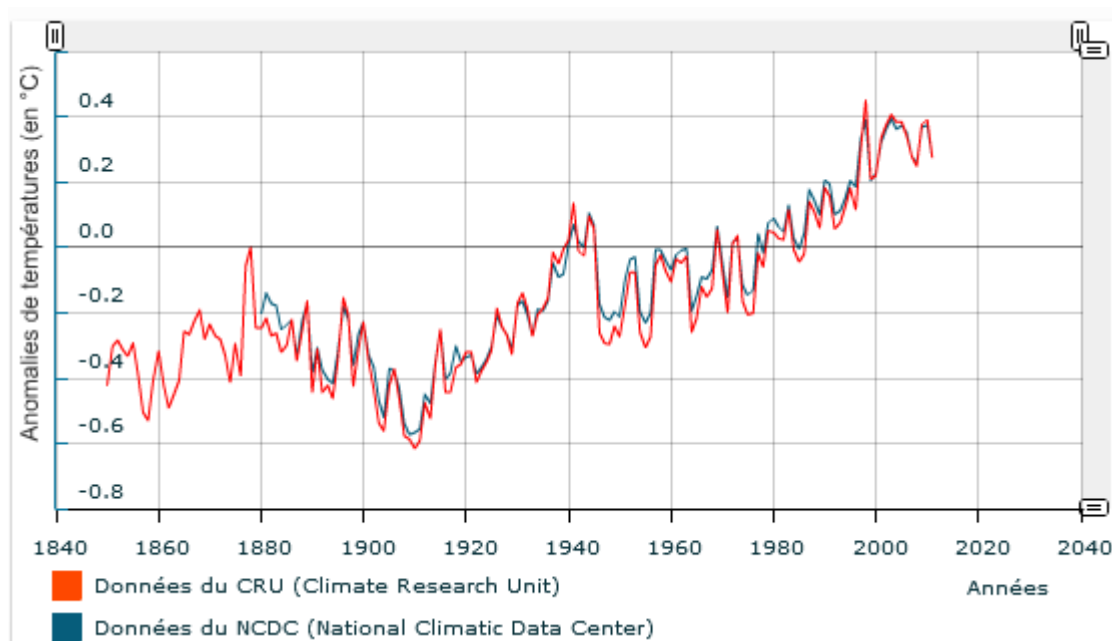
Source : *NCDC (National Climatic Data Center)*

Classement des températures annuelles globales



Source : *Organisation météorologique mondiale (OMM) : Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial en 2011*

**Anomalie de la température moyenne de la surface océanique
par rapport à la moyenne de la période 1961/1990**



Source : CRU (Climatic Research Unit, University of East Anglia, Royaume-Uni) et NCDC (National Climatic Data Center, États-Unis d'Amérique)

Les conséquences sur la vie subaquatique sont nombreuses. Les exemples repris ci-après s'appuient sur des faits avérés, issus d'études scientifiques et nommés pour la plupart dans les rapports du GIEC (groupement international des experts sur le climat).

→ Les changements de température influent directement sur les périodes de migration et/ou de reproduction de nombreuses espèces

Exemples avérés (source : document technique V du GIEC):

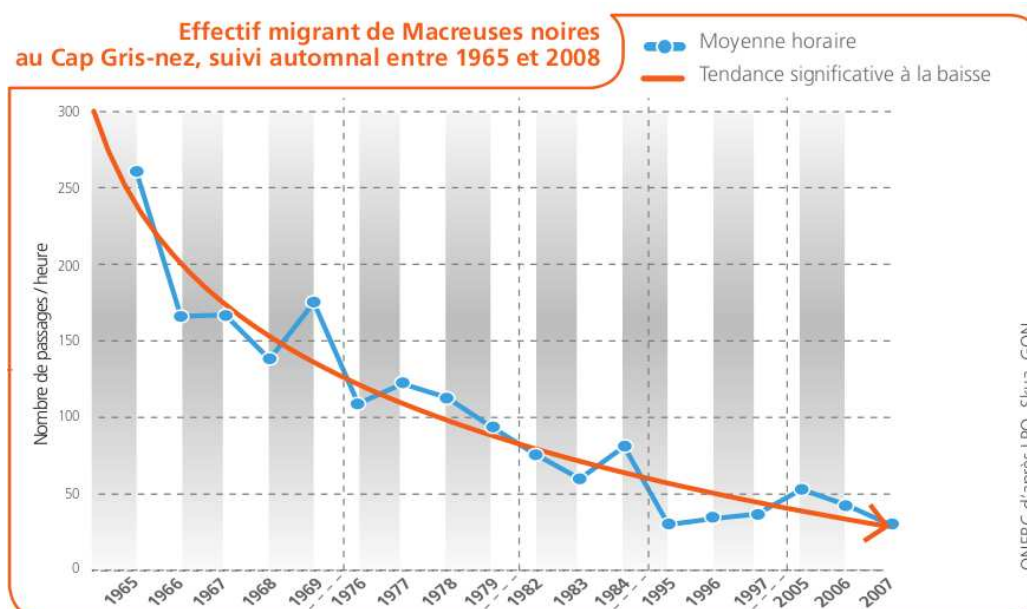
- La reproduction de 2 espèces de grenouilles a commencé 2 à 3 semaines plus tôt, au Royaume-Uni.



- Sur 119 espèces d'oiseaux migrateurs étudiées en Europe, 54 % ont déjà montré un déclin soutenu ou parfois même très sévère entre 1970 et 2000. Le changement climatique est présenté comme l'un des facteurs responsables de ce déclin (Sanderson et al. 2006). Les oiseaux sont donc d'excellents indicateurs du changement climatique.

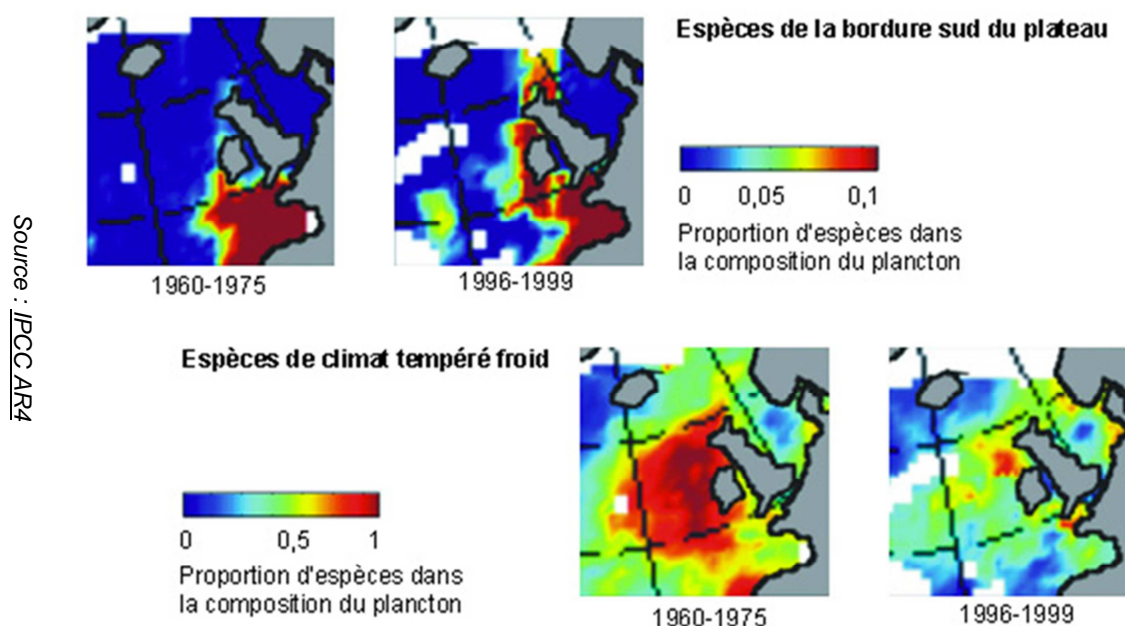
Un décalage peut donc se créer entre les naissances des nouvelles générations et les espèces alimentaires.

Certaines études tendent à montrer que les migrations peuvent également se faire moins conséquentes, en dehors des baisses de population, comme l'illustre l'exemple ci-dessous.



→ Variations des aires de répartition

Les espèces qui le peuvent « suivent » le climat qui leur convient le mieux. Des exemples sont repris dans la présentation, mais on peut retenir le changement de composition du plancton dans l'Atlantique nord, corrélé directement aux variations de température.



Les prélèvements de plancton effectués régulièrement montrent une évolution des aires de répartition des différentes espèces en une trentaine d'années : Les espèces méridionales, favorisées par des températures plus clémentes, progressent sensiblement vers le nord. Quant aux espèces septentrionales, inféodées à des eaux plus froides, elles, se raréfient.

Par ailleurs, certaines espèces appréciant des températures froides ne peuvent parfois pas migrer pour rejoindre des conditions qui leur sont plus favorables, risquant donc de disparaître directement.

- Par exemple, la perche canadienne (une espèce d'eau froide) a vu la viabilité de ses œufs diminuer avec l'augmentation des températures. En France, l'omble chevalier ne tolérerait pas une température supérieure à 7°C.

- Lors d'un épisode anormalement froid des eaux de surface sur le plateau de Terre-Neuve dans les années 1990, la composition des espèces de poisson a été modifiée

- Des augmentations expérimentales de températures automnales (de 10°C à 16°C) s'avèrent létales pour 99% des larves de perlidés.
- Toutes les espèces ne sont pas capables de se déplacer suffisamment vite pour suivre les conditions climatiques qui leur conviennent... Et si elles y parviennent, elles seront peut-être en compétition avec d'autres espèces déjà implantées.

→ Blanchissement du corail

Mécanisme : sous l'effet du « stress », les coraux expulsent leurs zooxanthelles, se privant ainsi de leur principale source d'énergie. Si le corail retrouve des conditions « normales », les zooxanthelles se réinstalleront, sinon, c'est la « mort blanche des coraux »...

Une élévation de plus de 1°C au cours d'une saison affecte de nombreuses espèces de corail : sous l'effet de ce stress thermique, un phénomène de blanchissement peut apparaître. Ce phénomène est réversible.

Par contre, une augmentation de 3°C conduit purement et simplement à la destruction du corail
 En 2005, une augmentation de la température au dessus de 29°C pendant plus de 6 mois dans la région Caraïbe a provoqué un blanchissement important en Guadeloupe, provoquant la mort d'environ 40 % des coraux.



→ Contribution aux phénomènes d'eutrophisation

L'eutrophisation est un phénomène complexe, mais naturel, conduisant notamment à une « explosion » de phytoplancton ou de cyanobactéries. Nous connaissons bien les phénomènes de marées vertes en Bretagne, mais aussi ce que l'on appelle « le sang des bourguignons », explosion d'une cyanobactérie - *Planktothrix rubescens* - dans les eaux douces. Ces deux phénomènes sont caractéristiques d'une eutrophisation du milieu.

L'apport de matières nutritives et l'augmentation des températures sont les 2 principaux facteurs de l'eutrophisation à l'origine de marées vertes ou du verdissement de certains lacs.

L'eutrophisation (mécanisme) :

Tout commence par un excès de matières nutritives (issues des activités agricoles, des pollutions anthropiques diverses et variées, etc.) dans le milieu. Cette disponibilité d'azote et de phosphore va permettre des « blooms » végétaux.

A la mort de ces excès végétaux, une nécessaire décomposition se fait dans le milieu, décomposition consommant l'oxygène dissous disponible. Cet oxygène n'est alors plus disponible pour les espèces vivantes.

La dégradation de ces espèces organiques se poursuit ensuite en milieu anoxique, une fois tout l'oxygène consommé. La réaction se fait alors avec production d'ammoniaque et de sulfure d'hydrogène, H_2S , à l'odeur « d'œuf pourri » caractéristique. Bien entendu, ces deux dernières molécules sont nocives pour la vie...

L'oxygène se dissout moins bien dans une eau « chaude » : les phénomènes anoxiques sont donc plus réguliers. L'augmentation des températures de surface peut également augmenter la stratification de la plupart des plans d'eau. Cette dernière limite alors les échanges entre les couches d'eau de fond et de surface, aggravant l'anoxie des couches profondes.

L'impact d'une augmentation des températures, en particulier estivale, peut donc être déterminante pour ce phénomène d'eutrophisation.



Mise à l'eau dans un lac très « riche »...

→ Changements morphologiques et comportementaux

Les variations de température ont été corrélées à des variations morphologiques chez différentes espèces. Les exemples en milieu marin ont été moins étudiés, mais on imagine le même type d'adaptations.

Exemples avérés (source : document technique V du GIEC) :

- les tortues peintes ont été plus grosses et ont plus rapidement atteint leur maturité sexuelle durant des années plus chaudes
- Certaines grenouilles commencent leurs appels plus tôt, et davantage lors des années plus chaudes

On peut aussi citer quelques exemples terrestres, à défaut d'études concrètes et d'exemples avérés en milieu marin :

- En Ecosse, le cerf noble (*Cervus elaphus*) a connu une croissance plus rapide lors de printemps plus chauds
- Le rat des bois d'Amérique (*Neotoma sp.*) a lui diminué de taille avec l'augmentation de la température



*La hausse des températures peut modifier
Certains comportements, comme chez cette grenouille verte*

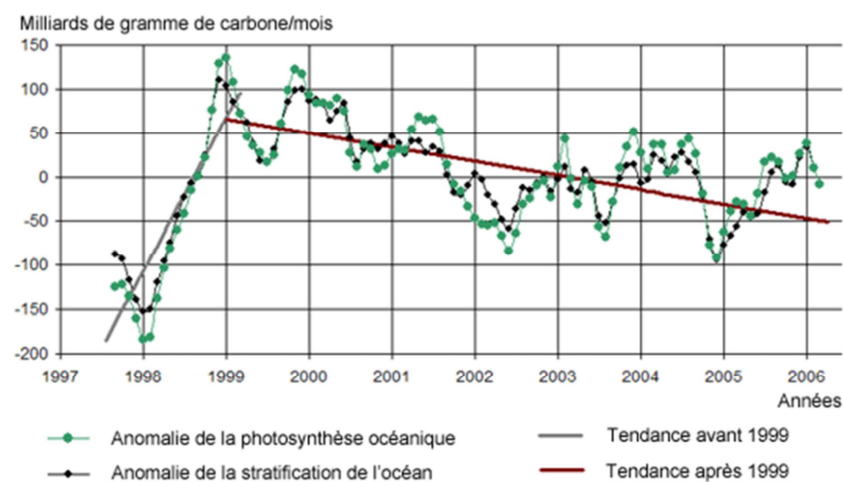
→ Diminution de la productivité

La productivité correspond à la capacité d'un écosystème à produire « de la masse » d'organismes. L'augmentation des températures a également été corrélée avec une diminution de cette productivité.

Quelques exemples :

- Des images satellites ont montré que le réchauffement de l'océan avait entraîné le déclin de 30 % de la biomasse de phytoplancton dans certaines zones du Pacifique Sud au cours des 10 dernières années.

Productivité primaire nette (PPN) des océans suivie par satellite



Source :
Michael J. Behrenfeld et al

La productivité océanique (mesurée par satellite) est allée croissant jusqu'en 1999, conformément à ce qui était attendu par les scientifiques : avec un CO_2 de plus en plus abondant, le phytoplancton doit logiquement produire de plus en plus. Mais ce phénomène semble s'être inversé depuis cette date. Une hypothèse serait que l'océan, sous l'effet du réchauffement, se stratifie davantage, privant le plancton des nutriments contenus dans les eaux profondes

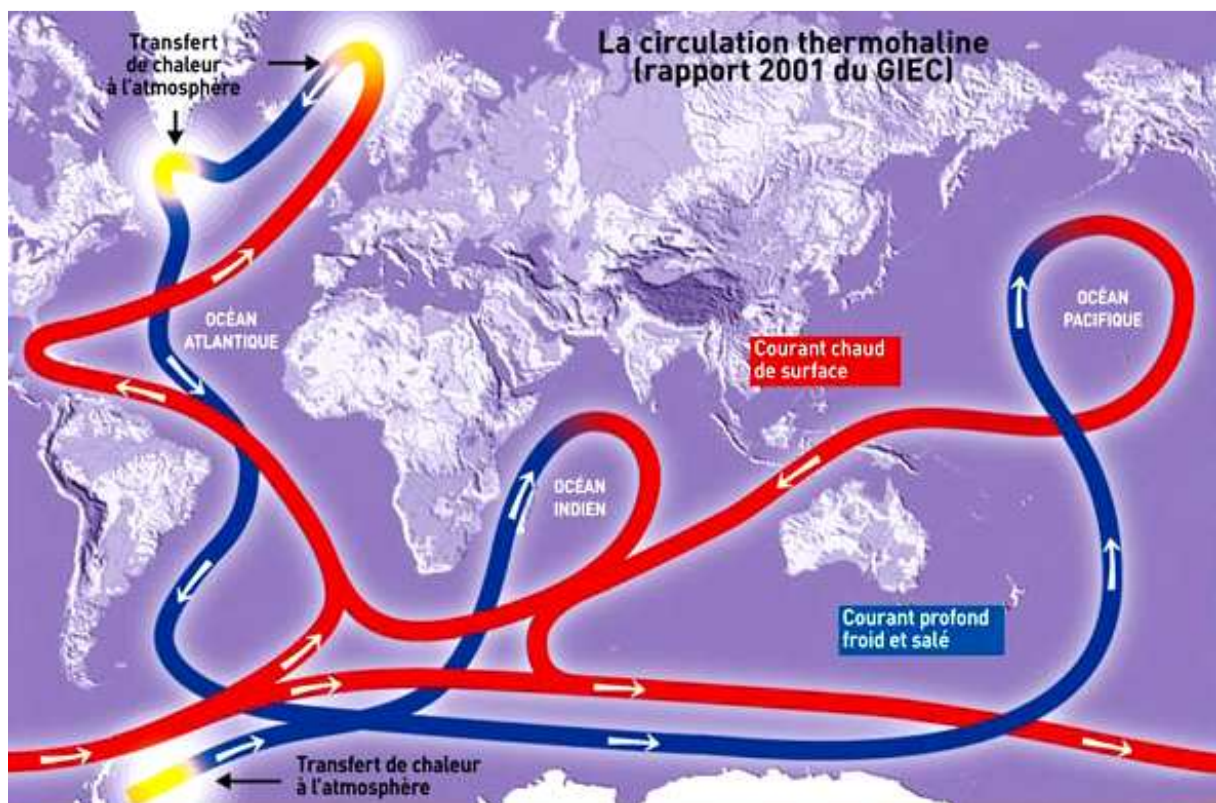
- Des variations cycliques (sur des périodes de 10 à 60 ans ou plus) dépendant de facteurs climatiques ont été mises en évidence, notamment chez les poissons.

Ainsi, les données sur les prises de poissons dans le nord ouest de l'océan atlantique, entre 1600 et 1900 ont été corrélées à la température de l'eau, de manière très nette, sur les populations de cabillaud

→ Diminution de la circulation thermohaline

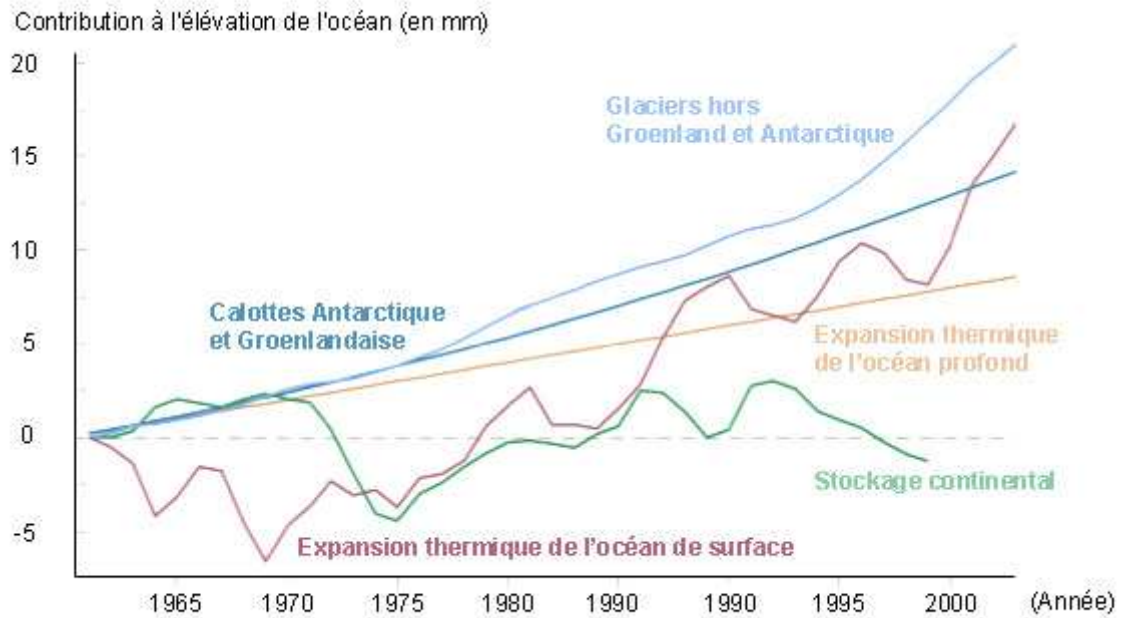
C'est en se refroidissant aux pôles que les eaux des océans s'enfoncent et coulent jusqu'aux tropiques où elles se réchauffent. Cet immense tapis roulant brasse les matières nutritives, facilite les migrations, distribue la chaleur sur la planète, etc.

Si il diminue???... les conséquences pourraient être gigantesques sur certaines parties du monde. Par exemple, si le Gulf Stream - qui apporte des températures douces sur la France - diminue... Pour rappel Nice et Montréal (où les températures descendent à -30°C voir -40°C en hiver) sont à la même latitude!



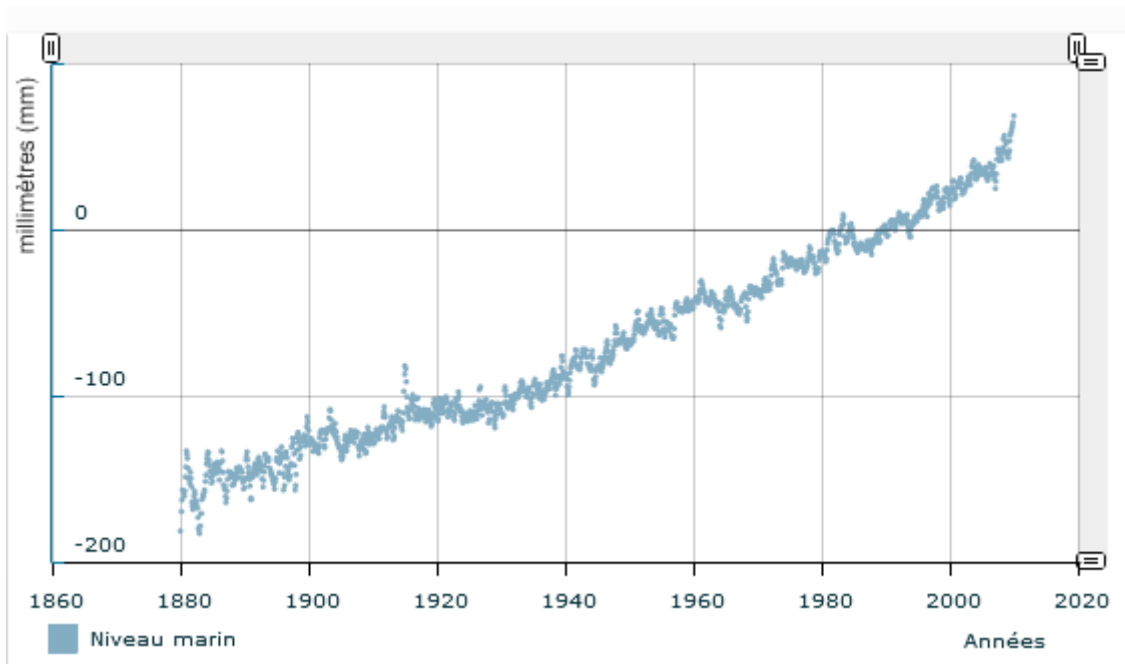
2. Hausse du niveau des océans

Reconstruction 1960-2000 des différentes contributions à la hausse du niveau marin



Source : *Dominques et al, Nature 453, juin 2008*

Reconstruction du niveau marin à partir de données marégraphiques de 1880 à 2001



Source : *Church, J. A. and N.J. White (2011)*

A l'échelle mondiale, 20% des terres humides côtières sont menacées d'ici 2080. Depuis 1900, le niveau des mers a déjà augmenté de 20 cm...

Le facteur principal de cette augmentation du niveau des océans est lié à l'expansion thermique des océans : Quand on chauffe de l'eau, celle-ci augmente de volume. On connaît bien ce phénomène au moment de préparer les repas, lorsque l'eau bout et finit par se sauver de la casserole....

Quelles sont les conséquences de l'augmentation du niveau des océans sur la biodiversité marine ?

→ Disparition des mangroves

Environ 13 % de la surface des mangroves du Pacifique Sud pourrait disparaître d'ici 2100 avec une élévation globale du niveau marin de 88 centimètres.

La disparition des mangroves variera selon différents facteurs : courants à la côte, sédimentation plus ou moins rapide, etc.

Les conséquences principales sont :

- La perte des « nurseries » pour de nombreuses espèces de poissons
- L'érosion accrue des côtes



Menace sur les mangroves...

→ Erosion des plages

Les plages sont des éco-systèmes à part entière, étroitement liées au milieu marin. Leur disparition serait un désastre pour de nombreuses espèces, de la puce de mer aux oiseaux limicoles.

La disparition des plages entraînerait la perte de lieux de ponte pour les tortues. De plus, de la température des nids dépend le sexe des bébés tortues... Des plages trop chaudes créeraient donc un déséquilibre entre mâles et femelles.

Les tortues sont elles aussi un indicateur des effets du changement climatique : changements de courants marins, perte des lieux de ponte viennent s'ajouter au désastre de l'urbanisation des plages, de la pollution et des filets dérivants.

Les 7 espèces de tortues marines sont sur la liste rouge de l'UICN : « en danger critique d'extinction »



*Plonger avec une tortue marine :
bientôt un souvenir ?*

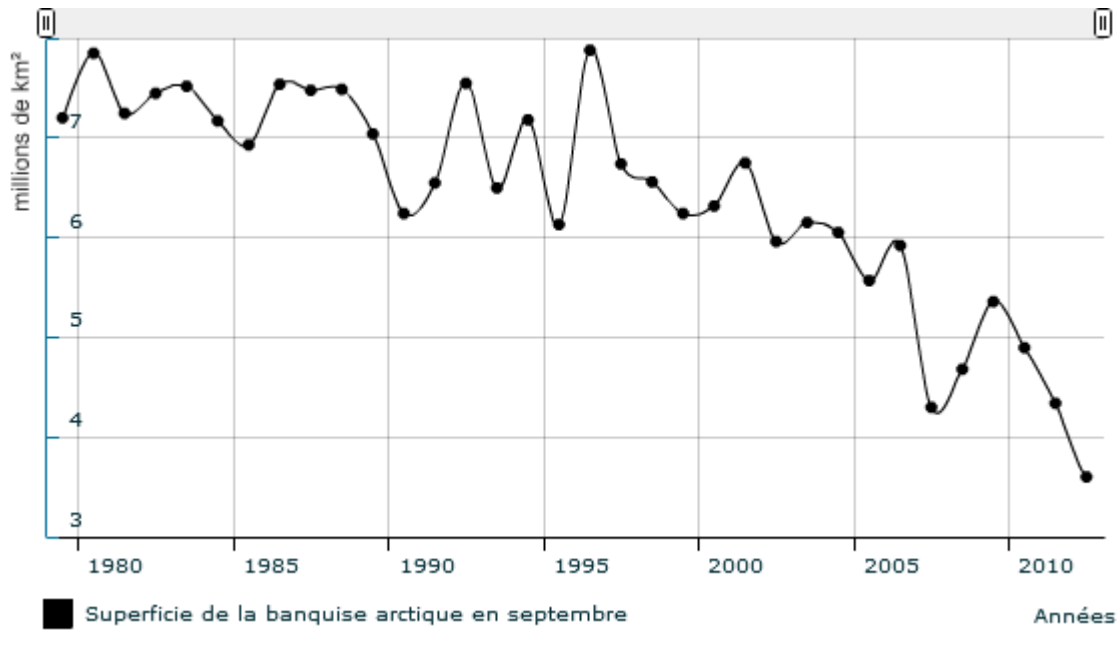
→ Infiltration d'eau saline dans les milieux humides côtiers

Ceci conduit à de profonds bouleversements de ces zones humides d'eau douce.... Et aux peuplements qui les constituent :

- Modification des habitats,
- Destruction des boisements,
- Pénuries d'eau douce
- Accentue le phénomène d'érosion

3. Fonte des glaces

Superficie de la banquise arctique, moyenne du mois de septembre 1979 à 2012

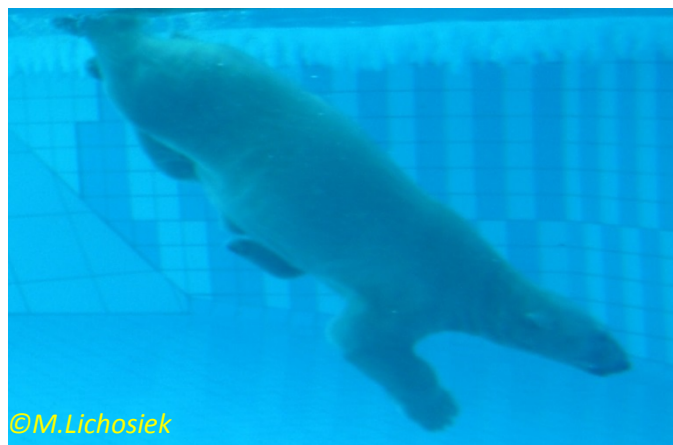


Source : *NSIDC (National Snow and Ice Data Center)*

Rappelons que seule la fonte des calottes glaciaires (glaciers disposés sur les continents), et non les "icebergs", contribue à la hausse du niveau des océans mondiaux.

Néanmoins, tous les glaciers sont des lieux de vie auxquels se sont adaptés des espèces bien spécifiques, menacées directement par la perte de leur habitat.

La perte de l'habitat de l'ours polaire est l'emblème même du réchauffement climatique. Mais le problème est identique pour le renard polaire.



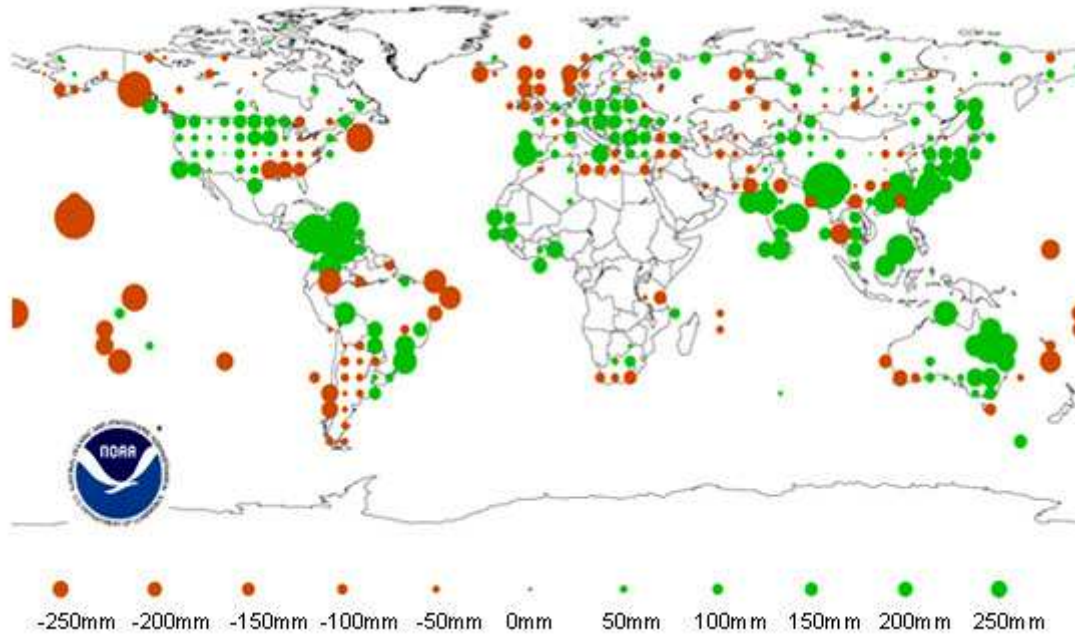
Des espèces infiniment plus petites sont impactées par la fonte des glaces : la durée de couverture glaciaire et la date de rupture des glaces déterminent également la composition du phytoplancton. Ainsi, les diatomées seraient moins nombreuses, au profit de cyano-bactéries.

Et qui mange les diatomées? Le krill bien sûr... aliment de base de nos chères baleines... C'est donc toute la chaîne alimentaire des régions polaires marines qui pourrait être impactée par la fonte des glaces...



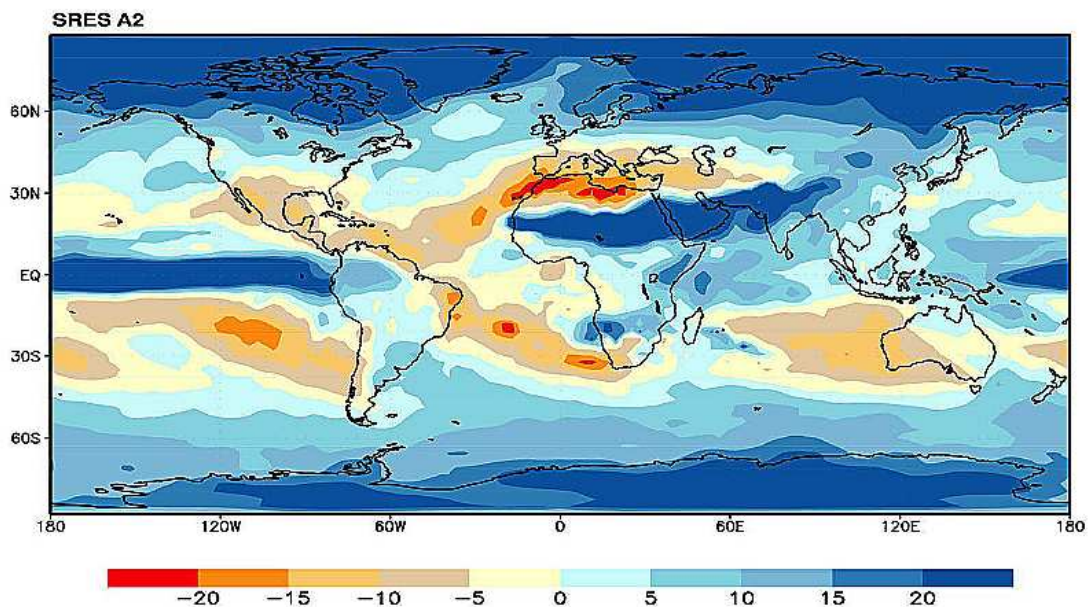
4. Variations des précipitations

Anomalie des précipitations en 2010 relativement à la moyenne 1961/1990



Source : *NOAA (National Oceanic and Atmospheric Observation)*

Scénarios de variations des précipitations (modélisation)



Changement des précipitations annuelles moyennes au cours de la période 2071 à 2100 par rapport à 1990, GIEC 2007

On note donc que nous verrons apparaître des zones plus humides, et des zones plus sèches. Une augmentation des précipitations globales sera également une probable conséquence du réchauffement climatique.

→ Augmentation des périodes de sécheresse

Les sécheresses conduiraient un certain nombre de lacs et rivières à voir leur niveau diminuer, limitant également les transferts d'espèces entre ces biotopes.

Certaines espèces seraient directement impactées par une mise à sec prolongée : le brochet qui pond à très faible profondeur dans le lit des rivières serait particulièrement impacté par une baisse printanière du niveau d'eau.

→ Variations des dépôts de sédiments

L'augmentation des précipitations peut conduire à l'augmentation du débit de sédiments vers les eaux côtières, mais également à un enrichissement en matières nutritives. Ce phénomène conduirait donc à une diminution de la luminosité de ces eaux (à cause de la « boue » et du développement de phytoplancton encouragé par les apports nutritifs) :

- Impacts sur les herbiers marins
- Impacts sur les récifs coralliens

Ce sont donc des éco-systèmes complets qui sont menacés....

→ Atteintes directes aux populations

Le phénomène de précipitations peut avoir des conséquences directes vers certaines espèces.

Quelques espèces de manchots utilisent des rochers « nus » pour nidifier.

L'augmentation locale des précipitations neigeuses diminue donc les possibilités

pour certaines espèces de se reproduire sereinement.

La population de manchots d'Adélie a diminué de moitié en seulement 10 ans...

Manchot (Nausicaa) →

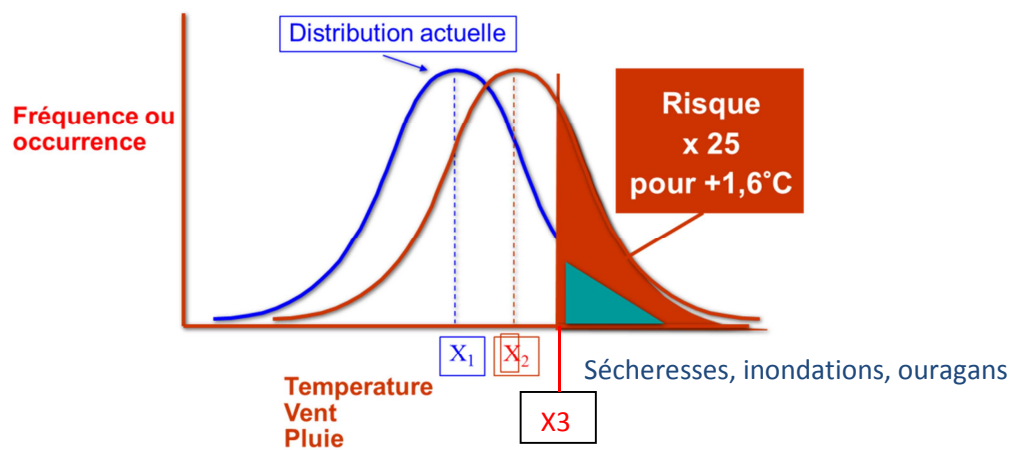


©M. Lichosiek

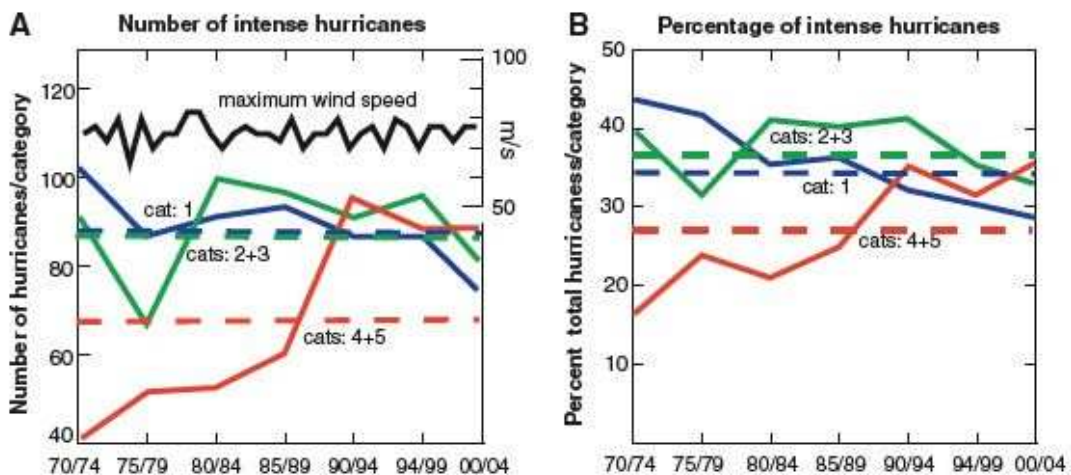
5. Augmentation des phénomènes extrêmes

Les phénomènes extrêmes relèvent de probabilités d'apparition, à partir d'une température X_3 . La courbe d'occurrence se distribue autour d'une valeur moyenne X_1 , et le risque de voir apparaître ces perturbations extrêmes correspond à la surface en bleu turquoise sur le schéma ci-dessous.

L'augmentation des températures sur la planète décale notre courbe d'occurrence vers la droite, alors distribuée autour d'une température moyenne X_2 . Les risques de phénomènes extrêmes commencent eux toujours à la même température X_3 . Le risque devient alors l'ensemble de la surface rouge. Les modèles montrent qu'une augmentation moyenne de température de $1,6^\circ\text{C}$ augmente le risque de voir apparaître sécheresses, inondations et autres ouragans d'un facteur 25....



Augmentation de la proportion de cyclones violents

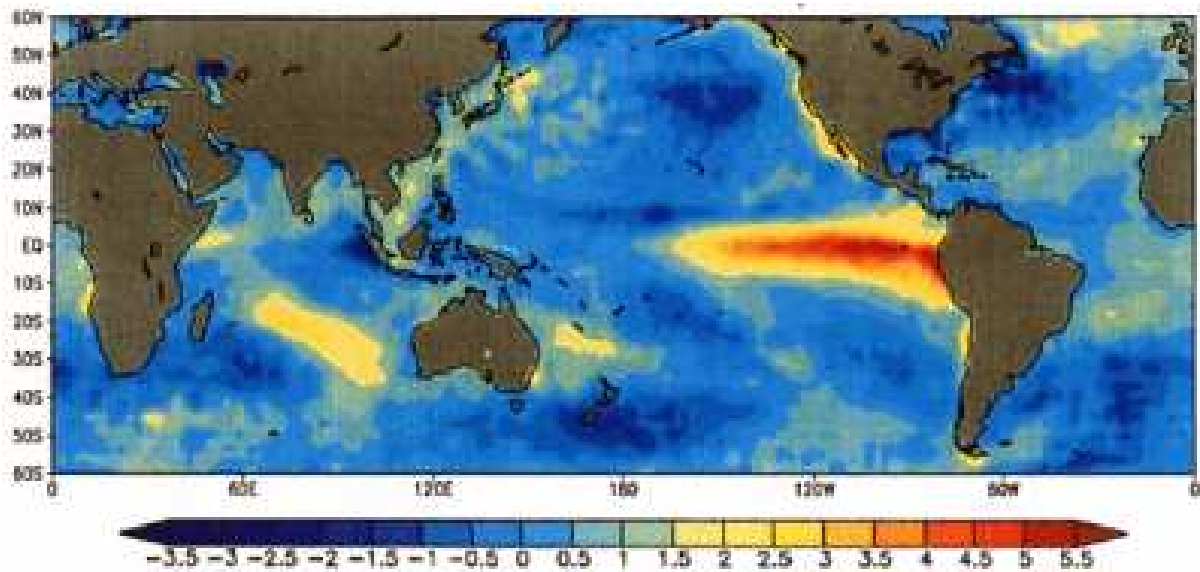


Source : science 2005

Ces éléments prouvent donc l'augmentation des phénomènes extrêmes sur la planète.

Les cyclones et ouragans viennent accentuer les phénomènes d'érosion du littoral, les dégâts dans les récifs coralliens, etc.

Parmi ces phénomènes, on peut également citer celui de El Nino, aux conséquences planétaires, et dont les anomalies de température augmentent à chaque nouveau cycle.



Anomalies de températures à la surface des océans (en °C) lors d'El Niño en 1997

Le phénomène El Nino conduit à des sècheresses importantes et à des pertes de productivité massive sur tout le pacifique sud, et jusque dans l'océan indien.



Désertification...

6. Progression des maladies et autres parasites

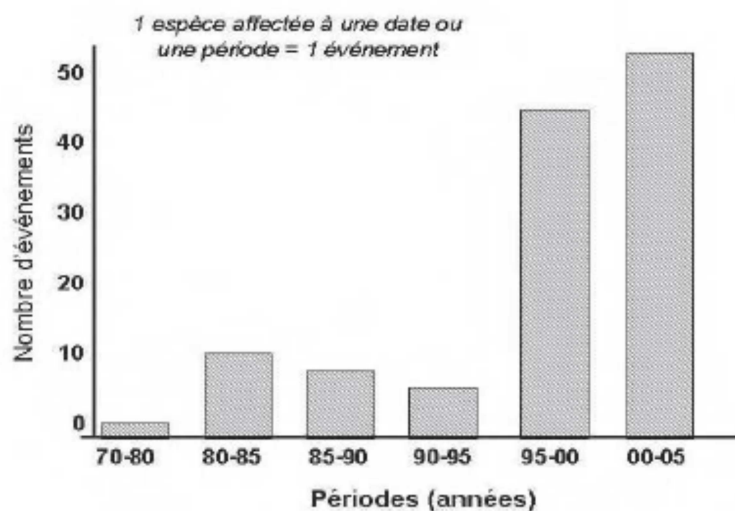
Des écosystèmes fragilisés, des barrières thermiques qui s'écroulent, autant d'opportunités pour quelques maladies de se propager...

On note ainsi la progression de maladies tropicales vers des zones inhabituelles : la malaria dont le vecteur est notre cher moustique par exemple. Mais les hommes ne sont pas les seuls à subir cette progression de maladies vers des contrées jusque là épargnées... Ainsi, par exemple, des huitres ont été affectées par différentes maladies: « Dermo » (causée par un protozoaire), « MSX » sur les côtes atlantiques nord_américaines, etc



En Méditerranée, l'apparition de maladies a été corrélée à l'augmentation des températures : nécroses, blanchissement partiel, etc.

En 1975, Steven Weinberg avait attribué une mortalité anormalement élevée des gorgones blanches à l'augmentation de la température...



III. La machine climatique s'emballe

Nous avons essayé de traiter séparément chacune des conséquences des phénomènes engendrés par le réchauffement climatique global. Mais tous les phénomènes décrits précédemment sont liés, et les pressions sont multiples.

La biodiversité mondiale subit déjà de nombreuses pressions anthropiques que les changements climatiques viennent renforcer, comme nous l'avons évoqué dans l'introduction.

- Bien sûr la planète a toujours subi des changements de son climat, obligeant les espèces à migrer et/ou à s'adapter : les espèces les plus robustes et les mieux spécialisées à leur environnement ont survécu plus facilement, selon le principe de la sélection naturelle décrit par Darwin. Mais actuellement, les changements climatiques sont très rapides, et laissent très peu de temps aux espèces pour « s'adapter »

Les espèces invasives ont donc « un boulevard » devant elles, vu tous ces déséquilibres...

Le réchauffement climatique s'entretient, avec des phénomènes qui s'emballent encore et toujours :

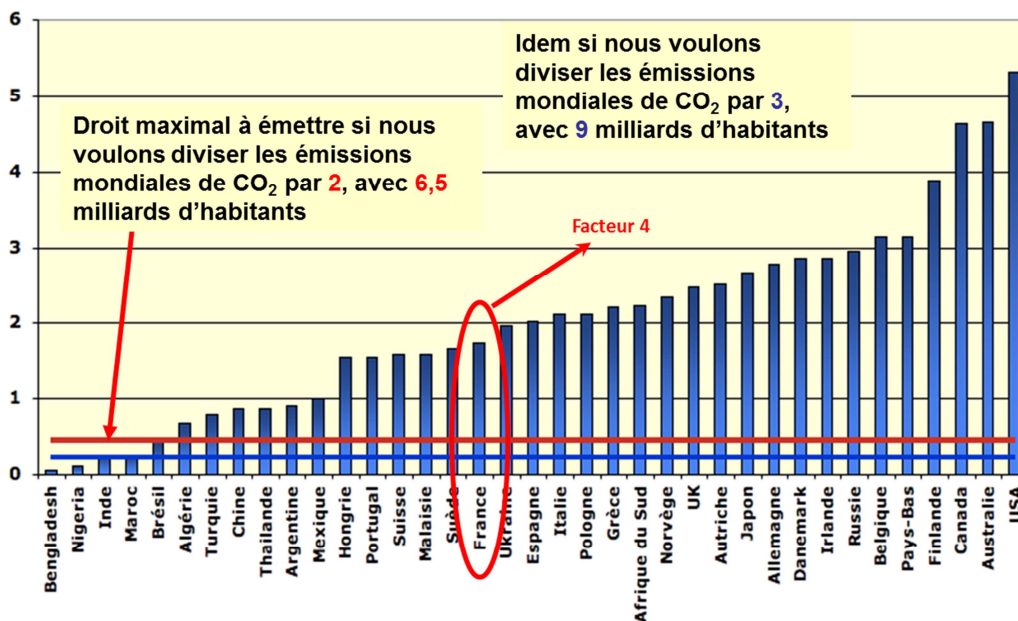
- le méthane piégé dans certains sols et sédiments pourrait être relargué. L'exemple le plus connu est celui des pergélisols (contenant du méthane), qui s'ils dégèlent conduiront à enrichir l'atmosphère en gaz à effet de serre
- la fonte des glaces (dont la blancheur « réverbère » la lumière solaire) conduit à augmenter la quantité d'énergie reçue par la planète
- Lors de la canicule de 2003, la végétation européenne touchée par le phénomène a relâché plus de CO₂ qu'elle n'en a capté,
- La stratification des océans pourrait diminuer la séquestration du carbone par ces masses d'eau, voire amener à un relargage de CO₂,
- Les courants océaniques jouent un rôle important sur le climat européen, grâce à l'influence du Gulf Stream... Que se passerait-il si celui-ci disparaissait ?
- etc.

IV. Comment agir ?

Nous connaissons les limites de la planète, à savoir quel surplus de CO₂ la nature est capable de « digérer ». Dès lors, on peut répartir le « gâteau » de ces émissions entre l'ensemble des habitants de la planète.

Le document ci-dessous s'appuie sur les chiffres de 2003... la part de gâteau individuel correspond à la ligne rouge, si nous sommes 6,5 milliards d'habitants, mais à la ligne bleue si nous sommes 9 milliards.....

C'est ainsi qu'est apparue en France l'expression de « facteur 4 » : pour respecter notre « droit à émettre », chaque français devrait diminuer par 4 ses émissions individuelles.



Émissions de CO₂ par habitant en 2003 en teq Carbone
 et « droits maximaux à émettre sans perturber le climat »
 (Source WRI pour les émissions par habitant, sur données AIE et UN)

→ Comment agir dans la pratique de notre loisir favori : la plongée sous-marine ?

La pratique d'un loisir est forcément émettrice de gaz à effet de serre. La plongée subaquatique reste une source potentielle de GES à tous les niveaux :

- Nous prenons l'avion régulièrement pour découvrir de nouveaux horizons,
- Nous embarquons sur un bateau qui ne se déplace que très rarement à la voile... Et consomme donc du carburant.
- Notre matériel a été fabriqué, il pèse un poids certain, et a donc émis des gaz à effet de serre lors de sa fabrication (le poids est intimement lié à la quantité de matière nécessaire). On peut donc s'interroger sur le cycle de vie de notre détenteur, de notre combinaison, de notre stab, etc. Les fabricants ont-ils réfléchi au cycle de vie de tout ce matériel ? Nous avons également recours à du matériel électronique, dont l'impact est très important sur l'environnement (à titre d'exemple, un ordinateur de bureau « standard » pèse 339kg de CO2 pour sa fabrication, sans l'écran - *source greenit.fr*)
- Le gonflage de blocs de plongée est très énergivore. Les fuites sont donc particulièrement intéressantes à surveiller.
- Que dire, en voyage, de l'impact de la fabrication d'eau douce, ou encore celui du tri de nos déchets, de l'approvisionnement en denrées alimentaires parfois aussi lointaines que nous, etc.

Un certain nombre d'actions peuvent donc être imaginées lors de la pratique de notre loisir favori, en plus des actions éco-citoyennes à mener au quotidien :

- Respecter la charte du plongeur responsable
- Témoigner des richesses de l'environnement que nous avons la chance de découvrir en « privilégiés »,
- Penser à l'impact de nos déplacements : privilégier le co-voiturage... quand l'accès aux sites se fait en voiture,
- Améliorer la durabilité de notre matériel,
- « compenser » nos voyages via des organismes dédiés,
- Etc.



CONCLUSION

En conclusion, je m'appuierai sur deux citations qui résument bien la situation :

- La diversité dans la composition génétique des espèces et des populations est la base pour le développement et l'évolution. Elle joue un rôle crucial dans l'aptitude des individus à résister aux différents stress du milieu. "Un pool de gènes trop minime peut être un problème pour une espèce ou une population quand apparaissent de nouveaux agents pathogènes" déclare le professeur Markus Pfenninger, chercheur au Centre LOEWE.
- Le changement climatique menace les éléments de base de la vie pour des pans entiers de populations autour du globe - à savoir, l'accès à l'eau, la production de vivres, la santé et l'utilisation des sols ainsi que l'environnement.
Sir Nicholas Stern, 2006

Notre commission « environnement et biologie » subaquatique a un rôle capital à jouer, à mon sens, pour sensibiliser l'ensemble des plongeurs aux pressions anthropiques exercées sur le milieu subaquatique. De nombreuses réflexions d'harmonisation du discours fédéral entre nos commissions restent d'ailleurs à mener, notamment sur la capture de certaines espèces (corbs et mérours récemment par exemple). Mais le sujet du réchauffement climatique peut lui faire consensus très rapidement.

Dès lors, nous nous devons également de sensibiliser le public des plongeurs à leur impact quotidien vis-à-vis du réchauffement climatique. En effet, respecter le milieu, ce n'est pas seulement éviter de « massacrer » le corail à coups de palmes, mais aussi imaginer et participer à la survie à moyen terme des récifs menacés par l'augmentation des températures et l'acidification des océans... Ces notions pourraient être davantage abordées dans nos cursus de biologie subaquatique...

SOURCES

Photographies : Mathieu LICHOSIEK, site doris.ffessm et autres contributions précisées en légende.

Bibliographie :

- Les changements climatiques et la biodiversité - Document technique V du GIEC (avril 2002)
- www.ademe.fr
- www.rac-f.org
- www.eurocean.org
- www.observatoire-climat-npdc.org
- Changement climatique et biodiversité dans l'outre-mer européen, UICN (Jérôme Petit et Guillaume Prudent)
- Impact des changements climatiques sur la biodiversité en Mer Méditerranée, PNUE (Thierry PEREZ)
- Changement climatique : La nature menacée en France? (rac-f; fne, wwf, Ipo, greenpeace)

REMERCIEMENTS

Impossible de ne pas remercier 3 « personnages » exceptionnels qui m'ont permis de découvrir différemment l'environnement subaquatique : Jean Marc DESTAILLEUR, Yves MULLER et Vincent MARAN. Au-delà de leurs connaissances, c'est leur amitié que je tiens à saluer très sincèrement, espérant avoir encore la chance de partager de nombreuses explorations en leur compagnie....

Je tiens également à remercier l'ensemble des instructeurs nationaux qui m'ont conforté dans le plaisir de la connaissance, de la pédagogie et de l'amitié : Philippe LE GRANCHE, Vincent MARAN, Marjorie DUPRE, Frédéric GUIMARD et Jacques DUMAS.

Enfin, je remercie tous les plongeurs qui m'accompagnent dans le plaisir sans cesse renouvelé de découvrir pour quelques instants les secrets de ce monde subaquatique, à la fois si proche et si lointain...