

MOOC CLIMAT

Causes et enjeux du changement climatique



SEMAINE 5 : IMPACTS REGIONAUX ET ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Ce document contient les transcriptions textuelles des vidéos proposées dans la partie « Les océans et les zones côtières » de la semaine 5 du MOOC « Causes et enjeux du changement climatique ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

Changement climatique, l'océan et ses services écosystémiques

Laurent BOPP

Directeur de recherche – CNRS

Dans cette vidéo, nous allons nous intéresser aux impacts du changement climatique sur l'océan et sur les services qu'il rend aux sociétés humaines, on parle de services écosystémiques.

- Sur ce premier transparent, et sur la figure de droite, vous avez la façon dont la température de surface de l'océan a évolué au cours des 150 dernières années.
- Ce qu'ont montré les scientifiques qui mesurent la température de surface de l'océan, c'est un réchauffement important de quasiment 1°C au cours du dernier siècle.

- ⇒ En effet l'océan absorbe une grande partie de la chaleur additionnelle générée par l'augmentation de gaz à effet de serre et cette absorption de chaleur va conduire à un réchauffement de toutes les couches de l'océan mais aussi évidemment de l'océan de surface.
- Sur ce deuxième transparent, autre conséquence de l'augmentation ici du CO₂ dans l'atmosphère, c'est ce qu'on appelle l'acidification de l'océan.
- ⇒ L'océan absorbe en effet à peu près un quart des émissions entropiques de carbone et cette absorption de carbone par l'océan va conduire à ce qu'on appelle l'acidification des océans.
- ⇒ En effet, le CO₂ est un acide faible et donc son absorption par l'océan modifie la chimie de l'océan et conduit à son acidification.
- Vous avez ici sur la figure de droite des séries temporelles mesurées par trois stations océaniques qui vous montrent cette diminution du pH d'à peu près 1/10 d'unités pH depuis le début du XXe siècle.
- Augmentation de température et acidification vont continuer au cours des prochaines décennies, c'est ce que nous montrent les projections climatiques ici réalisées pour deux scénarios, le scénario RCP8.5 qui est un scénario où les émissions de gaz à effet de serre sont importantes au cours des prochaines décennies et le scénario RCP2.6 où les émissions de carbone et d'autres gaz à effet de serre sont limitées au cours des prochaines décennies.
- ⇒ Dans le cas du scénario RCP8.5, la température moyenne de surface des océans s'élève de près de 3°C par rapport à l'actuelle alors que cette température de surface reste limitée à +1 °C à peu près par rapport à l'actuel pour le scénario RCP2.6.
- ⇒ De la même façon, dans le scénario haut, le scénario RCP8.5, le pH continue à baisser de façon importante dans l'océan de surface jusqu'à 4/10 d'unités de pH pour le scénario RCP8.5 alors que cette acidification est limitée dans le cadre du scénario RCP2.6.
- Vous avez sur la droite deux cartes qui vous montrent cette augmentation de température et cette diminution de pH régionalisé grâce à l'utilisation de modèles climatiques.
- Les scientifiques s'intéressent à la façon dont ce réchauffement des eaux et cette acidification vont impacter les organismes biologiques qui vivent dans l'océan.

Plusieurs techniques, plusieurs méthodes permettent de tester la réponse de ces organismes à l'acidification ou au réchauffement des eaux.

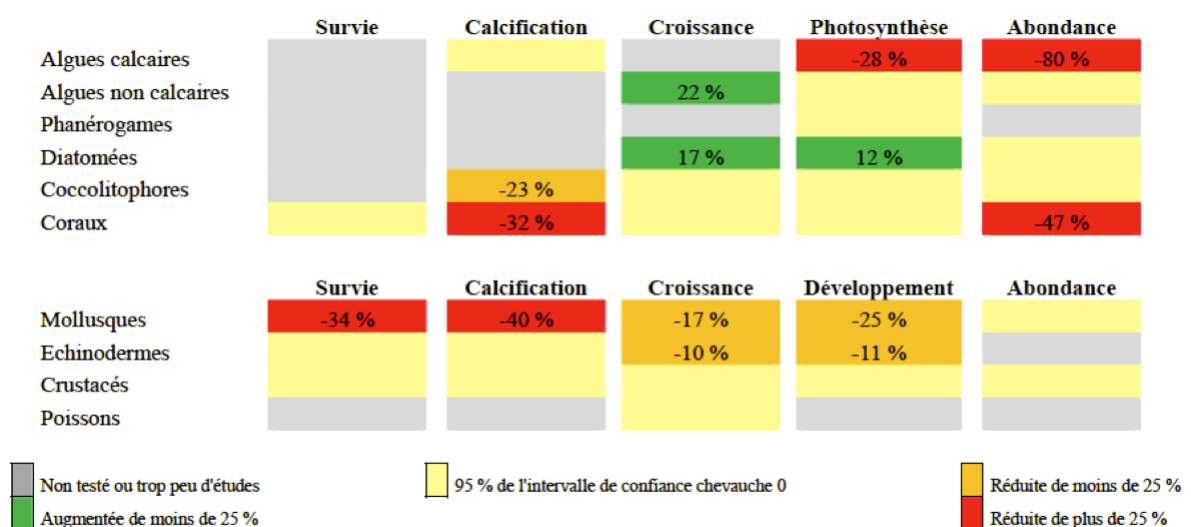
- De façon assez traditionnelle, les scientifiques ont cultivé ou élevé certains organismes végétaux ou animaux en laboratoire et ont modifié artificiellement les conditions

environnementales dans des aquariums pour mesurer ou tester la façon dont ces organismes répondent à ces modifications.

- D'autres méthodes permettent de tester la réponse des organismes en les laissant dans leur environnement.
- ⇒ C'est les photos que vous avez sur la droite ici, c'est un dispositif que l'on appelle FOCE (pour *Free Ocean CO2 Enrichment Experiment*) qui permet de modifier les conditions environnementales, ici principalement le pH de l'eau, en laissant les organismes dans leur environnement.
- D'autres types de méthodes, en utilisant des gradients naturels de pH ou de températures contrastées ou alors en faisant des reconstructions paléocéanographiques des conditions environnementales et des organismes, de leur abondance, de leurs caractéristiques permettent de mettre en évidence des liens entre conditions environnementales, pH, température et la santé de ces organismes.

Nous commençons à avoir un certain nombre de données qui nous permettent de comprendre, de déterminer la façon dont ces organismes marins répondent à l'acidification et au réchauffement des eaux.

- Ici, ce tableau vous montre la façon dont les organismes et leurs principales fonctions répondent à l'acidification des océans.
- ⇒ Un certain nombre d'organismes comme les organismes calcaires, les coraux par exemple répondent de façon importante à l'acidification des océans.
- ⇒ Leur calcification, la fabrication de leur squelette calcaire est fortement réduite dans le cas où les eaux s'acidifient.



Kroeker et al. 2013

- ⇒ L'abondance des coraux pourrait aussi fortement diminuer en réponse à l'acidification des océans.
- D'autres organismes utiles à l'homme, les mollusques par exemple, montrent aussi des réponses très négatives à l'acidification des océans.
- ⇒ Ce tableau montre par exemple que la survie des mollusques est largement diminuée dans des eaux plus acides.
- L'ensemble de ces indications a permis aux scientifiques de mesurer, d'estimer la façon dont certains des grands services que l'océan rend aux sociétés humaines pourraient évoluer au cours des prochaines décennies.
- ⇒ En effet, de nombreuses activités humaines reposent sur des écosystèmes marins en bonne santé. C'est le cas évidemment de la pêche qui nourrit plusieurs centaines de millions de personnes, dont l'alimentation dépend de façon critique de la pêche.
- ⇒ L'aquaculture, on a parlé des mollusques dans le transparent précédent, est également une activité humaine importante et l'évolution de l'aquaculture va dépendre de la façon dont ces conditions environnementales vont évoluer en réponse à l'augmentation des gaz à effet de serre.
- ⇒ Et d'autres services écosystémiques dépendent aussi de ces écosystèmes de ces organismes, c'est le cas de la protection côtière qui peut dépendre de l'existence ou pas de récifs coralliens par exemple, c'est le cas également du tourisme.
- ⇒ Les scientifiques ont estimé que la perte des récifs coralliens à l'échelle globale pourrait coûter plusieurs milliards de dollars par an en 2100.
- Les scientifiques ont montré que les impacts de ce réchauffement et de cette acidification étaient déjà détectés pour certains de ces services.

Quelles techniques d'adaptation, quelles méthodes d'atténuation pourrait permettre de limiter ces impacts ?

- En premier ordre évidemment, mesurés, les risques estimés sont très différents dans le cas du scénario bas, le scénario RCP2.6 et le scénario haut, RCP8.5.
- ⇒ Donc au premier ordre une atténuation des émissions de carbone permettrait de limiter ces risques et ces impacts sur les services écosystémiques.
- Dans le cas de l'évolution du pH ou de la température, et dans certains cas plus régionaux, les scientifiques et les économistes ont proposé des méthodes d'adaptation.
- ⇒ Je vous montre ici un exemple d'adaptation de l'aquaculture sur la côte ouest des États-Unis, Oregon, où les personnes qui s'occupent d'élever des huîtres ont montré que

l'augmentation de l'acidité de l'eau mer perturbait la façon dont ils étaient capables de cultiver ces huîtres.

- ⇒ En surveillant le pH de l'eau de mer qui varie aussi de façon naturelle, et dans certains cas en déplaçant certaines écloseries, cela a permis de lutter et de s'adapter à l'évolution de l'acidification et du changement climatique.

Adaptation aux changements climatiques en zone côtière

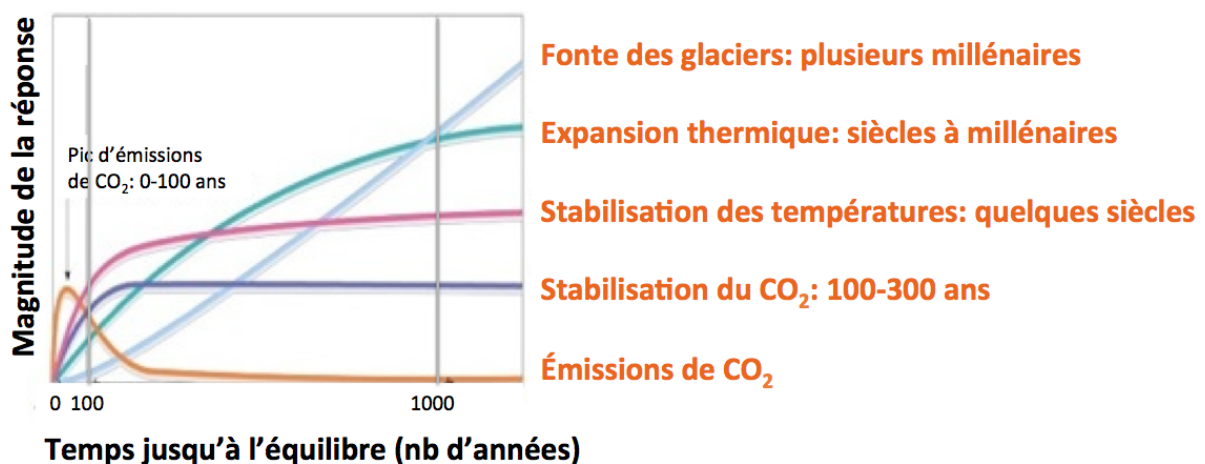
Sebastian WEISSEBERGER

Professeur – Université de Moncton

L'augmentation du niveau de la mer représente une des conséquences les plus redoutables des changements climatiques surtout bien sûr pour les zones côtières.

Alors pourquoi le niveau de la mer augmente-t-il ? Il y a principalement deux raisons à cela :

- La première est l'expansion thermique de l'océan, c'est-à-dire qu'au fur et à mesure que l'eau se réchauffe dans l'océan, elle prend un peu plus d'expansion ce qui fait augmenter le niveau de la mer.
 - L'autre raison est la fonte des glaciers continentaux donc que ce soit dans les Alpes, l'Himalaya, les glaciers des Andes ou d'Afrique, ainsi que les grandes calottes glacières du Groenland et de l'Antarctique ouest, qui contribue à l'augmentation du niveau de la mer.
- Depuis le début de l'ère industrielle, le niveau de la mer a augmenté d'environ 20 cm et on s'attend que d'ici à la fin du XXIe siècle que le niveau de la mer augmente - selon les prévisions du GIEC -, d'encre 30 ou 98 cm, jusqu'à 1 m (certaines prévisions basées sur d'autres modèles avancent des chiffres un peu plus élevés jusqu'à 1 m 40).



Adapté de IPCC, 2001 & UNEP/GRID-Arendal, 2006

- En fin de compte, cela reste une question d'échelle de temps, puisque l'augmentation due au réchauffement des eaux va se poursuivre pendant environ un millénaire, ce qui correspond au temps de mélange thermique des océans avec la circulation thermohaline, tandis que ce que la fonte des glaciers et surtout des calottes glaciaires au Groenland et

en l'Antarctique ouest comprend beaucoup de phénomènes de seuils, de dynamiques non linéaires et une fois enclenchée pourrait être irréversible et se poursuivre pendant plusieurs millénaires.

⇒ Donc, de toutes façons, le chiffre de 1 m va très certainement être dépassé, peut-être pas au cours de notre siècle mais des siècles à venir, il va être dépassé de loin.

Alors qu'est-ce que cela veut dire pour les zones côtières et les communautés qui y vivent ?

- Et bien on observe déjà une augmentation des taux d'érosion sur beaucoup de côtes dans le monde.
- Sur tous les continents, on observe une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des inondations dues à des phénomènes météorologiques extrêmes qui eux aussi ont tendance à augmenter dans beaucoup de régions du monde, notamment en mer du Nord ou dans le golfe du Saint-Laurent.
 - ⇒ Alors cela a plusieurs impacts, on observe aussi une submersion de plus en plus fréquente des écosystèmes côtiers comme par exemple les mangroves ou les marais salants qui se trouvent en bord de mer et ce qui est d'autant plus dommageable pour ces écosystèmes que le territoire côtier devient de plus en plus occupé de nos jours et cela ne laisse plus de place de recul pour les écosystèmes pour éviter l'impact des submersions.
- Alors, du point de vue des communautés, et bien il y a des endommagements d'infrastructures que l'on observe, donc des maisons qui sont plus fréquemment inondées et qui souffrent de l'effet du sel sur l'intérieur et l'extérieur des maisons.
- On observe en endommagement de routes par exemple qui doivent être réparées à grands frais voire même déplacées complètement à l'intérieur des terres.
- Il y aussi la question de l'intrusion d'eau salée dans les puits, dans les aquifères mais aussi sur les sols agricoles qui sont souvent situés en zone côtière, ce qu'on voit par exemple au Sénégal mais aussi au Bangladesh ou dans le delta du Nil donc qui touche à la sécurité alimentaire et aussi au pouvoir d'achat ou au pouvoir économique des communautés côtières.

Donc qu'est-ce que les communautés côtières peuvent faire pour s'adapter à ces changements ?

- Il existe plusieurs stratégies que l'on regroupe normalement en trois grandes stratégies d'adaptation qui sont la protection, qui sont l'accommodement et qui sont le retrait.
 - ⇒ Et à ces trois, on peut ajouter aussi un quatrième principe qui est le principe de précaution.

- Alors la protection, que ce soit à l'aide de digues, de murs, d'enrochements, c'est souvent le premier réflexe qu'ont les communautés côtières pour se prévenir des assauts de la mer.
- Donc on voit beaucoup de côtes dans le monde autant dans des pays industrialisés comme le Canada que dans des pays en développement comme le Sénégal, qui sont de plus en plus protégés par des enrochements.
- Bien sûr pour certains environnements comme des grandes villes par exemple où sont concentrées des fortes populations et des biens immobiliers très importants, la protection est la seule - du moins à court terme -, la seule stratégie possible pour se protéger de la mer et donc dans des villes comme New York, comme Londres, comme Venise ou des grandes villes asiatiques, on construit à coups de milliards de dollars ou d'euros ou de yens par exemple des protections côtières, des grandes digues, des barrages amovibles etc.
- Par contre, les protections côtières ont bien sûr des limites aussi, donc beaucoup de structures qui sont construites ne sont pas vraiment adaptées aux risques en présence donc souvent les protections côtières n'empêchent pas les inondations, sont elles même inondées lors d'événements importants et peuvent aussi être endommagées lors d'événements extrêmes.
 - ⇒ Donc on voit souvent des murs qui tout simplement tombent sur la plage lorsque l'eau gruge la fondation de ces murs et les protections côtières ont aussi des impacts importants sur les écosystèmes comme l'érosion des plages en aval des protections côtières est souvent nettement accélérée et on aboutit à un littoral complètement artificialisé, qui ne sert plus d'habitat aux poissons, aux oiseaux et toutes les espèces qui l'utilisaient avant et bien sûr l'impact sur le paysage est très important de ces protections côtières.
- L'accommodement regroupe beaucoup de différents types d'interventions comme par exemple des changements au niveau de l'agriculture au Bangladesh où on remplace beaucoup de la riziculture par de la creveticulture qui est moins susceptible à l'intrusion de l'eau salée, aussi de la réduction des dommages résultant de désastres.
- Encore au Bangladesh, on a réussi à réduire de plusieurs centaines de milliers de morts jusqu'à quelques millions de morts les dommages suite à des typhons extrêmes comme on a durant la saison des pluies, entre les années 1970 et les années 2000.
- Ou encore le désenclavement de territoires insulaires ou péninsulaires comme le rehaussement de ponts par exemple, qui permettent de circuler entre des territoires inondés et non inondés.

- Et la dernière solution, qui est toujours la moins souhaitée par les populations est bien sûr le retrait.
- Donc beaucoup d'endroits au monde, que ce soit dans le delta du Saloum, au Sénégal, sur la côte du Bénin, dans des petits états insulaires, des populations ont dû fuir la zone côtière parce qu'elle n'était tout simplement plus habitable.
- Par contre, il y a aussi des situations comme aux Pays-Bas où le retrait est planifié, donc aux Pays-Bas certains polders, situés sous le niveau de la mer ont été zonés comme zone purement agricole ou pastorale et tous les habitants ont reçu des aides, des subventions pour aller se relocaliser dans d'autres parties du territoire moins affectées par le niveau de la mer, l'augmentation du niveau de la mer et les inondations.

Mais pourtant, partout dans le monde - on a vu ça à la Nouvelle-Orléans par exemple où tous les quartiers nouvellement construits au cours du XXe siècle ont été inondés tandis que le vieux quartier français du XVIIIe et XIXe siècle a été épargné -, on construit de plus en plus dans des zones inondables que ce soit des marais asséchés en bord de mer, des plages ou des zones de très faible élévation.

Donc ça c'est un type d'adaptation qui bien sûr n'est pas en mesure de conjuguer avec les effets attendus des changements climatiques et à ce niveau-là, il faut que les communautés côtières changent de perspectives et planifient le développement à beaucoup plus long terme pour pouvoir prévoir l'augmentation du niveau de la mer d'ici 30 à 50 ans et établir des plans d'aménagement du territoire qui en tiennent compte et ainsi agir de manière plus précautionneuse.