

Les dérèglements climatiques l'atmosphère et les océans

Depuis la parution de mon [deuxième article](#) sur les glaciers, l'Antarctique et le pergélisol le 25 juin dernier, l'environnement a occupé beaucoup de place dans les médias. Au-delà des événements ponctuels comme les feux de forêt en Sibérie, je retiens :

- a) le [rapport spécial du GIEC sur les terres émergées](#), publié le 8 août 2019;
- b) la [lettre ouverte](#) signée par plus de 11 000 scientifiques qui unissent leurs voix pour que nous réagissions et fassions face aux dérèglements climatiques; et
- c) [un autre rapport spécial du GIEC](#) publié le 24 septembre 2019 sur « les mesures prioritaires opportunes, ambitieuses et coordonnées pour faire face aux changements durables sans précédent que subissent l'océan et la cryosphère. »

Dans ce troisième article qui porte sur l'atmosphère et les océans, je vais continuer de mettre l'accent sur les interactions entre l'apport anthropique des gaz à effet de serre (GES) et notre planète. Je reprends ce que j'écrivais dans mon premier article de mars 2019 :

«... notre écosystème terrestre n'est pas un système linéaire, mais bien un système complexe, ce qui signifie que d'infimes perturbations pourront provoquer de grands changements. »

et c'est ce que nous observons. Je n'ai aucun mérite de l'avoir écrit, car c'est ainsi que la Nature fonctionne. Ce qui importe est de s'en rappeler... R.M.

L'atmosphère

L'air est un fluide, tout comme l'eau, mais beaucoup moins dense, environ 800 fois moins au niveau du sol. Cette densité varie en fonction de la pression, de la température et de l'humidité. Pour les besoins de notre discussion, nous nous limiterons à la partie inférieure de l'atmosphère, soit la troposphère, là où on retrouve essentiellement le temps que l'on observe. La tropopause, soit la limite supérieure de la troposphère, est la plus basse en hiver au-dessus des régions polaires, à environ 7 km d'altitude, essentiellement à cause de la densité plus forte de l'air froid, et la plus haute en été au-dessus des tropiques (environ 18 km). Les systèmes météorologiques (perturbations, creux barométriques, anticyclones, etc.) que l'on observe en surface et le temps qui leur est associé (précipitations, vents, températures, etc.), ont une structure verticale dans l'atmosphère. Si nous voulons prévoir ce qui se passe au niveau du sol, nous devons obligatoirement prêter attention à ce qui se passe en altitude car c'est là que presque tout commence.

La circulation atmosphérique

La circulation atmosphérique est déterminée par le fait que l'air chaud, moins dense, s'élève alors que l'air froid, plus dense, descend. À cela s'ajoute la rotation de la terre, l'influence du relief comme les chaînes de montagnes, la nature de la surface (océan, glace, forêt, désert...) etc. De manière très simplifiée, on retrouve en altitude, aux latitudes tempérées, un vent d'ouest vers l'est plus ou moins zonal appelé courant-jet. L'écart de température (gradient thermique) entre le côté polaire (froid) et le côté équatorial (chaud) détermine l'intensité de ce vent dit géostrophique. Ce vent résulte de l'équilibre entre la force de pression et la force de Coriolis¹. Ce vent est une très bonne approximation du vent réel en altitude; un peu moins vrai en surface à cause du relief et du frottement. Cela vaut pour les deux hémisphères.

Mais l'atmosphère est une véritable marmite thermodynamique de sorte qu'on observe d'importants méandres dans le courant-jet lesquels sont à l'origine de la formation de creux et de crêtes en altitude. Ce genre de configuration est à l'origine, lorsque les crêtes et les creux sont suffisamment intenses et d'autres conditions favorables présentes, de conditions de blocage.

Les conséquences sur l'atmosphère de l'ajout de GES

Le réchauffement de l'atmosphère dû aux GES a un impact sur la circulation et celle-ci est aussi influencée par ce qui se passe au sol, par le réchauffement des océans par exemple. Tout est interrelié. Mentionnons les principales conséquences du réchauffement atmosphérique :

1. L'affaiblissement du gradient thermique entre les pôles où la température augmente plus rapidement qu'à l'équateur a, comme conséquence, une réduction de la vitesse moyenne du courant-jet dans l'atmosphère. Les perturbations circuleront donc en moyenne plus lentement et laisseront davantage de précipitations dans leur sillage.

¹ La force de Coriolis est nulle à l'équateur et maximum aux pôles.

2. La circulation aux latitudes tempérées sera moins zonale (orientation ouest-est) et on verra davantage de configurations avec méandres susceptibles de provoquer des situations de blocage.
3. Il y a toujours eu des patrons météorologiques de blocage dans l'atmosphère. Ils sont à l'origine de conditions météorologiques qui peuvent durer plusieurs semaines, voire des mois. Selon la saison et l'endroit où nous nous trouvons, sous une crête ou sous un creux par exemple, nous connaissons du temps froid, pluvieux, neigeux, une canicule, de la sécheresse, etc. et la probabilité de battre des records augmente. Puisque le courant-jet sera en moyenne plus faible avec le réchauffement de l'atmosphère, il faut s'attendre à ce qu'il faille davantage de temps avant que la dynamique atmosphérique ne permette un changement dans la configuration du courant-jet, lequel provoquera éventuellement un déblocage. Ces blocages prolongés et étendus favoriseront l'apparition d'extrêmes (températures, précipitations, etc.) plus marqués, lesquels se traduiront par des coûts sociaux, économiques, voire politiques, plus grands.

À cela s'ajoute une [étude](#) toute récente (décembre 2019) de chercheurs de l'Université Rice qui vient de mettre en évidence que l'étendue des régions touchées par de tels blocages augmentera (jusqu'à 17 %) suite aux dérèglements climatiques. Les blocages associés aux canicules dévastatrices survenues en France en 2003 et en Russie en 2010 en font partie.²

5. Puisque les pôles sont moins froids, la zone de rencontre de l'air **froid et sec** et de l'air **chaud et humide** le long de laquelle se déplacent les perturbations va remonter un peu plus vers le pôle. C'est d'ailleurs ce qui arrive l'été par rapport à l'hiver. Cela signifie, à titre d'exemple, que cela va favoriser le remplissage des réservoirs des barrages hydro-électriques dans le nord du Québec puisqu'on y retrouvera davantage de précipitations. Aussi, au Québec et au Canada, le déplacement des forêts vers le nord aura lieu au rythme de 5 à 10 km par année, en raison d'une foule de facteurs dont les essences d'arbres. Les pays situés aux latitudes tempérées pourront profiter de certains avantages comme ceux-ci mais les inconvénients l'emporteront grandement. Également, une étude de l'Université Stanford³ publiée en avril 2019 montre que les pays des régions tropicales, souvent les plus pauvres, en souffriront le plus.

Pour en apprendre davantage sur la circulation atmosphérique, je vous recommande les sites suivants.^{4, 5, 6}

² <http://news.rice.edu/2019/11/12/stalled-weather-patterns-will-get-bigger-due-to-climate-change/> et <https://www.indianaenvironmentalreporter.org/posts/increased-number-of-blocking-events-to-create-deadly-weather-systems> et

³ <https://news.stanford.edu/2019/04/22/climate-change-worsened-global-economic-inequality/> et <https://usbeketrica.com/article/rechauffement-climatique-creuse-inegalites-pays>

⁴ <http://people.sca.ugam.ca/caron/synop/S4142CircGenH07.pdf> et

⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=LrsYMOrgHVo>

Les océans⁷

Les données disponibles

Les océans sont vastes et profonds et leur étude requiert de nombreuses données. Retenons les sources suivantes.

- Les données Argo⁸
Argo est un projet international de collecte d'information sur la température et la salinité des océans de la surface à des profondeurs allant jusqu'à 2000 m. On utilise des flotteurs profilants autonomes qui effectuent une descente contrôlée dans l'océan et, dix jours plus tard, ils remontent à la surface pour transmettre par satellite les données recueillies. Ils ont une espérance de vie de quatre ans. Environ 4000 de ces flotteurs sont opérationnels.
- Les satellites [Topex-Poseidon](#) et Jason
Il s'agit d'un projet conjoint entre la France et les États-Unis lancé en 1987. Après cinq ans de gestation, il a mené au lancement du satellite Topex-Poseidon en 1992 qui a permis de mesurer le relief de la hauteur de l'océan avec une précision de deux à quatre cm. Une panne mettra fin en 2005 aux excellents services fournis par ce satellite. Heureusement, ses successeurs Jason-1, Jason-2 et [Jason-3](#) lancés respectivement en 2001, 2008 et 2016, assurent brillamment la relève.
- Pour une liste des satellites passés et présents utilisés, et à venir d'ici 2022, pour l'observation de la terre ou des océans, consultez ce [lien](#).

La circulation méridienne de retournement

Nous connaissons tous l'existence de la circulation atmosphérique à l'origine du temps qu'il fait et qui assure une redistribution de l'énergie du soleil inégalement répartie entre les pôles et l'équateur. La plupart d'entre nous sommes beaucoup moins familiers avec les puissants courants océaniques qui jouent un rôle comparable. L'ensemble de ces courants porte le nom de circulation méridienne de retournement (CMR). Le moteur derrière cette circulation fermée, comparable à un convoyeur, est la différence de densité de l'eau en fonction de sa température et de sa salinité⁹. L'eau douce et chaude, moins dense que l'eau froide et salée,

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=0U1Q5pcAN-g>

⁷ Chapitre 5, rapport du GIEC du 24 septembre 2019 sur la cryosphère et les océans : <https://www.ipcc.ch/srocc/>

⁸ <http://www.argo.net/>

<http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/isdm-gdsi/argo/index-fra.html>

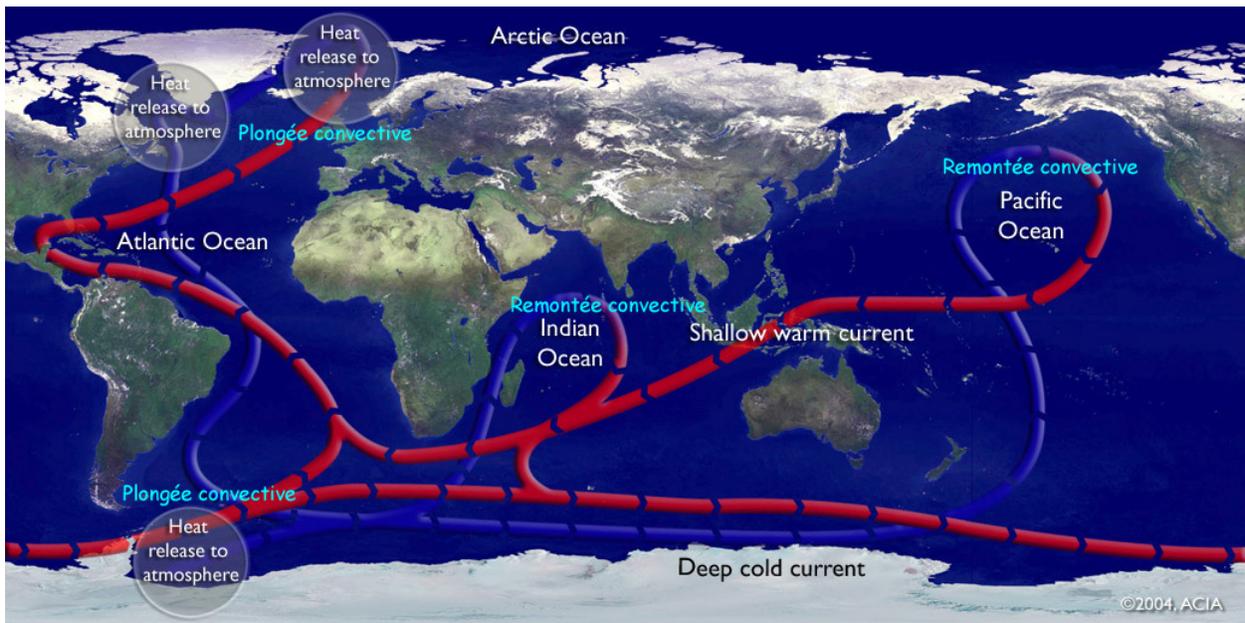
<http://www.argos-system.org/fr/argos/qui-sommes-nous/cooperation-internationale/>

<http://www.aoml.noaa.gov/phod/argo/index.php>

http://www.argo.ucsd.edu/Argo_GE.html

⁹ Unité de salinité : 1 **psu** (practical salinity unit) = 1 g de sel (Na+et Cl-) par kg d'eau de mer.

sera portée à rester en surface pendant que l'eau froide et salée sera encline à descendre vers les profondeurs. Ces différences induisent une circulation planétaire dite thermohaline dont le Gulf Stream est une composante. Mais d'autres facteurs relevant du couplage atmosphère - océans et de la rotation de la Terre (vents, marées, etc.) influencent cette circulation qui contribue à la redistribution des eaux chaudes vers les latitudes plus élevées. Il est plus approprié alors de parler de la circulation méridienne de retournement (CMRA si on ne couvre que l'Atlantique Nord) (MOC en anglais, *Meridional Overturning Circulation et AMOC pour l'Atlantique Nord). La carte ci-dessous illustre la CMR. En rouge, les courants d'eau relativement chaude et moins salée de surface et, en bleu, les courants sous-marins d'eau relativement froide et davantage salée.



Source : http://aces.ens-lyon.fr/aces/thematiques/paleo/systemclim/gulf-stream/pages_gulfstream/dossicientif/descriptgulfstream/circuthermohal

Mettons l'accent sur l'Atlantique Nord. Le long de l'Équateur, nous avons des vents de surface du nord-est dans l'hémisphère Nord et du sud-est dans l'hémisphère Sud lesquels convergent à l'équateur pour donner la zone de convergence intertropicale. Cette zone de convergence est propice aux averses et orages. Ces eaux de surface tropicales, relativement chaudes et moins salées, remontent la côte est des États-Unis avant de se diriger vers le nord-est de l'Atlantique Nord. Ce faisant, on assiste alors à l'évaporation de cette eau chaude laquelle réchauffe l'atmosphère. Cela assure un climat tempéré sur l'Europe de l'Ouest même aux latitudes élevées de la Scandinavie. Débarrassée d'une grande quantité d'eau douce, la concentration en sel de l'eau de surface augmente en même temps qu'elle est refroidie en se déplaçant vers des latitudes polaires. Cette augmentation de salinité et cette baisse de

À noter que 90 % des eaux océaniques ont des salinités comprises entre 34 et 35 psu. C'est un écart très faible de sorte qu'il ne faut pas un grand changement pour perturber le présent équilibre.

température font en sorte que ces eaux plongent dans le fond de l’océan à des profondeurs de plus de 2 km.

Puisque la salinité joue un rôle clé dans la CMR, la fonte du Groenland et de la banquise arctique, en assurant un important apport d’eau douce, vient perturber la CMR en réduisant la salinité de l’eau de mer au sud-ouest du Groenland entre autres. Cette réduction de salinité se traduit par un affaiblissement de la CMR et, donc, par un ralentissement du Gulf Stream.

Même si la CMRA n’est étudiée de manière continue que depuis une quinzaine d’années, quelques études récentes convergent sur cet affaiblissement. Une [étude](#) allemande (2015) indique que la CMRA a ralenti de 15 % depuis une cinquantaine d’années. De nombreux indicateurs pointent vers les changements climatiques sur les raisons derrière ce ralentissement.

Cet [article du journal Libération](#) décrit très bien l’état actuel des choses et l’impact potentiel des changements climatiques sur la CMR et des diverses perturbations qui pourraient en découler. Des deux études auxquelles fait référence Libération ([1](#)¹⁰ et [2](#)) publiées dans la revue *Nature* en avril 2018, il en ressort que la CMR s’est affaiblie depuis 1850 et que l’ajout d’eau douce provenant de la calotte glaciaire, du Groenland et des précipitations additionnelles, associées à une nébulosité accrue aux latitudes élevées provenant du réchauffement, va réduire la salinité de l’eau dans cette région et ralentir davantage cette circulation. Les conséquences? Les eaux du Gulf Stream qui se retrouvent en amont s’écoulent moins vite et cela contribue à...

- a) un réchauffement accru des eaux au large de la côte est de l’Amérique du Nord;
- b) une hausse additionnelle du niveau de la mer provenant de la plus faible densité de cette eau plus chaude, particulièrement le long de la côte est des États-Unis;
- c) des ouragans plus violents le long de la côte est des États-Unis, comme on le verra plus loin;
- d) une modification de la trajectoire des perturbations qui vont toucher l’Europe;
- e) davantage de vagues de chaleur plus intenses sur ce continent.^{11 12;}

Certaines études publiées quelques années plus tôt n’étaient pas aussi affirmatives. La science progresse prudemment dans un domaine aussi complexe.

Cet autre [article de La Presse](#) présente très bien d’importantes conséquences qui découlent du ralentissement de la CMRA.

¹⁰ Dans l’article, notez que 1 sverdrup (Sv) = 1 million de m³/ seconde

¹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=7KJlrpvUXw8&feature=youtu.be> (2015)

<https://www.youtube.com/watch?v=7KJlrpvUXw8> (2018)

¹² <https://www.pik-potsdam.de/news/press-releases/atlantic-ocean-overturning-found-to-slow-down-already-today>

La hausse de température des océans¹³

Dans ce rapport¹⁴ présenté au gouvernement des États-Unis en 2017, on retrouve¹⁵ :

« Depuis le milieu du XX^e siècle, les océans de la planète ont absorbé environ 93 % de l'excès de chaleur provenant du réchauffement des GES, ce qui les rend plus chauds et modifie les rétroactions climatiques mondiales et régionales. La teneur en chaleur de l'océan a augmenté à toutes les profondeurs depuis les années 1960 et les eaux de surface se sont réchauffées d'environ 1,3° ± 0,1° F (0,7° ± 0,08° C) par siècle dans le monde entre 1900 et 2016. Dans un scénario plus élevé, on anticipe une augmentation globale de la température moyenne à la surface de la mer de 4,9° ± 1,3° F (2,7° ± 0,7° C) d'ici 2100, avec des changements encore plus importants dans certaines régions côtières américaines. (niveau de confiance : très élevé) »

Des incertitudes?

« L'incertitude est faible en ce qui concerne les tendances du réchauffement de la température de la couche supérieure de l'océan entre 0 et 700 m de profondeur, alors qu'elle est plus grande pour les profondeurs de 700 à 2 000 m en raison de la quantité limitée de mesures effectuées à ces profondeurs. Les données sur les tendances au réchauffement à des profondeurs supérieures à 2 000 m sont encore plus rares. »

Cette hausse des températures a de nombreux impacts. En voici quelques-uns.

Les ouragans^{16, 17}

Les ouragans, aussi appelés typhons ou cyclones dans certaines régions du monde, sont de formidables tempêtes qui prennent naissance aux latitudes tropicales entre 10° et 30° de latitude Nord ou Sud. Ils se forment au-dessus des océans lorsque la température de l'eau est supérieure à 26° C. On n'en trouve pas le long de l'équateur car la force de Coriolis¹⁸ est nulle et que cet ingrédient est nécessaire pour lancer le processus tourbillonnaire qui va provoquer le soulèvement des masses chaudes et humides des eaux tropicales, source d'énergie des ouragans. Dans l'Atlantique Nord, la saison des ouragans s'étendait essentiellement d'août à octobre historiquement.

Quelles sont les conséquences des dérèglements climatiques sur les ouragans? La saison est plus longue, car l'eau est plus chaude, et elle débute plus tôt en saison; elle s'étend

¹³ <http://www.vedura.fr/environnement/climat/rechauffement-mers-oceans>

¹⁴ USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 470 pp, doi: [10.7930/J0J964J6](https://doi.org/10.7930/J0J964J6).

¹⁵ Traduction de l'auteur

¹⁶ <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/ouragans>

¹⁷ <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2019/09/le-rechauffement-des-océans-renforce-la-violence-des-ouragans>

¹⁸ <https://couleur-science.eu/?d=bcfa91--la-force-de-coriolis-et-la-rotation-des-cyclones>

maintenant de juillet à novembre. Le ralentissement du Gulf Stream accentue la hausse des températures de l'eau le long de la côte est des États-Unis, ce qui permet aux ouragans de s'intensifier davantage et de faire sentir leur présence davantage vers le nord. La saison 2017 a été très active et, à titre d'exemple, le très dévastateur ouragan Irma, aussi vaste que la France, qui touché les Antilles et la côte est du 30 août au 12 septembre, a conservé la puissance 5 (la plus élevée sur l'échelle de Saffir-Simpson) et des vents soutenus de 300 km / h pendant trois jours; un record ¹⁹, mesuré par satellite.

On ne peut présentement conclure que les dérèglements climatiques (hausse de la température des océans, remontée vers les pôles de températures plus chaudes, perturbations de la circulation des vents en altitude, etc.) seront à l'origine de davantage d'ouragans. Par contre, une intensification plus rapide, une intensité plus forte et une vitesse de déplacement plus lente, lesquelles conduiront à des vents plus violents et à des précipitations plus abondantes, plus longtemps sont totalement compatibles avec ces dérèglements. Il ne faudra donc pas s'étonner non plus de les voir atterrir en Nouvelle-Angleterre et en Nouvelle-Écosse plus fréquemment.

Deux facteurs ont particulièrement contribué à la puissance destructrice d'Irma, soient les eaux très chaudes le long de sa trajectoire (c'était à la fin de l'été, du 30 août au 12 septembre 2017), particulièrement à l'approche de l'île d'Hispaniola et de Cuba jusqu'en Floride et la présence de vents faibles dans la haute atmosphère.

Trajectoire et intensification (ligne de blanc à rouge) de l'ouragan Irma

Source : <https://nca2018.globalchange.gov/downloads/>; Full report, page 767.

Note : 76,6° F = 24,8° C,
 82 °F = 27,8 C,
 87,4 °F = 30,8° C.

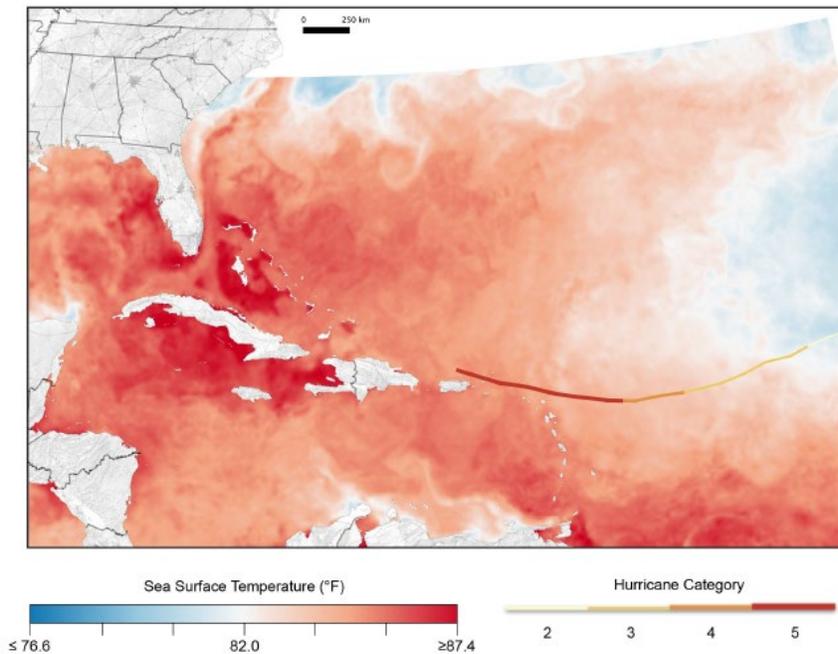


Figure 19.14: Two factors supported Hurricane Irma's strength as it reached the Southeast region: the very warm waters it passed over, depicted in this figure, and the light winds Irma encountered in the upper atmosphere.¹⁰¹ High-intensity hurricanes such as Irma are expected to become more common in the future due to climate change.¹⁰² Source: NASA 2017.¹⁰²

¹⁹ https://nca2018.globalchange.gov/downloads/NCA4_2018_FullReport.pdf, page 775

Le déplacement des espèces marines

Le déplacement des espèces marines n'est pas sans conséquence. Voici un simple exemple parmi une foule d'autres que l'on pourrait présenter.

De 2011 à 2014, l'Union européenne (UE) et la Norvège ont eu un sérieux contentieux avec l'Islande et les îles Féroé (Danemark) dans ce qu'on a appelé la guerre du maquereau²⁰. L'Islande arguait que le réchauffement climatique avait favorisé la migration de cette espèce dans des zones de pêche qui lui sont exclusives. Du jour au lendemain, la quantité pêchée par ce pays est passée de 2 000 tonnes à 146 000 tonnes, une quantité jugée non durable par l'UE. On arrivera à un premier compromis sans l'Islande en mars 2014²¹ et à un rapprochement avec ce dernier pays en août de la même année²². Mais cette bataille du maquereau laisse des traces et, en 2015, l'Islande retire sa demande de se joindre à l'UE.

Mais ce n'est pas terminé. En même temps que certaines espèces remontent vers le nord pour le plus grand bonheur de l'Islande, comme le maquereau de l'Atlantique, on assiste à d'autres perturbations. Il faut savoir que la température de l'océan Atlantique a monté de 1° C à 2° C depuis 20 ans dans la région. La pêche au capelan, une très importante source de revenus pour le pays, pourrait être interdite pour la deuxième année consécutive en 2020 suite au déclin des populations de ce poisson qui migre vers des eaux plus froides. La morue est toujours présente mais, pour combien de temps, car cette espèce apprécie également les eaux froides, en plus de se nourrir de capelans.²³

La hausse du niveau des océans (HNO)²⁴

Le réchauffement de la Terre touche les océans au premier plan et l'une des nombreuses conséquences est la hausse de leur niveau. Voici les trois principales causes de cette hausse :

- a) la dilatation thermique de l'eau suite à son réchauffement. Une eau plus chaude occupe un volume plus grand. La relation mathématique est très simple :

$$\Delta H = (2,6 \cdot 10^{-4}) * \text{Ép} * \Delta T$$

ΔH : dilatation thermique de l'océan (en mètre)

ÉP : épaisseur de la couche réchauffée (en mètre)

ΔT : réchauffement en degré Celsius

Si, par exemple, la couche océanique de surface est réchauffée de 2°C sur 700 m de profondeur, nous observerons une dilatation thermique de

$$(2,6 \cdot 10^{-4}) * 700 * 2 = 0,364 \text{ m} \approx 36 \text{ cm}$$

²⁰ https://www.lemonde.fr/planete/article/2011/12/15/guerre-du-maquereau-bruxelles-propose-des-sanctions-contre-l-islande_1619477_3244.html

²¹ <https://www.ouest-france.fr/mer/peche/treve-dans-la-guerre-du-maquereau-4476666>

²² <https://lemarin.ouest-france.fr/articles/detail/items/lislande-soctroie-un-quota-de-maquereau-de-147-570-tonnes.html>

²³ <https://nyti.ms/2qVJIQj>

²⁴ <https://planeteviable.org/contributions-elevation-niveau-océans/>

La dilatation thermique compte pour 30 % de la HNO. Il y a également des variations saisonnières en fonction du gel et du dégel des cours d'eaux.

- b) Nous avons vu dans mon article précédent que les glaciers fondent très rapidement. Cette contribution représente 30 % de la HNO.
- c) Finalement, la fonte de l'Antarctique et du Groenland contribue pour 20 % à la HNO.

Au total, la HNO est d'environ 3 mm²⁵ par an. Cela semble insignifiant, mais cela ne l'est pas.

Grâce aux satellites Topex-Poseidon et à ses successeurs Jason-1, Jason-2 et Jason-3, plus précis que les marégraphes, nous savons que la hausse du niveau des mers n'est pas uniforme. Les écarts sont attribuables à la répartition inégale de l'énergie. Ainsi, la hausse est de deux à trois fois plus marquée dans le Pacifique Ouest depuis quelque vingt-cinq ans. La variation locale de la salinité joue aussi un certain rôle dans certaines régions.

Des vagues plus puissantes

Une équipe de l'Université de Melbourne^{26, 27}, en Australie, vient de publier les résultats d'une analyse des données provenant de 31 satellites pendant la période de 1985 à 2018. Cette analyse montre une faible augmentation de la vitesse moyenne des vents de surface et de la hauteur des vagues. Les plus grandes augmentations sont survenues dans l'hémisphère Sud et dans les conditions extrêmes. Puisque les observations satellitaires proviennent de trois technologies différentes (altimètre, radiomètre et diffusiomètre radar) et que ces trois technologies envoient un signal comparable, cela renforce le niveau de confiance dans les conclusions de l'analyse.

L'étude indique que l'océan Austral²⁸ connaît les plus fortes variations. La vitesse des vents lors des tempêtes a augmenté de 1,5 mètre par seconde, ce qui représente une hausse de 8 % dans les trente dernières années. De même, la hauteur des vagues a augmenté de 30 centimètres, soit de 5 % au cours de la même période. Sur le reste des océans, la tendance est similaire mais bien moins prononcée, notamment au nord de l'océan Atlantique ou dans le centre de l'océan Pacifique.

Cette hausse est-elle attribuable au réchauffement du climat? Les auteurs ne se prononcent pas. On se doute bien, cependant, que les régions côtières feront les frais de ces vagues plus puissantes.

²⁵ <https://www.pnas.org/content/115/9/2022>

²⁶ <https://science.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aav9527>

²⁷ https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/les-vents-et-les-vagues-ont-pris-de-la-puissance-en-30-ans_133186

²⁸ Comprend les eaux océaniques au sud de 60° de latitude Sud jusqu'à l'Antarctique.

Dans cette autre [étude](#) (janvier 2019), on arrive à des conclusions semblables : la puissance des vagues a augmenté depuis 1948 et touche surtout le Pacifique Nord et l'Océan Austral. Les auteurs l'attribuent à la HNO qui « influence la configuration des vents à l'échelle mondiale, ce qui, à son tour, rend les vagues plus fortes ».

Dans ce rapport²⁹, on précise avoir observé des augmentations importantes (« *significant* ») de l'énergie thermique dans la couche de surface océanique, jusqu'à 2 000 m d'épaisseur depuis les années 1960, et un réchauffement en surface de 0,7° C de 1900 à 2016. Pendant la même période, le niveau moyen de la mer a augmenté de 16 à 21 cm. La fonte du Groenland, de l'Antarctique et des glaciers explique pourquoi la moitié de la HNO a eu lieu depuis 1993.

Les régions côtières

On ne sera pas étonnés d'apprendre que les régions côtières vont souffrir de la HNO, particulièrement celles à faible élévation et en terrain plat. Le premier exemple qui me vient en tête est le Bangladesh. Si l'on ajoute que le golfe du Bengale a la forme d'un entonnoir, les vagues provenant des tempêtes pousseront l'eau encore plus profondément à l'intérieur des terres.

Dans ce rapport préparé pour le gouvernement des États-Unis³⁰, on notera ce qui suit dans les faits saillants (ce qui est en caractère gras ici l'est aussi dans le document d'origine) :

« Il extrêmement probable que les **activités humaines, en particulier les émissions de GES, soient la principale cause du réchauffement observé depuis le milieu du 20^e siècle.**

...

On s'attend à ce que le niveau moyen des mers continue d'augmenter d'au moins quelques [several] pouces au cours des 15 prochaines années et de 1 à 4 pieds [30 à 120 cm] d'ici 2100. On ne peut exclure la possibilité d'une hausse pouvant atteindre 8 pieds [2,4 m] d'ici 2100. L'élévation du niveau de

²⁹ [NCA4_2018_FullReport](#) (National Climate Assessment 4, pages 83 et 84 du volume 2 de 4). Les volumes 3 et 4 sont à venir. Le président Donald Trump l'a rendu public le 23 novembre 2018, il en avait l'obligation légale. Ce rapport scientifique de 1524 pages est d'excellente facture. On y rapporte les faits et on y exprime les nuances qui s'imposent. Comme les faits parlent d'eux-mêmes, les climatocéptiques / négationnistes seront déçus. On n'y trouve aucune recommandation, seulement une description de la situation et des scénarios possibles pour les décennies à venir, typiquement jusqu'en 2100. Le volume 1 a été publié en octobre 2017 sous le titre de *Climate Science Special Report*. Puisque ce pays, les États-Unis, s'étend des latitudes semi-tropicales à tempérées, couvre l'Arctique (l'Alaska), comprend les Antilles (Porto-Rico et les îles Vierges) et l'océan Pacifique (Hawaï et des archipels comme les Samoa, Marshall et bien d'autres), on a alors un instantané très intéressant de la situation présente sur une grande partie du globe et des défis qui nous attendent en tant que Homo « *pas très Sapiens pas très Sapiens* ». Vous pouvez télécharger ce rapport [ici](#).

³⁰ Fourth National Climate Assessment (NCA4), volume 1, publié en octobre 2017 sous le titre de *Climate Science Special Report*, page 10. Traduction libre de l'auteur.

la mer sera supérieure à la moyenne mondiale sur les côtes Est et du Golfe du Mexique.³¹

...

Il y a un accroissement de l'intensité et de la fréquence des pluies abondantes aux États-Unis et dans le monde et on s'attend à ce que cette tendance se maintienne.

Les changements les plus importants observés aux États-Unis se sont produits dans le Nord-Est.

Les inondations côtières

Il n'y a pas que la HNO qui menace les régions côtières. En effet, il faut ajouter la subsidence urbaine, soit l'affaissement des sols suite au pompage de l'eau des nappes phréatiques, de l'extraction du pétrole, du développement urbain, de la construction de gratte-ciel (ex. [Djakarta](#), [Beijing](#), [Bangkok](#), [Manille](#), [Nouvelle-Orléans](#), [Mexico](#), etc.), l'érosion des berges, le déficit sédimentaire, etc. Ces affaissements peuvent atteindre plusieurs cm par année et contribuent aux inondations dévastatrices et au recul des côtes. Les mégapoles asiatiques construites le long des mers sont particulièrement vulnérables car elles font face à plusieurs des facteurs ci-haut mentionnés. On s'en doute, le coût des mesures de mitigation est astronomique et la vaste majorité des pays ne sont pas en mesure d'y faire face.

Une [étude](#) parue en décembre 2017 évalue la HNO en tenant compte des observations récentes de la perte de glace accélérée observée en Antarctique telles que rapportées dans mon article précédent. Si rien n'est fait pour contrer l'émission des GES d'ici 2100, ce qui est heureusement improbable si l'espèce humaine a le moindre instinct de survie, la HNO pourrait atteindre 80 cm à 150 cm.

Révéléateur, les travaux de reconstruction de la [forteresse de Louisbourg](#), en Nouvelle-Écosse, entrepris dans les années 1960, ont révélé que le niveau de la mer a monté d'environ **90 cm** d'après la position de certains anneaux d'amarrage que les archéologues ont récemment découverts sous la ligne d'eau. Débutée en 1713, la construction de Louisbourg s'est poursuivie pendant quelques décennies sous le régime français. Aujourd'hui, la forteresse est menacée par les vagues des fortes tempêtes qui touchent la côte est de la presqu'île du Cap Breton.

Toutes les régions côtières seront touchées. Voici quelques exemples :

1. New York va ériger une digue de plus de 10 km de longueur sur 6 m de hauteur. On se rappelle qu'une vague de cinq m de hauteur avait déferlé sur le sud de Manhattan, que le métro avait été inondé et des hôpitaux évacués lors du passage de l'ouragan Sandy en 2012.³² Tant le [projet proposé que le coût avancé](#) (119 G \$ (US)) sont vertement critiqués.

³¹ On ne dit pas pourquoi mais je soupçonne fortement que le ralentissement du Gulf Stream (des eaux chaudes de surface) y est pour quelque chose.

³² <https://www.europe1.fr/emissions/axel-de-tarle-vous-parle-economie/new-york-une-digue-geante-de-six-metres-haut-pour-se-protger-de-la-montee-des-eaux-3921773>

2. L'Indonésie va déménager la capitale du pays de Jakarta à 1 000 km plus loin sur l'île de Bornéo car Jakarta est l'une des mégapoles asiatiques les plus menacées d'être envahie par l'eau d'ici quelques décennies.³³ Mauvaise nouvelle pour Bornéo qui bénéficie d'une faune et d'une flore très riche.³⁴
3. Les inondations à Venise à l'automne 2019 résultent de [plusieurs facteurs](#), dont la HNO. Selon le procureur de la basilique Saint-Marc, de telles inondations ne sont survenues que cinq fois depuis sa construction en l'an 828 dont trois fois depuis vingt ans.
4. Des factures salées attendent aussi la Belgique en Flandre³⁵.
5. Les archipels tropicaux du Pacifique sont déjà sérieusement touchés.³⁶
6. Au *Kennedy Space Center* en Floride, un incontournable symbole de la puissance spatiale des États-Unis, [on érige présentement une dune de sable](#), recouverte de plantes locales, de plus de cinq km de longueur et plus de cinq m de hauteur. On vise à contrer l'érosion, la HNO et les ondes de tempêtes de plus en plus hautes. Ce sera très vraisemblablement insuffisant car environ [60 % des installations de la NASA](#) (sites de lancement, pistes pour avions, laboratoires, centre de données, etc.), occupant 850 km² et où l'on retrouve plus de 60 000 employés, sont localisées à moins de cinq mètres du niveau de la mer.

Vous pouvez afficher sur [cette carte globale](#) l'impact d'une montée des eaux de jusqu'à 30 m pour n'importe quel endroit dans le monde. Indiquez l'endroit choisi en haut à droite et jouez avec le curseur en bas à gauche pour déterminer la montée des eaux.

La réduction de l'oxygénation des océans

Une autre conséquence du réchauffement des océans est la réduction du taux d'[oxygène dissous](#) (hypoxie) avec la hausse de la température. Plus l'eau est chaude, moins elle contient d'oxygène, ce sont donc les eaux plus près de la surface qui sont les plus affectées. Les conséquences à terme? davantage de maladies respiratoires chez les poissons, l'asphyxie de la biodiversité marine, la limitation de l'habitat et le déplacement des populations de poissons³⁷. Ce sont les plus gros poissons qui sont les plus touchés. La réduction du taux d'oxygène est estimée à entre 2 et 5 % depuis cinquante ans.³⁸ Mais quel est le facteur derrière cette baisse?

³³ <https://www.europe1.fr/international/indonesie-la-capitale-jakarta-demenage-sur-lile-de-borneo-3916207>

³⁴ https://www.liberation.fr/planete/2019/08/26/transfert-de-capitale-l-indonesie-joue-avec-le-feu_1747479

³⁵ <https://www.lecho.be/economie-politique/belgique/flandre/comment-la-flandre-se-prepare-a-la-montee-de-la-mer/10167020.html> et <https://www.moustique.be/24638/hausse-du-niveau-de-la-mer-une-menace-existentielle-pour-la-flandre>

³⁶ <https://www.courrierinternational.com/une/environnement-changement-climatique-lonu-les-pieds-dans-leau>

³⁷ <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/loxygene-disparait-progressivement-des-occeans>

³⁸ <http://www.slate.fr/story/178578/sciences-changement-climatique-occeans-manque-oxygene-animaux-marins-morue-haddock-disparition>

Il n'y a pas de cause unique et la réalité est très difficile à cerner³⁹. On sait, cependant qu'environ 70 % de l'oxygène respiré par l'ensemble des êtres vivants proviennent du phytoplancton océanique⁴⁰. Formé de cyanobactéries, elles absorbent le CO₂ présent dans les océans et produisent de l'oxygène (O₂), ce gaz essentiel à la vie. On sait également que ces cyanobactéries sont sensibles aux variations de température et que la température océanique moyenne a augmenté d'environ 1° C depuis quelques décennies. Les auteurs d'une [étude](#) publiée en 2015 estiment qu'une hausse de 6° C pourrait mettre fin au processus de photosynthèse du phytoplancton à l'origine de la production d'oxygène. Cette étude est basée sur un modèle théorique crédible qui mérite qu'on s'y arrête car le signal qu'elle envoie est plus que très préoccupant.

À noter que le volume d'eaux océaniques anoxiques (pratiquement sans oxygène) a quadruplé depuis 1960. En plus de priver la faune marine d'habitats, les microorganismes dans ces régions vont produire méthane (CH₄) et protoxyde d'azote (N₂O). Or, le méthane a une capacité, comme gaz à effet de serre, d'être 84 fois plus importante que le CO₂ sur une période de 20 ans et 28 fois plus importante sur 100 ans. Dans le cas du protoxyde d'azote, sa capacité est de 264 fois plus importante sur 20 ans et de 265 fois sur 100 ans, à peu près inchangé car il est très stable dans l'atmosphère⁴¹.

La hausse de la température des océans n'est pas l'unique facteur en cause l'hypoxie océanique. En effet, il y a de vastes zones côtières et océaniques considérées comme mortes ou à l'agonie suite au déversement de produits chimiques ou d'engrais agricoles. Il s'ensuit la prolifération d'algues et une réduction draconienne de l'oxygène dissous. Un triste exemple est la mer Baltique qui est très mal en point par endroits.⁴²

Mais il y a de l'espoir, de meilleures pratiques agricoles et de gestion des eaux usées ont permis le nettoyage de la Tamise et de la baie de Chesapeake. Pour les océans, il faudra une action concertée des pays, mais on n'en est pas encore là.⁴³

L'oxygène atmosphérique

Bien des gens croient que les forêts, en pensant d'abord à l'Amazonie, sont le *poumon* de la planète. Ce n'est pas le cas comme on vient de le voir⁴⁴. L'air que nous respirons provient surtout des océans.

Une [étude](#) publiée à l'été 2019 affirmait que planter mille milliards d'arbres, lesquels absorbent du CO₂ pendant leur vie, résoudrait en bonne partie le problème de la hausse du dioxyde de carbone atmosphérique. Ce fut très contesté et avec raison.

³⁹ <https://www.nature.com/articles/542303a>

⁴⁰ <https://www.especes-menacees.fr/le-saviez-vous/oceans-produisent-plus-oxygene-que-forets/>

⁴¹ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf, page 114

⁴² https://www.libération.fr/planete/2018/01/05/les-oceans-en-manque-d-oxygene_1620540 et <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/ioc-oceans/sections-and-programmes/ocean-sciences/global-ocean-oxygen-network/>

⁴³ <https://www.theguardian.com/environment/2018/jan/04/oceans-suffocating-dead-zones-oxygen-starved>

⁴⁴ https://reporterre.net/spip.php?page=redirect&id_article=8601

La réalité est bien plus complexe. La première chose à retenir est que les arbres absorbent du CO₂ durant leur vie mais le dégagent à leur mort et lors des feux de forêt. Il y a d'excellentes raisons de préserver les forêts et de planter des arbres mais ce n'est pas une solution miracle. L'émission [Découverte du 29 septembre 2019](#) présente un excellent reportage, à partir de la 21^e minute, qui fait état de plusieurs facteurs à considérer. C'est très bien expliqué également dans cet article du journal [Le Devoir](#). Il y a une solution infiniment plus efficace pour contrer les effets négatifs du dioxyde de carbone : cesser d'en émettre!

Cela n'a pas empêché Justin Trudeau, en septembre 2019 lors de la campagne électorale, d'affirmer que son gouvernement ferait planter deux milliards d'arbres sur dix ans s'il était réélu. C'était sa nouvelle baguette magique pour nous faire avaler des pipelines.

L'acidification des océans^{45,46}

L'effet domino des émissions anthropiques du CO₂ dans l'atmosphère se poursuit. Environ le quart du dioxyde de carbone anthropique est absorbé par les océans. Bonne nouvelle? Pas vraiment! Si cette absorption a permis de réduire la hausse des températures dans l'atmosphère, elle est à l'origine de l'acidification des océans⁴⁷... petite chronique d'une catastrophe annoncée.

1. L'acidification et la vie marine

La faune marine dont les individus sont recouverts de carapaces / coquille, soient les [papillons de mer](#), les mollusques, les écrevisses, les crabes, les homards, les langoustes, les coraux, etc.⁴⁸ est très touchée. En effet, l'acidification additionnelle des océans contribue à affaiblir leurs exosquelettes formés de carbonates.

Les coquilles des [papillons de mer](#)⁴⁹ (*Wild Sea Butterfly*) qui affectionnent les eaux tempérées et froides de l'Arctique se dissolvent déjà. La coquille de quelque 70 % de ces ptéropodes qui sont au cœur de la chaîne alimentaire de ces régions froides est abîmée ou dissoute. Prenez le temps de regarder cette [brève vidéo](#), dans le milieu de la page, on y voit la différence de comportement entre un de ces ptéropodes dont la coquille est en bon état et un autre dont elle est partiellement dissoute. À noter que l'acidification est plus marquée dans les eaux froides puisque le CO₂ y est plus facilement absorbé.

Un mot sur le [corail](#), cet animal vivant en colonies pouvant atteindre quelques milliers de km de longueur et plusieurs centaines de mètres de profondeur, qui sert de refuge ou de sites de reproduction à environ 30 % des espèces marines. Or, l'élévation de la température de l'eau, et l'acidification des océans jusqu'à un certain point pour le moment, met leur

⁴⁵ <https://www.lemonde.fr/blog/oceanclimat/2015/11/18/tout-ce-qui-faut-savoir-sur-lacidification-des-occeans/>

⁴⁶ <http://www.clubdesargonautes.org/faq/acidification.php>

⁴⁷ <https://www.dfo-mpo.gc.ca/science/oceanography-oceanographie/accasp-psaccma/chemistry-chimie/index-fra.html>

⁴⁸ La carapace des tortues est osseuse

⁴⁹ <http://aqua-photo.com/le-papillon-de-mer-a-coquille/> et

<https://www.hakaimagazine.com/news/changes-to-the-oceans-micro-creatures-could-have-macro-effects/>

survie en péril. Si certains récifs semblent mieux résister à ces agressions pour le moment, la plus étendue et la plus connue de ces colonies, le récif de la mer de Corail au large de la côte est de l'Australie est vraiment mal en point. En août dernier, la « *Great Barrier Reef Marine Park Authority* », l'autorité gouvernementale australienne, a fait le [constat suivant](#) dans son rapport⁵⁰ :

« Les perspectives à long terme, en grande partie attribuables aux changements climatiques, sont très mauvaises (*very poor*). Il y a de l'espoir, mais il faut s'activer vigoureusement et rapidement. »

« *Very poor* » est la pire cote que l'organisme peut attribuer au récif.

L'une des priorités est d'obtenir une image de la réalité des bancs de coraux dans le monde et la [NASA s'y active](#).

2. La reproduction des espèces

[L'acidification des océans](#) représente une autre menace pour les espèces marines. Au Québec et au Canada, les scientifiques sont préoccupés car les effets se font sentir dans le [Pacifique](#), le [Saint-Laurent](#) et l'[Arctique](#). [Pêches et Océans Canada](#) est parfaitement conscient de l'importance et de la gravité des enjeux et met l'accent sur la nécessité d'études supplémentaires.

Les [ostréiculteurs](#) de l'État de Washington se sont rapidement rendu compte que l'acidité de l'océan affectait la culture des huîtres dès 2007. Les naissains sont très fragiles à leur première journée de vie. Ils deviennent des larves avec une coquille au bout de 24 heures. Le hic est que l'acidification de l'océan fragilise les jeunes coquilles de ces larves ce qui entraîne un taux de mortalité très élevé. On a constaté le même problème avec les [pétoncles](#).

L'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) d'Argenton en Bretagne a effectué une [recherche](#)⁵¹ sur l'impact de l'acidification sur la reproduction des huîtres; une première mondiale pour cette espèce de grande importance économique. Les naissains se développent à peu près normalement avec un pH aussi acide que de 7,2 à 7,3 (soit 7 fois plus acide alors que celui de l'océan qui est de 8,1). Par contre, leur coquille semble fragilisée, pas une surprise, et il reste à évaluer l'impact sur le taux de survie des individus. Le problème est plus marqué sur la côte ouest de l'Amérique du Nord comme on le verra plus loin.

Un autre laboratoire d'Ifremer, celui de Plouzané en Bretagne, étudie le [bar](#) depuis cinq ans. Les chercheurs ont déjà noté des différences dès la première génération : ossification plus dense, vitesse de nage et taille réduites. De plus, ils n'évoluent plus en bancs mais

⁵⁰ Traduction de l'auteur

⁵¹ Un pH de 7,1 est très légèrement alcalin mais dix fois plus acide qu'un pH de 8,1; voir [Alcalinité et acidité](#).

dans un environnement largement plus espacé lorsque le pH est de 7,6⁵². Or, une nage plus rapide et le déplacement en bancs sont deux stratégies éprouvées pour faire face aux prédateurs. L'Ifremer poursuit l'expérience. On y lit dans le [communiqué de presse d'Ifremer](#) (dans le bas de la page) du 25 mars 2019 :

« Les premiers résultats montrent un impact au niveau de la maturation sexuelle des poissons plus précoce pour les pH plus faibles (7,8 et 7,6), plus particulièrement pour les femelles. De plus, les taux de fécondation sont moins bons en milieu acidifié, la ponte est avancée de 2 à 4 semaines et les œufs semblent de moins bonne qualité. Enfin, les individus ont un comportement social modifié, ils perdent leur cohésion de groupe et leur perception des autres. »

Les chercheurs ont noté un point de bascule autour d'un pH à 7,6, taux qui sera atteint en 2100 selon le GIEC... la qualité et la quantité des œufs et larves seront alors très sérieusement affectées. Selon Fabrice Pernet, chercheur à Ifremer, il y a clairement un risque pour la reproduction et la survie des animaux marins avec un pH de 7,6. Or, cette valeur est atteinte par moments dans la rade de Brest (à une vingtaine de km de Plouzané) dont le pH varie entre 7,6 et 7,9!

L'acidification des océans n'est pas uniforme. Une [étude](#) publiée le 16 décembre 2019 fait ressortir que l'acidification au large des côtes californiennes est plus de deux fois plus importante que la moyenne observée dans les océans. Bien que de nombreux facteurs soient à l'origine de cette acidification plus marquée, les auteurs affirment que les variations climatiques vont jouer un rôle important dans l'amplification ou la réduction du signal anthropique et la progression de l'acidification dans la région.

Notons que les projections du GIEC⁵³ sont généralement très prudentes et que la réalité est généralement pire que ce qui a été anticipé initialement. Par exemple, le GIEC est arrivé à la conclusion que le lien entre les activités anthropiques et l'accroissement des températures depuis 1950 (année de référence) est

- a) **probable** dans son troisième rapport de 2001;
- b) **très probable** dans son quatrième rapport de 2007;
- c) **extrêmement probable** dans son cinquième rapport de 2013.

Qui plus est, un rapport du GIEC reflète le contenu des études publiées dans les quelques années précédentes. Or, la Science évolue à grands pas en climatologie.

⁵² Un pH de **7,8 / 7,6 / 7,1** est **deux fois / trois fois / dix fois** plus acide qu'un pH de 8,1

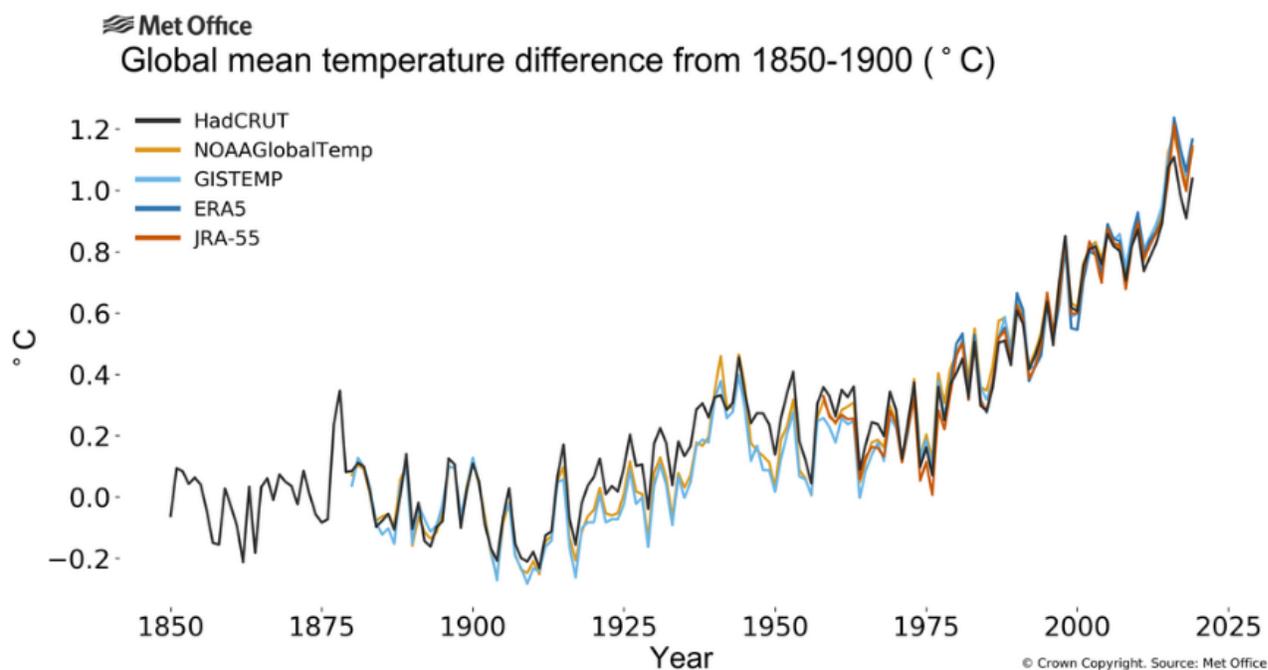
⁵³ Voir l'annexe

Conclusion

Ma conclusion sera très brève, j'ai couvert l'essentiel dans les quelque cinquante pages que forment mes trois articles sur les dérèglements climatiques.

La preuve que le réchauffement climatique, relié à l'apport de GES de provenance anthropique, est à l'origine de nombreux dérèglements ne fait aucun doute. Nous en vivons de plus en plus les effets sous toutes les formes et le pire est à venir si nous ne nous activons pas rapidement.

Je réserve le mot de la fin à l'Organisation météorologique mondiale (OMM)⁵⁴. Le [communiqué](#) émis le 3 décembre dernier sur l'état de notre planète, presque à la fin de la décennie 2010 - 2019, résume très bien la situation dans laquelle nous nous trouvons. Puisque tout a débuté avec la hausse de la température dans l'atmosphère suite à l'apport de gaz à effet de serre d'origine anthropique, voici où nous en sommes et où nous nous dirigeons faute d'actions rapides et responsables.



Source :

<https://public.wmo.int/fr/medias/communiqu%C3%A9s-de-presse/2019-marque-la-fin-d%E2%80%99une-d%C3%A9cennie-de-chaleur-exceptionnelle-et-de>

⁵⁴ Basée à Genève, l'OMM est une institution spécialisée des Nations Unies dont le mandat comprend la météorologie, le climat et l'hydrologie.

Quelle est la prochaine étape?

AGIR!!!

Mais, bonne nouvelle, je n'ai jamais vu et entendu autant de reportages sur ces dérèglements dans les médias depuis un an et la mobilisation citoyenne n'a jamais été aussi grande. Greta Thunberg s'est avérée un puissant catalyseur de changement au point où M. Mohammed Barkindo, secrétaire général de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP), considère la mobilisation citoyenne, et Mlle Thunberg, comme la pire menace pour l'avenir de cette industrie. Retenons l'essentiel de son message qui tient en trois mots :

« Écoutons la Science! »

S'il ne faut pas s'attendre à ce que les puissantissimes industries charbonnière, gazière et pétrolière et les politiciens qui leur sont acoquinés baissent les bras, nous pouvons individuellement accélérer la transformation de nos sociétés en ajustant nos habitudes et en élisant des hommes et des femmes qui seront à la hauteur des défis auxquels nous faisons face. Mieux vaut se mettre en marche maintenant car la pétromonarchie canadienne est sur le podium des cancrs au royaume des cancrs environnementaux. La route s'annonce donc très longue pour un trop grand nombre d'entre nous!

L'avenir n'est pas déterminé, c'est à nous de l'écrire... R.M.
décembre 2019

Annexe

Le [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat](#) (GIEC⁵⁵)

Le GIEC n'effectue pas de recherches et ne fournit aucun appui de quelque nature que ce soit à quelque ce soit. De fait :

« Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été créé en 1988 par deux institutions des Nations unies : l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). »

...

« Le GIEC a pour mandat d'évaluer, sans parti pris et de manière méthodique et objective, **l'information scientifique, technique et socio-économique** disponible en rapport avec la question du changement du climat. »¹

Pour un excellent résumé des rapports du GIEC de 2013 - 2014, veuillez consulter ce [site](#). Le prochain rapport [AR6](#) (le sixième *Assessment Report*) est prévu en 2021 - 2022. Les références que j'ai utilisées dans mon article sont plus récentes et font état, typiquement, d'articles scientifiques publiés entre 2015 à 2019. Et les constats scientifiques de ces dernières années sont, règle générale, moins réjouissants que les précédents. Il y a péril en la demeure.

Tous les rapports du GIEC sont ici : <https://www.ipcc.ch/reports/>

⁵⁵ [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat](#) et https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/30-ans-apres-le-giec-en-5-chiffres_121962