« Les changements climatiques »

Lundi 26 février, jeudi 1er et vendredi 2 mars 2018
Université de Liège
Bâtiment B31 (Faculté de Droit)
Sart Tilman, 4000 Liège

Trois demi-journées organisées par des étudiants des masters en géographie, en sciences spatiales et en géologie de l'Université de Liège

Dans le cadre du cours « *Les changements climatiques et leurs impacts* », les étudiants des masters en géographie, en sciences spatiales et en géologie de l'Université de Liège organisent les 26 février, 1er et 2 mars 2018 leur dizième colloque annuel sur le thème des changements climatiques. Dans une série de mini-conférences, ils tenteront de mieux faire comprendre les changements climatiques qui affectent aujourd'hui notre planète et analyseront les impacts possibles sur l'environnement et la société. Leurs exposés aborderont notamment les questions suivantes : Comment le climat a-t-il influencé l'évolution de la vie sur Terre ? Qu'en est-il du climat sur Vénus et sur Mars ? Quel climat pour la fin du 21ème sur notre planète ? Les cyclones tropicaux seront-ils plus dévastateurs ? Les pergélisols vont-ils amplifier le réchauffement en libérant le carbone qu'ils renferment ? Quels seront les impacts du changement climatique sur les réserves d'eau potable ? Comment subvenir de manière durable aux besoins énergétiques de la population mondiale en forte croissance ?

Cette année, trois demi-journées sont organisées. Elles s'adressent principalement aux élèves des classes de 5ème et 6ème année du secondaire, mais sont également ouvertes aux étudiants du supérieur, aux enseignants, aux chercheurs et au grand public. Les inscriptions aux demi-journées sont gratuites. Elles se font à l'aide des formulaires en annexe.

Informations: Louis FRANCOIS, Institut d'Astrophysique et de Géophysique, Université de Liège, Quartier Agora, 19c Allée du Six Août, 4000 Liège. Tél. 04/3669776 ; e-mail: Louis.Francois@ulg.ac.be

Deuxième demi-journée « Les changements climatiques »
Jeudi 1er mars 2018, 9h00 à 12h10
Université de Liège
Salle e.Portalis, 2ème étage, Bâtiment B31 (Faculté de Droit)
Sart Tilman, 4000 Liège

9h00-9h20 **Accueil et introduction de la journée** (Louis François & Guy Munhoven)

9h20-9h40 **L'influence des paramètres de Milankovitch sur notre climat passé et futur** (Grégoire Verhulst)
Le climat de la Terre est fortement influencé par le Soleil, sa principale source d'énergie. C'est donc tout logiquement que le mouvement de la Terre par rapport au Soleil entraîne des variations de notre climat. Quelles influences les paramètres de l'orbite terrestre ont-ils sur notre climat ? Pourrait-on s'en servir pour prédire les températures à venir ?

9h40-10h00 **Le réchauffement planétaire rend-il le climat plus dévastateur ? Le cas des cyclones tropicaux** (Marin Ferrais)
Les cyclones tropicaux sont des phénomènes complexes souvent dévastateurs. Les dégâts humains et matériels causés par les ouragans récents tels que Harvey et Irma nous rappellent l'importance d'une bonne compréhension de leur formation. Pouvons-nous prédire comment le changement climatique va impacter la fréquence et la puissance de ces cyclones dans diverses régions du globe ?

10h00-10h20 **L'énergie nucléaire, le salut des ours polaires ?** (Quentin Chavet)
Le GIEC préconise une suppression complète des émissions de CO_2 d'ici 2100 pour combattre le réchauffement climatique. Mais comment atteindre un objectif semblant aussi utopique ? Et si l'énergie nucléaire tant critiquée était la solution ? Qu'impliquerait l'utilisation massive du nucléaire pour subvenir à nos besoins en énergie ?

10h20-11h00 **Pause**

11h00-11h20 **La fonte des sols gelés sub-arctiques : moteur d'un changement climatique catastrophique ?** (Corentin Amador Del Valle)
Les pergélisols d'Amérique du Nord et de Sibérie renferment de grandes quantités de carbone sous forme de dioxyde de carbone (CO_2) et de méthane (CH_4). Ces réservoirs sont menacés par le réchauffement climatique croissant. Quelles sont les prévisions du GIEC sur le climat si ces sols sont amenés à fondre ? Quelles sont les conséquences environnementales à prévoir ?

11h20-11h40 **Quel avenir pour l'eau potable sous le réchauffement climatique ?** (Alexis Quintana Isasi)
L'eau potable, denrée rare et précieuse, est un élément indispensable pour le développement de l'humanité. Plusieurs causes menacent son apport et le changement climatique en fait partie. Quelle est son influence principale ? Quelles seront les premières régions touchées par ce manque ? Nos pays en sont-ils épargnés ? Quels moyens pour préserver au maximum nos réserves d'eau potable ?

11h40-12h00 **Pourquoi vivent-ils sur Terre sachant que les hommes viennent de Mars et les femmes de Vénus?** (Thomas Bolen)
D'après les dires des anciens, les hommes viendraient de Mars et les femmes de Vénus. Cependant, tous deux vivent sur Terre. Quels changements climatiques terrestres ont permis à la race humaine de vivre et se développer sur Terre ? Pourquoi le climat terrestre est-il plus intéressant que les climats vénusien ou martien pour abriter la vie ?

12h00-12h10 **Conclusions de la journée**

L'influence des paramètres de Milankovitch sur notre climat passé et futur

Grégoire Verhulst
Master en Sciences Spatiales

Étudier le climat (et donc le changement climatique de manière générale) demande de tenir compte d'une multitude d'éléments divers tel que la concentration en CO_2 de l'atmosphère, l'insolation, la végétation présente, pour n'en citer que quelques-uns. Cependant, étant donné que le Soleil est la principale source d'énergie sur Terre, il parait assez logique de considérer *à priori* que seule la variation d'insolation sur notre planète peut avoir un effet assez important que pour entraîner des variations climatiques de grande ampleur. Ce raisonnement assez simple est bien entendu insuffisant pour expliquer tous les changements climatiques ayant été observés dans le passé. Cependant, certains moments clés comme les périodes de glaciation et autres évolutions du climat plus ou moins périodiques pourraient tenir leur origine dans la variation d'insolation. Pour expliquer ces variations, on ne considérera pas l'évolution même du Soleil (et donc de sa luminosité) mais plutôt les effets « astronomiques » causés par la variation de l'orbite terrestre autour du Soleil. A eux seuls, les 3 paramètres orbitaux permettre d'expliquer certaines variations dans le climat passé et peut-être permettront-ils d'expliquer une partie du climat futur aussi. En premier lieu, passons en revue ces trois paramètres et l'influence que chacun de ceux-ci a sur le climat.

La Terre orbite autour du Soleil dans un plan appelé plan de l'écliptique.. La première loi de Kepler dit que l'orbite de la Terre forme une ellipse dont un des foyers est occupé par le Soleil. Cette ellipse varie cependant au cours du temps, notamment à cause des perturbations gravifiques des autres planètes du système solaire. Un des paramètres importants d'une ellipse est son *excentricité* qui peut varier entre 0 et 1 (0 correspondant à un cercle). Dans le cas de l'orbite terrestre,, les variations observées sont très faibles : elles vont de 0.005 à 0.058. La variation de cette composante présente différentes périodicités, celle de 413 000 ans étant souvent considérée comme la principale. Le climat se verra influencer par ces variations : une excentricité élevée renforçe généralement l'effet saisonnier, étant donné que c'est ce paramètre qui dicte la distance Terre-Soleil au fil des saisons.

En plus de ce mouvement autour du Soleil en une année, la Terre tourne sur elle-même en une journée atour d'un axe vertical traversant les pôles. Cet axe de rotation n'est pas perpendiculaire au plan de l'écliptique, mais il est, actuellement, incliné de 23.4° par rapport à ce dernier. Ce paramètre est appelé *l'obliquité terrestre* et ne reste pas non plus constant au cours du temps, mais varie entre 22.1° et 24.5° avec une périodicité d'environ 41 000 ans. Ce paramètre influence la répartition de chaleur reçue suivant l'hémisphère considéré.

Outre la variation de l'inclinaison de l'axe de rotation, l'axe va aussi décrire un mouvement dit de *précession*. Ce phénomène vient du fait que la Terre n'a pas une forme sphérique parfaite mais devrait plutôt être imaginée comme une balle aplatie aux pôles. En conséquence, la force exercée par la Lune et le Soleil sur la Terre ne s'applique pas de manière homogène partout sur la Terre et modifie donc la direction de l'axe de rotation. Ce dernier paramètre est le plus compliqué à visualiser, mais sa conséquence principale est néanmoins intéressante : en effet la précession a pour effet de modifier la date de changement des saisons, entraînant donc un décalage chaque année du début de chaque saison.

Ces différents paramètres, appelés paramètres de Milankovitch (du nom de Milutin Milankovitch (1879-1958), qui était le premier à mettre en évidence leur influence sur les

variations dans la distribution du rayonnement solaire reçu sur Terre au cours du Quaternaire) ont donc une influence plus ou moins importante sur le climat et permettent d'expliquer différentes périodes de glaciations s'étant produites dans le passé. En outre, si le climat passé peut être en partie expliqué par ces paramètres, serait-il possible de prédire l'avenir de notre climat ? Différents chercheurs ont ainsi essayé de prédire les futures périodes de glaciations en se basant principalement sur la théorie des cycles de Milankovitch. Ces tentatives seront examinées afin d'en juger leur validité. Les chances de retour d'une période glaciaire dans les siècles à venir restent cependant assez faibles. Finalement, quelques autres facteurs pouvant prédominer ces paramètres orbitaux seront discutés, le principal étant la concentration en CO_2 dans l'atmosphère.

Pour en savoir plus…

- http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/sysfacte/soleil/soleil1.htm
- https://sciencetonnante.wordpress.com/2016/07/22/les-cycles-de-milankovitch-et-les-changements-climatiques/
- http://www.groupes.polymtl.ca/glq1100/milankovich/milankovich.html

Le réchauffement planétaire rend-il le climat plus dévastateur ? Le cas des cyclones tropicaux

Marin Ferrais
Master en Sciences Spatiales

Les cyclones tropicaux sont des phénomènes climatiques extrêmes de grande envergure, qui fascinent autant qu'ils terrifient. Ils sont en effet la cause de désastres meurtriers et destructeurs chaque année. Dans le contexte du réchauffement climatique, il est donc impératif d'étudier l'évolution de ces événements, leurs intensités, fréquences ou encore les précipitations et inondations qui y sont liées.

On les appelle *ouragans* dans l'Atlantique Nord et le Pacifique Nord-Est, *typhon* en Asie de l'Est et *cyclone* ailleurs. Ils sont la manifestation du même phénomène, appelé *cyclone* de manière générale. Un cyclone consiste en un centre de basse pression entouré d'une large zone atmosphérique en rotation rapide. La différence de pression entre la dépression centrale et les zones de plus haute pression environnantes engendre des vents pouvant être puissants et dévastateurs.

Les cyclones tropicaux en particulier se forment au-dessus des mers tropicales où les eaux sont assez chaudes pour les alimenter en énergie. La force de Coriolis due à la rotation de la Terre dévie les vents vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère Sud et induit donc un sens de rotation différent selon l'hémisphère. Il est antihoraire dans le nord et horaire au sud. La force de Coriolis s'annule à l'équateur et on ne trouve donc pas de cyclones tropicaux à moins de 5 à 10 degrés de latitude.

Les cyclones se forment au-dessus de surfaces d'eau chaude (au moins 28 °C) où l'évaporation est importante. La vapeur d'eau s'élève, puis refroidit et condense, relâchant ainsi la chaleur latente de condensation dans l'atmosphère, qui se réchauffe et s'allège. Ce processus provoque un fort mouvement ascendant de l'air, qui aspire à son tour l'air environnant et peut donner naissance à un cyclone. L'apport en énergie du cyclone dépend de la présence d'eau chaude, ce qui explique qu'ils s'affaiblissent rapidement lorsque qu'ils atteignent les côtes.

Les principales causes de victimes lors de cyclones sont les précipitations et le vent, mais plus encore les ondes de tempêtes (près de la moitié). Les ondes de tempête sont des augmentations rapides et importantes du niveau de la mer sur le littoral causées par les vents agissant sur la surface de l'océan et la dépression centrale. En de nombreux endroits, la rugosité du littoral diminue, ce qui réduit sa capacité à freiner les ondes de tempête.

Même si l'intensité cyclonique venait à rester constante, l'évolution démographique augmentera la menace posée par les cyclones à l'horizon 2100.

L'augmentation spectaculaire du nombre de cyclones majeurs depuis 2005 (Katrina, Sandy, Harvey, …) pose forcément la question du rôle de l'activité humaine. Mais les cyclones tropicaux sont extrêmement complexes, isoler l'activité humaine des causes naturelles est difficile et la qualité des données historiques disponibles est insuffisante.

Deux grandes questions se posent à ce propos :

- L'activité humaine a-t-elle déjà induit des changements détectables dans l'activité des cyclones tropicaux ?
- Quelle est l'évolution attendue de cette activité pour le 21ième siècle ?

Il est prématuré de conclure à une cause anthropique pour des changements dans un passé proche. Les données sont simplement trop peu nombreuses, pas assez fiables et ne s'étendent pas sur un intervalle de temps assez long. Des causes naturelles, comme des oscillations entre des périodes froides et chaudes des températures de l'eau en surface suffit dans certains cas.

Il existe un bien meilleur consensus sur certains aspects futurs. Le nombre total de cyclones tropicaux devrait diminuer. Cependant, le nombre de cyclones les plus intenses devrait, lui, augmenter. Le réchauffement climatique va favoriser les extrêmes climatiques. Les précipitations vont également augmenter, un air plus chaud pouvant contenir plus de vapeur d'eau. De plus, les pluies résultantes se répartiront sur moins de tempêtes, mais plus intenses, augmentant le risque d'inondation. L'élevation du niveau de la mer va amplifier le potentiel de destruction de ondes de tempête. Enfin, la présence de masses d'eaux plus chaudes plus loin de l'équateur pourrait aussi permettre la formation et le déplacement de cyclones tropicaux à de plus hautes latitudes. D'un autre coté, les modèles climatiques prédisent une augmentation du cisaillement vertical du vent et de la température de la troposphère supérieure dans l'Atlantique nord. Or ces deux facteurs jouent à l'encontre de la formation d'ouragans dans ce bassin océanique.

Si les effets ne sont pas encore très visibles, il est certain que le changement climatique global que l'on connaît actuellement impacte la formation et l'évolution des cyclones tropicaux. Cela est cependant encore mal compris et demandera de nombreux efforts de modélisation et d'analyse du phénomène à l'avenir.

Pour en savoir plus …

- http://leclimatchange.fr/les-elements-scientifiques/
- https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/ouragans-la-faute-du-rechauffement-climatique_115831
- https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/previsions-faits-ouragans/a-propos.html

L'énergie nucléaire, le salut des ours polaires ?

Quentin Chavet
Master en sciences spatiales

L'Homme moderne (*Homo sapiens*) vit sur Terre depuis 200 000 ans environ. Il a depuis toujours perturbé l'équilibre de la nature. Néanmoins, ces perturbations se sont accentuées à partir des 18ième et 19ième siècles lors de la révolution industrielle. L'Homme à perturbé de façon alarmante l'équilibre des gaz à effet de serre comme le CO_2. De plus, la population mondiale a quasiment triplé depuis les années 1950 et continue d'augmenter exponentiellement. L'humanité entre dans un âge de forte croissance démographique et économique, qui va de pair avec une demande croissante en énergie.

Les moyens de production d'énergie les plus utilisés sont la combustion de matières fossiles comme le charbon, le gaz naturel ou le pétrole. Ces réactions chimiques sont très avantageuses car elles permettent de produire de grandes quantités d'énergie, mais émettent énormément de dioxyde de carbone.

Les émissions anthropiques (c'est-à-dire dues à l'homme) de gaz à effet de serre – principalement de CO_2 – ont donc vu une très forte augmentation récemment et sont aujourd'hui plus élevées que jamais. Les scénarios pour l'évolution future de ces émissions prévoient une augmentation toujours plus grande si aucune mesure n'est prise. Cela pourrait s'avérer fatal pour l'humanité. En effet, ces émissions de gaz à effet de serre provoquent un réchauffement non naturel et non contrôlé de la planète. On assiste alors à une fonte des glaces et une diminution progressive de la couverture de neige et de glace. L'atmosphère et les océans se réchauffent et le niveau de ces derniers augmente. On assiste de plus en plus à des phénomènes extrêmes comme des pics de températures élevées dans certaines régions ou des événements de fortes précipitations à d'autres endroits. Ces changements impliquent des perturbations des écosystèmes et représentent un danger pour les êtres vivants de notre planète.

Si ces émissions de gaz à effet de serre se poursuivent elles provoqueront des changements supplémentaires et des modifications irréversibles. C'est pourquoi le GIEC préconise une suppression complète des émissions en CO_2 d'ici 2100. Cela permettrait de limiter le réchauffement global à 2°C par rapport aux températures d'avant l'ère industrielle. Il est donc impératif de modifier nos méthodes de production d'énergie. 192 pays se sont engagés à limiter leurs émissions de CO_2 en signant le protocole de Kyoto en 1997. Mais malheureusement, limiter ces émissions est plus difficile qu'il n'y paraît. Les énergies fossiles produisent aujourd'hui environ 70 % des émissions globales de CO_2. Il est donc nécessaire d'utiliser d'autres formes de production d'énergie. Une transition mondiale vers des énergies principalement sans carbone est impérative d'ici le milieu du 21ième siècle.

Les énergies renouvelables comme le solaire ou l'éolien ne produisent effectivement pas de gaz à effet de serre mais leur efficacité est limitée. Ces énergies à elles seules ne suffisent pas à assurer la production totale demandée. Il faut se tourner vers une forme de production efficace, émettant peu ou pas de CO_2 et capable de produire suffisamment dès aujourd'hui.

Et si finalement la fission nucléaire était la solution ? La production d'énergie par fission nucléaire émet beaucoup moins de CO_2 que ses alternatives. Elle présente une grande efficacité et nous connaissons relativement bien cette technologie. Les scientifiques sont de plus en plus nombreux à soutenir que l'énergie nucléaire est un élément indispensable à la lutte contre le changement climatique.

Aujourd'hui, 11 % de la production mondiale d'électricité est générée par des centrales nucléaires, dans 31 pays. En Belgique cette énergie compte pour 50 % de la production nationale d'électricité.

Il a été estimé qu'en 2030la Belgique émettrait 27,1 millions de tonnes de CO_2, sans ses centrales nucléaires, soit deux fois ce qu'elle émettrait en gardant la part de nucléaire actuelle. L'utilisation de cette énergie permet donc déjà aujourd'hui de réduire les émissions de CO_2 et pourrait s'avérer indispensable pour atteindre l'objectif annoncé par l'Organisation des Nations unies. Cet objectif implique que 80 % de l'énergie produite devront être bas carbone d'ici 35 ans. Les seules énergies connues actuellement remplissant cette condition sont le nucléaire et le renouvelable. De plus, la demande en énergie est appelée à doubler au cours de ces 35 années. Le nucléaire est donc une solution à prendre sérieusement en considération.

L'émission de CO_2 liée à l'utilisation de l'énergie nucléaire n'est cependant pas nulle. Une centrale nucléaire émet du CO_2 de manière indirecte. Néanmoins ces émissions sont très faibles et comparables à celles des énergies renouvelables. En effet si l'on prend en compte le cycle total de production d'énergie par les centrales nucléaires (construction, production et raffinage de l'uranium,…) on obtient une émission de 12 g de CO_2 par kWh produit. Cela est quasiment aussi faible que pour un parc éolien (11 g/kWh) et énormément moindre qu'une centrale à charbon (820 g/kWh).

Néanmoins, d'autres études arrivent à des chiffres plus importants pour les émissions de CO_2 dues aux centrales nucléaires et tous les experts ne sont pas convaincus que le nucléaire soit indispensable pour limiter les changements climatiques. Selon certains scientifiques, l'utilisation du nucléaire empêcherait ou retarderait la transition vers les énergies renouvelables.

De plus les centrales nucléaires présentent des risques et ne sont pas infaillibles. La question de la sécurité de ces centrales doit évidemment être posée. Une catastrophe causée par l'explosion d'une centrale nucléaire impacte de façon dramatique l'environnement et peut impliquer des répercussions climatiques comparables à ce qu'elles empêcheraient en limitant les émissions de CO_2. Et finalement, le problème de gestion des déchets est également à considérer.

Est-ce donc une solution acceptable d'augmenter l'utilisation des énergies nucléaires pour limiter les émissions de CO_2, si cela augmente les risques de catastrophe ? Et en utilisant des centrales plus sécurisées ? Est-il préférable d'utiliser les ressources de la recherche pour améliorer les centrales nucléaires ou pour développer des énergies renouvelables efficaces ?

Pour en savoir plus

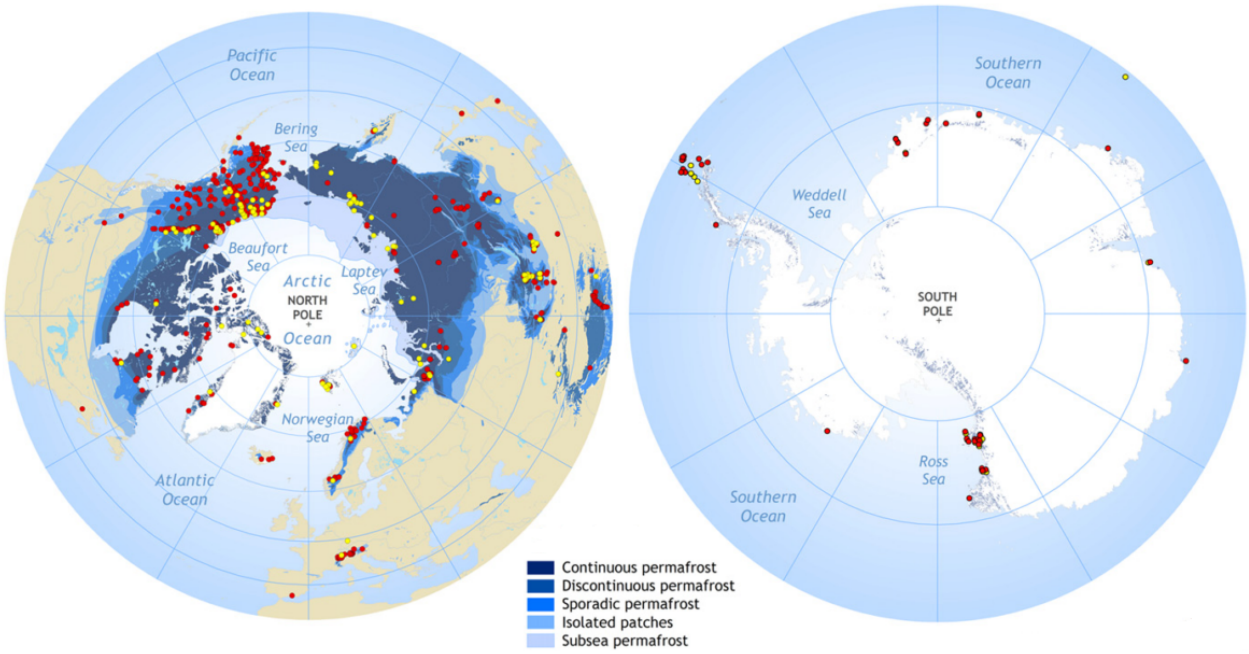
- https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/lutte-contre-le-rechauffement-climatique-quel-role-pour-le-nucleaire_106122
- https://cna.ca/fr/nouvelles/lenergie-nucleaire-et-le-changement-climatique/
- http://www.terraeco.net/Oui-le-nucleaire-emet-bien-du-CO2,16535.html

La fonte des sols gelés sub-Arctique : moteur d'un changement climatique catastrophique ?

Corentin Amador Del Valle
Master en Sciences Géologiques

Les sols gelés des régions arctiques et sub-arctiques, appelés pergélisols en français (*permafrost* en anglais), sont des sols ayant une température inférieure ou égale à 0°C pendant au moins deux années consécutives. Ces sols ont la particularité d'être enrichis en matière organique (principalement végétale) gelée par la glace des pergélisols qui s'accumule depuis des milliers et dizaines de milliers d'années, ce qui en fait un immense réservoir de carbone.

Répartition des pergélisols aux pôles (les points rouges et jaunes sont des stations d'échantillonnage)



Brown et al., 1997, modifié par Schaefer et al., 2014.

Tout comme les températures globales, les températures arctiques augmentent rapidement, et la fonte des pergélisols a déjà commencé depuis une quarantaine d'années. Le carbone libéré dans l'atmosphère par la fonte des pergélisols accélère le réchauffement climatique, mais l'intensité de ce phénomène reste très mal cerné. Le *Réseau du carbone des pergélisols* estime que les émissions de carbone dans l'atmosphère sont grandement sous-estimées par les modèles et que la fonte des pergélisols pourrait être comparable en termes d'émissions à la déforestation, voire plus importante.

On estime à 18,8 millions de km^2 la surface totale des pergélisols et à environ 1700 milliards de tonnes la quantité de carbone stockée sur les 30 premiers mètres de

profondeur : c'est quatre fois plus que le total des émissions humaines depuis le début de l'ère industrielle et plus de deux fois la quantité de carbone présente dans l'atmosphère…

D'après le *Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat* (GIEC), il devient primordial de comprendre et de quantifier l'impact de la fonte des pergélisols sur le climat des prochaines décennies et siècles. Sous quelles formes et comment le carbone des pergélisols pourrait-il être relâché dans l'atmosphère ? À quel rythme cette fonte va-t-elle progresser et quelle sera sa magnitude ? Quels seront les impacts sur le climat à long-terme, sur les écosystèmes locaux, etc. ?

Au fur et à mesure de la fonte des sols, les bactéries dégradent la matière organique et génèrent du méthane (CH_4) et du dioxyde de carbone (CO_2), deux gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique. On estime en revanche que ces gaz mettront du temps avant d'atteindre l'atmosphère, peut-être même plusieurs décennies après la fonte, ce qui laisse du temps pour trouver une solution pour traiter le problème. A l'horizon 2100, on estime cependant que la fonte des pergélisols et la libération du carbone dans l'atmosphère aura un fort impact sur la machine climatique et sur les écosystèmes (effondrement des sols, changements majeurs des biomes, etc.).

Tout peut être très variable. C'est pourquoi le GIEC a envisagé plusieurs scénarios pour quantifier le rôle de la fonte des pergélisols dans la machine climatique du futur. Le scénario du plus faible réchauffement projette une augmentation globale de 1,5°C d'ici 2040 et de 2°C d'ici 2100 alors que le scénario du plus fort réchauffement projette une augmentation de 2,5°C d'ici 2040 et de 7,5°C d'ici 2100, où le carbone des pergélisols aurait un rôle d'accélérateur puissant.

La vitesse à laquelle la fonte va avoir lieu est également au cœur des débats, la fonte peut elle être abrupte ? Si oui, quelles seraient les conséquences pour le climat et l'environnement ? Il sera aussi important de savoir sous quelle forme le carbone se trouvera : 1 kg de méthane a en effet un pouvoir de réchauffement global 33 fois supérieur à 1 kg de dioxyde de carbone.

Connaître la quantité de carbone qui sera émis des régions arctiques au cours du 21ième siècle et dans le futur est une question cruciale pour déterminer la réponse appropriée. Malgré la quantité colossale de carbone présente dans ces sols, il est très peu probable que l'impact de ces émissions dépasse l'impact des émissions issues de la combustion des énergies fossiles. De plus, les pergélisols sont dans des régions reculées, peu peuplées : piéger le carbone à la source par différents moyens pourrait être envisageable.

Pour en savoir plus

- http://www.ipcc.ch/
- https://lejournal.cnrs.fr/articles/pergelisol-le-piege-climatique
- https://climate.nasa.gov/resources/education/pbs_modules/lesson2Engage/

Quel avenir pour l'eau potable sous le réchauffement climatique ?

Alexis Quintana

Master en Sciences Spatiales

L'eau potable est indispensable à chaque civilisation mais son accès a toujours été limité dans certains pays. Le réchauffement climatique influence l'apport en eau potable, surtout dans les pays où y accéder s'avère difficile. S'il s'agit d'un des facteurs impactant l'approvisionnement en eau potable, il est loin d'être le seul, ni même le principal

L'être humain, par ses activités industriels, relâche des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ce qui entraîne notamment un réchauffement de la surface. L'océan n'est pas épargné : son évaporation est renforcée. Une atmosphère plus chaude peut contenir plus d'humidité. De cela découlent des épisodes plus fréquents de fortes précipitations Or beaucoup de pays dépendent des précipitations pour s'approvisionner en eau : une augmentation amplifie le risque de ruissellement et d'inondation..

Les glaciers fondent naturellement en été : ce processus habituel est censé être suivi par la chute de neige en hiver. Cette eau de fonte constitue une réserve pour les lacs glaciaires et les nappes alimentant beaucoup de grands fleuves. L'impact du réchauffement climatique implique des hivers plus courts et plus chauds, donc cette période est raccourcie : cela génère des pertes pour les glaciers. On pourrait croire que la fonte produirait plus d'eau dont les populations ont besoin pour l'agriculture, mais cela fonctionne uniquement à court terme, car sur le long terme il y aura moins d'eau pour l'irrigation. Beaucoup de répercussions sont prédites. Tout d'abord, le niveau des lacs glaciaires risque de monter. Cependant, À plus long terme, on prévoit aussi une diminution du débit des fleuves et, d'ici 20 à 30 ans, un approvisionnement réduit en eau potable. Environ 500 millions de personnes vivent en région montagneuse tandis que l'eau potable issue de ces zones approvisionne presque la moitié de la population mondiale.

L'élévation du niveau de la mer est liée à plusieurs phénomènes dont certaines causes naturelles, mais les activités humaines l'amplifient et la fonte des glaciers précédemment évoquée est un des facteurs qui y contribuent. Le réchauffement provoque aussi une dilatation thermique des couches superficielles de l'océan, qui contribue à la hausse observée du niveau marin. Cette hausse affecte directement les zones côtières, densément peuplées en général. Outre l'inondation possible des basses terres et l'érosion accrue des côtes, l'eau des aquifères côtiers est primordiale pour ses habitants, que ce soit pour les usages domestiques, industriels ou agricoles. Dans les eaux souterraines existe un équilibre entre l'eau douce, qui provient de l'infiltration des précipitations et du ruissellement de l'eau continentale, et l'eau salée. Cette dernière, à cause de l'élévation du niveau de la mer, risque donc de s'introduire dans les nappes phréatiques et ainsi de réduire la quantité d'eau douce disponible.

L'eau douce ne représente que 0,7% de toute l'eau disponible à l'état liquide sur Terre, et elle n'y est pas répartie de façon égale . On estime qu'environ un tiers de la population mondiale est privée d'eau potable. Dans certains pays, tels que le Cambodge et le Tchad, moins de 40% de la population a accès à l'eau potable. Ces problèmes d'apport existaient cependant déjà avant le changement climatique. La Chine et l'Inde, p.ex., sont dépendantes des ressources montagnardes ou côtières pour leur approvisionnement et, se trouvaient déjà en situation de vulnérabilité ou de stress hydrique il y a dix ans (c.-à-d., la demande en eau dépasse les ressources disponibles).

Ces problèmes affectent aussi les pays européens. L'intensité des précipitations extrêmes y a déjà augmenté, impliquant des risques accrus de ruissellement et d'inondation, lesquels impactent la qualité des réserves d'eau. Le débit des crues a ainsi augmenté en Scandinavie à cause de la fonte printanière amplifiée du manteau neigeux. Par ailleurs, dans les zones méditerranéennes, on attend à l'avenir des sécheresses plus intenses et de plus longue durée, qui réduiront la disponibilité en eau. Enfin, les glaciers des Alpes ont déjà perdu une fraction très significative de leur volume. Les répercussions, se font déjà ressentir et s'intensifieront l'avenir si nous n'agissons pas.

Il existe des solutions pour limiter cette perte d'eau potable.. Une première consisterait à mieux gérer les bassins versants (terres dont le drainage se fait vers un même plan d'eau) pour améliorer la qualité, quantité et fiabilité des ressources en eau. Mais il existe aussi des zones, comme les bidonvilles, où l'approvisionnement est limité pour cause de manque d'infrastructures sanitaires ou d'un traitement douteux des déchets, une solution consiste donc aussi en l'amélioration des réseaux d'assainissement. L'emploi combiné, quant à lui, consisterait à gérer les aquifères souterrains et les fleuves comme un tout afin de tirer avantage des eaux de surface comme souterraines. Les lacs et les réservoirs constituent deux tiers de l'eau potable disponible sur Terre donc une gestion de ces eaux pourrait aider les communautés à compenser les variations saisonnières et l'irrégularité de ces précipitations. Enfin, par la récolte de l'eau de pluie dans des bassins et le rechargement des aquifères par l'apport artificiel du surplus d'eau de ruissellement, il serait possible de tirer un avantage de l'augmentation des précipitations.

Pour en savoir plus

- http://webarchive.unesco.org/20151214202158/http://www.unesco.org/bpi/fre/unescopresse/2002/02-87f.shtml/
- https://theconversation.com/pluies-intenses-et-changement-climatique-quel-rapport-60519
- https://www.actu-environnement.com/ae/news/ressources-eau-douce-iles-changement-climatique-15572.php4
- https://www.koshland-science-museum.org/water/html/fr/Sources/Urban-Water-Management.html

Pourquoi vivent-ils sur Terre sachant que les hommes viennent de Mars et les femmes de Vénus?

Thomas Bolen

Master en Sciences Spatiales

D'après les dires des anciens, les hommes viendraient de Mars et les femmes de Vénus. Cependant, tous deux vivent sur Terre. Quels changements climatiques terrestres ont permis à la race humaine de vivre et se développer sur Terre ? Pourquoi le climat terrestre est-il plus intéressant que les climats vénusien ou martien pour abriter la vie ?

L'homme est apparu sur Terre il y a moins de trois millions d'années. Il est le fruit d'un long processus appelé l'évolution. Ainsi, pour comprendre comment l'homme a pu apparaître sur la terre ferme, il nous faut comprendre comment la vie dans son ensemble a pu s'y développer.

Pour permettre la vie, il a fallu que de nombreux changements soient réalisés sur Terre afin qu'apparaissent l'eau, le dioxygène, qui nous permet de réaliser la plupart de nos processus métaboliques par la respiration, et l'ozone, qui nous protège contre le rayonnement ultraviolet en provenance du soleil et qui est nocif à la vie.

L'origine exacte de l'eau sur Terre est controversée : plusieurs hypothèses ont été proposées, sans qu'aucune ne puisse prendre l'ascendant sur l'autre. Elle pourrait être originaire des comètes, composées à environ 80% de glace, qui se sont écrasées sur Terre après sa formation. Elle pourrait être d'origine protosolaire et avoir été stockée dans la planète. Ou encore, elle pourrait venir des micrométéorites qui s'écrasent aujourd'hui encore sur Terre. Ainsi, dans les cas des comètes et des météorites, l'eau s'en serait évaporée lorsqu'elles ont impacté la Terre. Dans le cas de l'origine protosolaire, une forte activité volcanique aurait entrainé un dégazage de la planète. Une couche nuageuse s'est ainsi formée dans les deux cas, entrainant par la suite de fortes pluies. Celles-ci, très acides, aurait permis la formation des premiers carbonates et des océans. De ce fait, il y a environ 3,85 milliards d'années, les premières formes de vie se seraient développées dans les océans.

Bien que la vie soit apparue dans l'eau, elle ne pouvait néanmoins pas en sortir, car l'atmosphère n'était pas composée telle qu'elle l'est aujourd'hui. À l'origine, celle-ci était composée d'hydrogène, d'azote, de dioxyde de carbone, d'ammoniac et de méthane, mais pas d'oxygène, ou alors en faibles traces. Cependant, l'apparition d'un processus très connu modifia tout cela : la photosynthèse. En effet, les organismes vivants doivent trouver du carbone pour vivre. Une certaine espèce de bactéries, appelées cyanobactéries, trouva son carbone dans le CO_2 présent dans l'eau. Elle captura le carbone et rejeta le dioxygène (O_2). Cet O_2 fut d'abord capté par ce qui l'entourait ; le surplus produit se répandit dans l'atmosphère et atteignit la concentration de 0,1%. Appelé la Grande Oxydation, ce phénomène entraîna l'extinction de plusieurs espèces et laissa la place aux cyanobactéries. L'oxygène formé finit par réagir avec le méthane présent dans l'atmosphère, formant de l'eau et du CO_2, ce qui entraîna un refroidissement de la Terre et une des plus grandes périodes de glaciation : la glaciation Huronienne. Mais celle-ci a aussi permis la formation de la couche d'ozone, dont nous

parlerons plus loin. Enfin, il y a près de 600 millions d'années, une deuxième grande oxydation fit son apparition, amenant le taux de présence de l'oxygène à celui que nous connaissons aujourd'hui : 21%. Ce changement a permis une explosion de diversité, c'est-à-dire l'apparition de créatures vivantes complexes ressemblant à des animaux.

Mais cette vie complexe n'aurait pu apparaître sans la formation de la couche d'ozone comme nous l'avons précisé précédemment. Celle-ci est le produit d'une réaction chimique dans la stratosphère entre le dioxygène et l'énergie solaire. Cette dernière permet la séparation des molécules en deux atomes d'oxygène. Un atome va ainsi pouvoir se lier à une molécule de dioxygène pour former de l'ozone.

Cependant, tout l'oxygène n'est pas transformé en ozone, on a donc une limitation de concentration. Un équilibre dynamique permet de conserver une concentration stable, détruisant le trop plein d'ozone formé. De jour, l'énergie solaire dissocie l'ozone en un atome d'oxygène et un dioxygène. Par contre, de nuit, c'est un atome d'oxygène qui réagit avec de l'ozone pour former deux dioxygènes ; ce phénomène est la source principale de destruction.

Ainsi, à travers l'apparition de l'eau, du dioxygène, de l'ozone et les changements climatiques qui allaient de pair, nous pouvons comprendre l'origine de la vie terrestre et marine, et donc de la vie humaine.

Essayons de comprendre pourquoi il n'y a pas de vie, ni sur Vénus, ni sur Mars en partant de ces différents principes. La réponse est plutôt simple : l'eau qui y est présente n'est pas sous forme liquide. Dans le cas de Vénus, l'atmosphère est près de dix fois plus dense que celle de la Terre et est composée quasi-globalement de dioxyde de carbone. On peut y retrouver aussi un peu d'azote et des traces de vapeur d'eau. Cette atmosphère très dense implique un gros effet de serre, permettant à la température moyenne de la surface d'atteindre les 460°C. Dans de telles conditions de température, il semble logique de ne pas pouvoir trouver d'eau liquide à la surface de Vénus. En ce qui concerne Mars, on peut observer une composition de l'atmosphère semblable à celle de Vénus. Cependant, son cas diffère du précédent. L'atmosphère de Mars est nettement moins dense que celle de la Terre suite à une force gravitationnelle très faible qui retient peu l'atmosphère. La planète est aussi plus éloignée du Soleil. Ainsi, bien que son atmosphère comprenne plus de CO_2 que celle de la Terre, la planète Mars possède une température moyenne à sa surface de seulement -60°C. L'eau se trouve donc sur Mars sous deux formes différentes : sous forme gazeuse comme sur Vénus, mais aussi sous forme solide, principalement dans les calottes au niveau des pôles. Comme Mars ne possède pas d'eau liquide, il lui est donc impossible d'accueillir la vie.

En conclusion, nous pouvons répondre à la question que nous nous posions au début. Les hommes sont apparus sur Terre, car les conditions nécessaires à la vie terrestre étaient réunies. Cependant, même en imaginant que l'évolution des êtres vivants se soit déroulée sur Vénus et Mars comme sur Terre, l'homme n'aurait jamais pu y naître par manque d'eau liquide, berceau de la vie, du dioxygène et de l'ozone dans l'atmosphère.

Pour en savoir plus

- https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/astronomie-eau-liquide-source-vie-univers-995/page/8/
- https://sciencetonnante.wordpress.com/2014/06/16/dou-vient-loxygene-de-lair-que-nous-respirons/

RÉJOUISCIENCES

LA **DIFFUSION** DES **SCIENCES** ET DES **TECHNIQUES** à l'Université de **Liège**

L'Université de Liège propose une offre variée d'actions de culture scientifique et technique à l'attention des écoles et du grand public :

- des **événements** (le Printemps des Sciences, la Nuit des Chercheurs, Ma Thèse en 180 secondes, ImagéSanté, Mapathon, etc.)
- des **conférences** (Un professeur de l'ULiège dans votre classe, demi-journée Changements climatiques, Doc'cafés, etc.)
- des **travaux pratiques** et des **visites de laboratoires** (chimistes en herbe, Mardis de l'Ingénieur, etc.)
- des **concours** (Ça plane pour toi, Corsica, Faites le Pont, etc.)
- des activités **d'éveil** et de **sensibilisation** (Levite, Maths à modeler, MATh.en.JEANS, etc.)
- un **soutien** aux projets d'écoles
- des **ressources pédagogiques** en ligne (dossiers, vidéos, forum, etc.)
- des **formations continues** pour les enseignants

Pour ne rien rater de nos prochains rendez-vous, abonnez-vous à notre **newsletter**, consultez notre **agenda** et suivez-nous sur les **réseaux sociaux** !

LIÈGE université

Réjouisciences
Université de Liège
quai Edouard Van Beneden, 22
4020 Liège

Tél. : +32 (0)4/366 96 96
sciences@uliege.be
www.rejouisciences.uliege.be

/ rejouisciences
@rejouisciences

Réjouisciences bénéficie du soutien de la Fédération Wallonie-Bruxelles et du Service Public de Wallonie (DGO 6)