



## « Les changements climatiques »

**Lundi 13 mars, vendredi 17 mars et mercredi 5 avril 2023**  
**Université de Liège**

**Trois matinées avec les étudiants des masters en géographie, orientation *Global Change*, en sciences spatiales et en biologie des organismes et écologie de l'Université de Liège**

Dans le cadre du cours « *Les changements climatiques et leurs impacts* », nous organisons les lundi 13 mars, vendredi 17 mars et mercredi 5 avril 2023, notre quinzième colloque annuel sur le thème des changements climatiques. Dans une série de mini-conférences, des étudiants des masters en géographie, orientation *Global Change*, en sciences spatiales et en biologie des organismes et écologie de l'Université de Liège 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, entre autres, les questions suivantes : Quels impacts l'élévation du niveau de la mer aura-t-il sur les milieux côtiers et leurs populations ? Vaudrait-il mieux cibler d'abord le méthane plutôt que le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ? Migrations et changements climatiques : quels liens ? Quel est l'impact du numérique sur le réchauffement climatique ?

Cette année, trois demi-journées sont organisées. Elles s'adressent principalement aux élèves des classes de 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> année du secondaire, mais sont également ouvertes aux étudiants du supérieur, aux enseignants, aux chercheurs et au grand public. Les inscriptions aux matinées sont gratuites, mais obligatoires.

**Informations: Guy MUNHOVEN, Institut d'Astrophysique et de Géophysique, Université de Liège, Quartier Agora, 19c Allée du Six Août, 4000 Liège. Tél.: 04/3669771, e-mail: [Guy.Munhoven@uliege.be](mailto:Guy.Munhoven@uliege.be)**

**Première matinée « Les changements climatiques »**  
**Lundi 13 mars 2023, 9h00 à 12h15**  
**Université de Liège**  
**Auditoire de l'Ancien Institut d'Anatomie, Bâtiment L3**  
**Rue de Pitteurs, 20 – 4020 Liège**

09h00 – 09h20 **Accueil et introduction de la journée** (Louis François & Guy Munhoven)

09h20 – 09h40 **C'est pas l'Homme qui prend la mer, c'est la mer qui prend l'Homme...**  
(Robin Pétroussians)

*L'érosion du littoral est un phénomène qui a toujours existé sur notre planète. Cependant, une des conséquences du réchauffement climatique est l'accélération de ce phénomène, menaçant de nombreux foyers. Quels sont les mécanismes intervenant dans cette érosion ? Comment le changement climatique amplifie-t-il ce phénomène et quelles en sont les conséquences, physiques et humaines ? Comment protéger nos côtes de cette érosion ?*

09h40 – 10h00 **20 000 lieux sous les mers** (Benjamin Lecart)

*La montée du niveau des mers est un des effets les plus connus du réchauffement climatique. Quelles zones vont être touchées ? Les populations de ces zones vont-elles être fortement impactées et de manière équivalente dans le monde ? Des solutions sont-elles envisageables pour résoudre ces problèmes ?*

10h00 – 10h20 **What do we want ? Climate justice !** (Juliette Rasir)

*Dans le contexte de changement climatique, les femmes sont des plus vulnérables. Leur accès aux ressources, à la mobilité et aux décisions politiques concernant le changement climatique est restreint. Pourquoi ? Où sont-elles les plus vulnérables ? Quels sont les mécanismes sociétaux à l'origine de cette répression ?*

10h20 – 11h00 **Pause**

11h00 – 11h20 **Les pieds dans l'eau en Wallonie ?** (Clémence Jacquemain)

*Le changement climatique et les événements extrêmes qu'il génère, comme les inondations, sont de plus en plus présents ces dernières années. Leurs dégâts sont tels que lorsqu'un événement extrême a lieu, il touche la population, les infrastructures, mais aussi les activités économiques. Mais concrètement : qu'est-ce qu'une inondation ? Comment se forme-t-elle ? Quels facteurs l'impactent ? Comment ont-elles évolué ? Et quelle va être leur fréquence dans le futur ?*

11h20 – 11h40 **Les rots à gogo des vaches** (Constance Gosselin)

*Une vache, de l'herbe et un système digestif... voilà qui provoque une grande émission de méthane. La fermentation entérique a-t-elle son importance dans le bilan global des gaz à effet de serre dans l'atmosphère ? Le méthane émis par l'élevage bovin laitier et carné jouerait-il un rôle dans le changement climatique ? Quelles sont les solutions apportées dans cette industrie pour diminuer cet impact environnemental ?*

11h40 – 12h00 **L'ours polaire en pole position face au réchauffement climatique**  
(Renaud Hamaide)

*Les changements climatiques observés en Arctique sont majoritairement dus au réchauffement, plus qu'aux activités anthropiques directes. Pour étudier les impacts sur la biodiversité en Arctique, l'ours polaire présente un intérêt particulier. Les aspects de l'impact du réchauffement sur cette espèce sont multiples, mais quels sont-ils ? Quelles sont les prévisions pour le futur de ce top-prédateur ?*

12h00 – 12h15 **Conclusions de la journée**

# C'est pas l'Homme qui prend la mer, c'est la mer qui prend l'Homme

**Robin Pétrossians**

Master en sciences géographiques — orientation « Global Change »

## La dynamique du littoral

Nos plages sont constamment en évolution : certaines, qui ont un apport sédimentaire suffisamment élevé, sont en accrétion, tandis que d'autres, qui ont un apport sédimentaire trop faible, subissent une érosion. Il se peut également qu'elle soit en état d'équilibre, c'est-à-dire que la perte sédimentaire est égale à l'apport sédimentaire. Dans ce cas, le littoral ne varie pas ou très peu.

Selon une étude réalisée en 1985, 70% du littoral dans le monde se ferait éroder, pour seulement 10% d'accrétion. Cependant, une étude plus récente a montré que ce pourcentage de plages sableuses en érosion ne s'élevait que de 24%, pour 28% en accumulation et 48% stable. En Europe, 40% des plages subiraient une érosion, si l'on exclut le rebond post-glacier des régions scandinaves. Bien sûr, ce pourcentage varie selon les régions. Plusieurs raisons peuvent expliquer qu'une région est plus touchée qu'une autre par cette érosion du littoral. Ces différentes causes sont exposées dans le paragraphe suivant. Attention de ne pas confondre *variation côtière* et *érosion côtière*. Cette dernière se fait sur le long terme, alors que la variation côtière se fait de manière périodique autour d'une ligne de côte moyenne.

La perte de sédiments se fait essentiellement à cause des vagues qui viennent frapper le littoral. En situation d'équilibre, le littoral arrive à dissiper l'entièreté de l'énergie du choc, n'occasionnant aucune perte. Mais si le littoral ne parvient pas à dissiper toute cette énergie, il y aura une perte sédimentaire pour combler la différence entre l'énergie du choc et l'énergie dissipée. Le taux de transport est donc lié à la différence entre la dissipation réelle de l'énergie et la dissipation lorsque le profil d'équilibre est atteint. Un facteur qui peut influencer la dissipation de l'énergie est la pente de la plage. Ce sont généralement les grains plus fins (0,15 mm) qui se font emporter. L'érosion du littoral peut également se produire à cause de la baisse d'apport en sédiments. Cela peut, par exemple, se faire à cause de l'activité humaine, à cause d'une infrastructure hydraulique privant un fleuve de ses sédiments, et par la même occasion, le littoral où il a son embouchure. D'autres facteurs importants qui engendrent de l'érosion sont les tempêtes et autres événements extrêmes. En effet, ces événements extrêmes peuvent créer une onde de tempête, c'est-à-dire une élévation du niveau de la mer, ce qui va occasionner de l'érosion. La réponse d'un littoral face aux événements extrêmes dépend de plusieurs facteurs : la morphologie de la plage, l'intensité de la tempête, l'orientation du rivage par rapport aux vagues, la hauteur des dunes, la pente de la plage, etc. Après la tempête, les vents et les courants marins vont ramener le sable érodé, mais ce processus de retour peut prendre énormément de temps (jusqu'à des dizaines d'années), ce qui fait que l'accumulation de tempête peut faire reculer les plages de manière permanente si ces dernières n'arrivent pas à se restaurer entre deux événements. Par exemple, pour la mer du Nord, si l'on considère deux à trois tempêtes créant une onde de 1 à 2 m chaque année, on obtiendrait une érosion de 50 m<sup>3</sup> par mètre par an. Or,

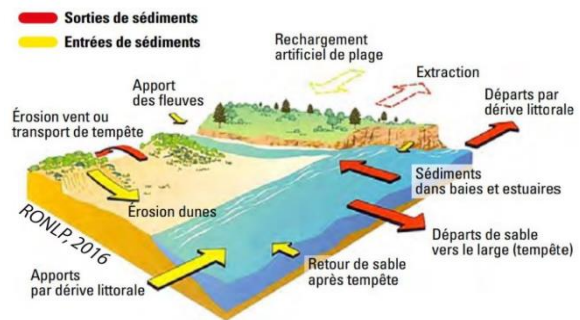


Figure 1 : schéma des différentes interactions entre la plage et la dune. (Source : [Zemmour 2019](#))

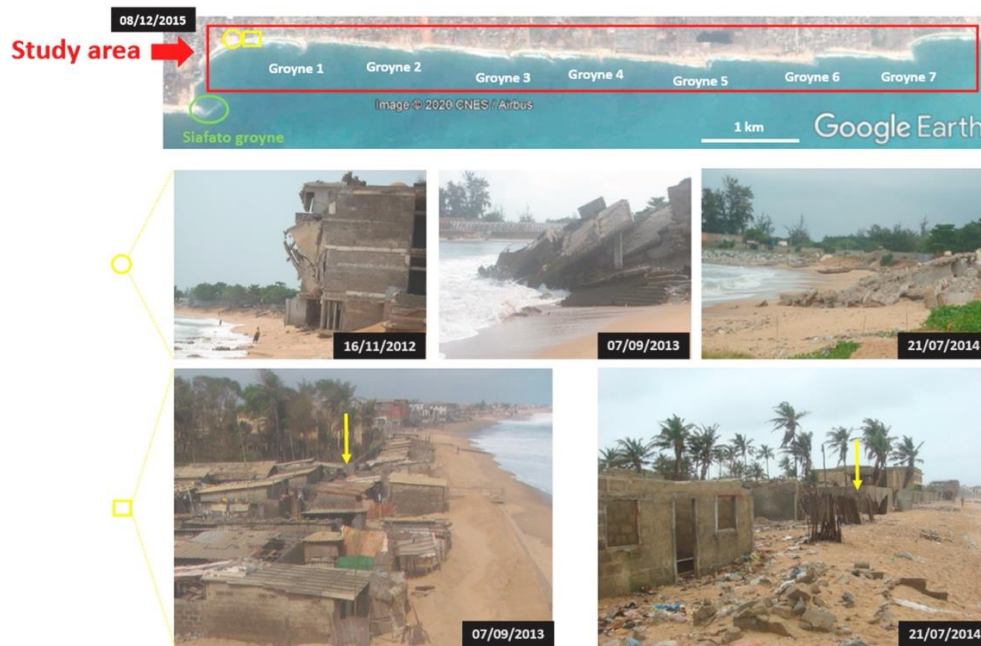


Figure 2 : érosion du littoral à Cotonou (Bénin). (Source : [de Longueville et al., 2020](#)).

l'accrétion des dunes grâce au vent ne serait que de 10 à 20 m<sup>3</sup>/m/an, ce qui n'est donc pas assez pour combler l'érosion par tempête. La direction et la vitesse des vents jouent d'ailleurs un rôle dans la mobilisation des sédiments. Par exemple, des vents soufflants parallèlement à la ligne du littoral pourront parcourir de plus longues distances, mais seront moins efficaces au développement des dunes.

### L'impact du réchauffement climatique

Ce n'est plus un secret pour personne, notre monde subit depuis plusieurs décennies un changement global, ayant pour conséquence principale un réchauffement de la planète. Malheureusement, ce changement climatique va affecter l'érosion du littoral en l'amplifiant. Cette amplification est principalement due à deux facteurs : l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation des événements extrêmes.

Le nombre d'événements extrêmes n'est pas la cause de l'augmentation de l'érosion du littoral au 20<sup>ème</sup> siècle, car on ne distingue pas encore une augmentation du nombre de ces événements. Cependant, nous avons vu que certaines plages n'arrivent pas à se régénérer complètement entre deux tempêtes. Une augmentation de la fréquence de ces tempêtes risque donc d'accroître le nombre de plages n'ayant pas le temps de se régénérer entre deux tempêtes et subissant par conséquent une érosion sur le long terme.

Venons-en au deuxième facteur : l'élévation du niveau de la mer. Pour rappel, pendant une tempête, ce sont les ondes de tempêtes qui, en augmentant le niveau de la mer, permettent une croissance de l'érosion. On peut dès lors supposer que l'élévation de la mer permanente aura le même effet, mais sans phase de régénération. Sur la côte est des États-Unis, le taux d'érosion est environ deux ordres de grandeur plus élevé que le taux d'élévation du niveau de la mer. Mais en réalité, il est très difficile d'étudier l'impact du niveau de la mer sur le littoral, car chaque littoral réagit de manières différentes. De nombreuses plages sont également soumises à d'autres facteurs, comme les tempêtes ou des modifications anthropiques.

Une des conséquences principales du réchauffement climatique est l'augmentation de l'émigration de la population. En effet, certaines régions sont plus durement touchées que d'autres par les effets dramatiques du changement climatique, les rendant invivables (à cause, par exemple, de l'augmentation d'événements extrêmes ou l'impossibilité d'y pratiquer

l'agriculture à cause de sécheresses). Ces populations vont donc migrer, souvent en région urbaine, mais dans des zones où elles seront plus vulnérables, comme par exemple, des quartiers subissant les effets de l'érosion côtière. Le réchauffement climatique aura donc pour effet d'augmenter cette érosion, mais également d'augmenter la population qui y sera vulnérable. Le cas de la ville de Cotonou au Bénin est illustré sur la Figure 2.

### Le cas de Wissant

Certaines zones en Europe sont assez durement touchées par l'érosion du littoral. La France n'en est pas épargnée avec de larges zones, principalement au niveau de la côte ouest et de la côte d'Opale. Nous allons justement nous focaliser sur une baie de cette dernière, la baie de Wissant, dont certaines parties subissent un recul parmi les plus élevées de la côte d'Opale. Ce recul est principalement dû à un déficit de sédiments lié à l'extraction de sable par l'Homme et à un fonctionnement hydrodynamique particulier. La baie est composée de dunes hautes de 10 à 20 m. C'est principalement la partie à l'ouest du village de Wissant qui est touchée par l'érosion. On observe un recul allant jusqu'à 290 m, soit plus de 4 m/an entre 1949 et 2015, en moyenne. Le secteur ouest (dune d'Amont) a reculé de 2,2 m/an sur cette même période. Des blockhaus faisant partie du mur de l'Atlantique se sont effondrés, témoignant de ce recul. La partie est est quant à elle principalement en train d'avancer. Elle a avancé de 39,4 m entre 1949 et 2015, soit 0,6 m/an en moyenne, même si l'on observe un début d'érosion à l'ouest de la dune d'Amont, ce qui signifierait potentiellement un déplacement de la zone d'érosion vers l'est de la baie.

Des aménagements ont été réalisés afin de tenter de protéger le cordon dunaire ainsi que les bâtiments à proximité. Cependant, il a rompu à deux reprises récemment (en 2000 et en 2007) à cause d'une perte de sable à sa base et un effet d'affouillement. Il a été fortement recommandé de recharger la plage en sable car l'érosion était principalement due à un déficit en sable. Le besoin en sable a été estimé à 300.000 m<sup>3</sup>, ce qui serait revenu à 5 millions d'euros. Ce projet a été jugé trop coûteux pour être réalisable. Finalement, ce sont 2500 tonnes d'enrochement qui ont été déversés en urgence après l'éventrement de la digue en 2007. Ces mesures d'urgence ont coûté 252.000 €, endettant la commune de 51.000 € par an jusqu'en 2021, même si la commune ne doit assurer que 20% des frais totaux. Une nouvelle digue a depuis été construite et des projets pour ralentir l'érosion ont été réalisés, comme par exemple la mise en place, début 2022, d'une barrière naturelle de sapins de Noël recyclés. Ce sont maintenant les collectivités territoriales qui doivent prendre en compte la gestion de l'érosion du littoral.

Le comportement de la population est également intéressant à analyser. En effet, des enquêtes ont été réalisées auprès de la population de la côte d'Opale, dont une partie sont des habitants de Wissant, pour analyser leur connaissance sur l'érosion du littoral, pour voir ce que pense la population des mesures prises par les autorités et pour analyser leur comportement face à cette érosion. Premièrement, on note que l'érosion est le deuxième problème environne-

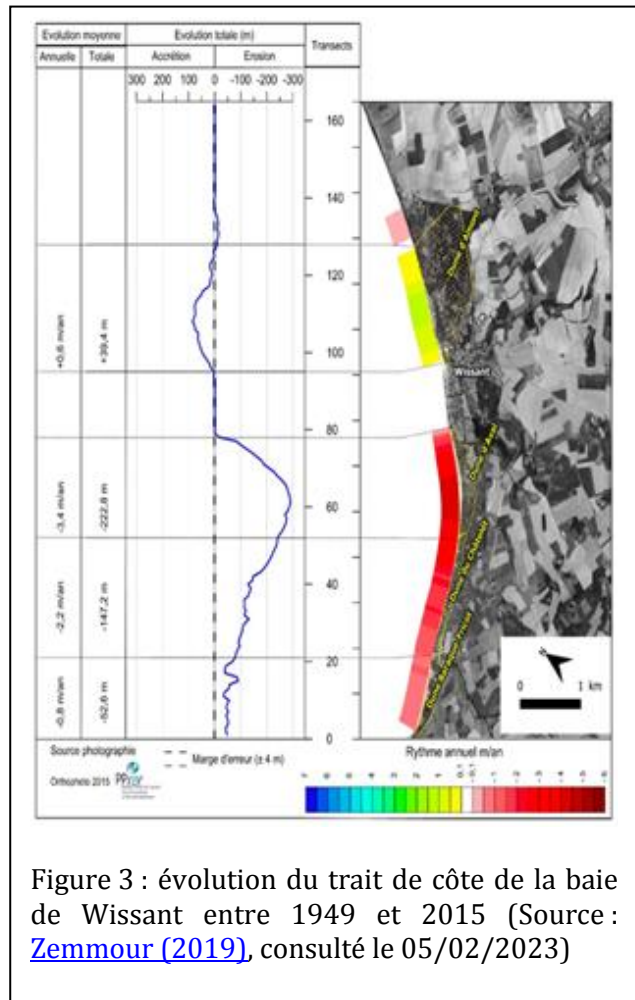


Figure 3 : évolution du trait de côte de la baie de Wissant entre 1949 et 2015 (Source : [Zemmour \(2019\)](#), consulté le 05/02/2023)

mental qui préoccupe le plus la population après la pollution. 63,8% des personnes interrogées disent avoir pris connaissance du problème par elles-mêmes. Seulement 6,1% trouvent que les mesures adoptées contre l'érosion sont très efficaces, 37,4% trouvent qu'elles sont plutôt efficaces, 29,6% trouvent qu'elles sont plutôt inefficaces et 11,3% trouvent que les mesures prises sont inutiles. Les résultats des différentes mesures prises sont donc assez mitigées. Finalement, 43,2% des personnes interrogées sont prêtes à quitter leur habitation contre une indemnité. Ce nombre représente moins de la moitié des personnes interrogées, mais il est plus élevé que pour les autres propositions, à savoir demander à la commune des mesures de protection (28,8%), créer ou rejoindre une association de riverains (17,9%) ou rester par attachement (12,1%).

## Conclusion

Le cas de Wissant n'est pas forcément dû au réchauffement climatique, mais est un exemple de la complexité du problème de l'érosion côtière d'un point de vue technique mais aussi financier. Avec l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation des événements extrêmes, ce type de problème ne fera qu'augmenter à l'avenir, et de plus en plus de zones seront touchées, des zones aux moyens techniques et financiers plus faibles qu'à Wissant, mais aussi à pression démographique plus forte. La gestion de cette érosion est donc un enjeu actuel qui va prendre de plus en plus d'importance dans le futur.

## Pour en savoir plus

- [https://youtu.be/4ZN\\_6cKyO-Q](https://youtu.be/4ZN_6cKyO-Q)
- [https://www.francetvinfo.fr/monde/environnement/montee-des-eaux/infographies-monteedeseaux-decouvrez-si-votre-ville-ou-votre-plage-est-grignotee-par-l-erosion-du-littoral\\_4187797.html](https://www.francetvinfo.fr/monde/environnement/montee-des-eaux/infographies-monteedeseaux-decouvrez-si-votre-ville-ou-votre-plage-est-grignotee-par-l-erosion-du-littoral_4187797.html)
- <https://www.lesechos.fr/politique-societe/societe/erosion-du-littoral-le-gouvernement-sattaque-a-lepineuse-question-financiere-1903183>
- <https://mtaterre.fr/dossiers/vacances-dete-le-littoral-en-danger/les-effets-du-changement-climatique-sur-les-littoraux>

# 20 000 lieux sous les mers

**Benjamin Lecart**

*Master en sciences géographiques — orientation « Global Change »*

## Introduction

Depuis la révolution industrielle, l'Homme connaît une forte croissance économique : l'intensification de la production et de nombreux progrès techniques ont contribué à améliorer le niveau de vie des populations. Cette croissance a engendré une augmentation des concentrations de nombreux gaz à effet de serre dans l'atmosphère, provoquant le changement climatique connu de tous. Ce rapport va traiter d'une des conséquences les plus connues de ce changement global : la montée des mers, et ses conséquences sur la population.

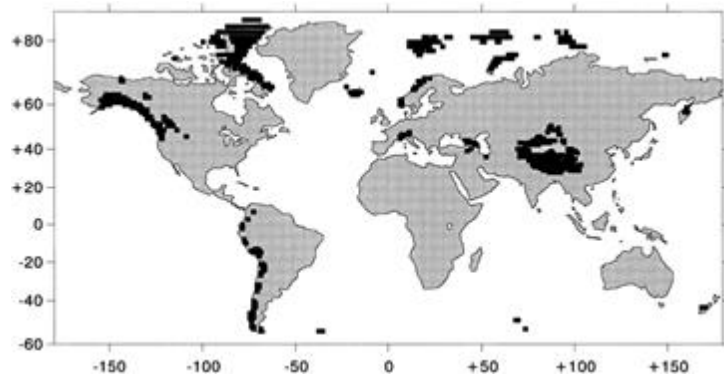


Figure 1 : les glaciers de montagne. (Source : [Braithwaite et Raper, 2002](#))

## Les causes de la montée des mers

L'augmentation du niveau des mers, observée depuis les années 1900, est un phénomène multi causal. Différentes contributions s'additionnent : la fonte des glaciers, le stockage de l'eau sur Terre et l'expansion thermique. Ces facteurs ne varient pas de façon constante au cours du temps. En effet, l'augmentation du niveau des mers varie de décennie en décennie, mais la valeur moyenne est estimée en une augmentation de 1.5 mm par an depuis 1900. Depuis 1980, cette moyenne n'a fait qu'augmenter, et sa valeur annuelle actuelle se situe aux environs de 3 mm par an.

### La fonte des glaciers

Afin de clarifier quelques concepts, il est important de pouvoir différencier deux grands types de glacier sur Terre : les calottes glaciaires, comprenant le Groenland et l'Antarctique, et les glaciers de montagne et petites calottes glaciaires (Figure 1). La fonte de ce deuxième type de glacier sera probablement la deuxième plus grande contribution à l'augmentation du niveau de la mer d'ici 2100. Cette augmentation est incertaine, car elle dépend fortement de l'évolution future de nos émissions de gaz à effet de serre et de la sensibilité de la glace au réchauffement. Les glaciers de montagne auraient déjà contribué au phénomène de la montée des mers, et ce, à raison de 30%. Cette forte contribution est due au fait que les glaciers de montagne sont particulièrement sensibles au réchauffement climatique. La contribution du Groenland et de l'Antarctique à l'augmentation est, elle, plus faible, à raison de 20% : les calottes glaciaires sont, en effet, moins sensibles aux changements, bien que leur fonte accélère ces dernières décennies. Au vu de leur taille, leur impact peut devenir considérable : si le Groenland fondait entièrement, la mer monterait de 7 m et elle monterait de 3 à 5 m si c'était la partie ouest (instable) de l'Antarctique qui fondait. Il est toutefois important de noter que seule la glace terrestre provoque une augmentation du niveau des mers lors de la fonte. La banquise, elle, ne provoque pas d'augmentation lors de la fonte, car elle est déjà située dans l'océan.

## La dilatation thermique

Le réchauffement planétaire va également causer une augmentation de la température des océans. Le phénomène qui va suivre est une dilatation thermique de l'océan, des molécules à plus haute température prenant plus d'espace que ces mêmes molécules à une température inférieure. Les données recueillies depuis 50 ans montrent que l'expansion thermique de l'océan a fortement augmenté depuis 1970. Ces données montrent que l'océan profond s'est également réchauffé ces dernières décennies, mais sa contribution à la montée du niveau marin est incertaine. En effet, c'est le réchauffement des couches supérieures qui a un impact majoritaire : on estime ce dernier à 30% de l'élévation totale.

## Le stockage de l'eau terrestre

La variation du stockage de l'eau terrestre est le dernier facteur pouvant avoir une influence importante sur le niveau des mers. Cette variation peut aussi bien avoir comme cause la variabilité naturelle du climat que les activités humaines. La variabilité naturelle ne donne pas lieu à une tendance claire, contrairement aux facteurs anthropiques : en effet, la construction de barrages et de réservoirs ont tendance à diminuer le niveau marin tandis que le prélèvement d'eaux souterraines pour les cultures a tendance à l'augmenter. Or, la tendance qui pourrait s'observer à l'avenir est une diminution de la construction de barrages et une augmentation des puisements d'eaux souterraines.

## Les zones touchées

L'impact de ce phénomène sur les populations va être considérable, on estime que 200 millions de personnes vivront sous le niveau de la mer d'ici 2100 et que 160 millions supplémentaires connaîtront d'importants problèmes d'inondations. Les personnes touchées par ce phénomène vont être réparties sur la planète de manière très inégalitaire. C'est principalement l'Asie de l'Est et le Pacifique qui vont être touchés (Figure 2) : 70% de ces 200 millions de personnes y vivront. Cela est dû au fait que les îles et les régions côtières sont les régions les plus vulnérables.

Mais d'autres zones seront également touchées. En Europe, ce sont les Pays-Bas qui sont le plus à risque : 4 millions de personnes devraient y vivre sous le niveau de la mer d'ici 2100.

Il faut aussi mettre en évidence le fait qu'une grande partie de la population mondiale vit en zone côtière : on retrouve de nombreuses métropoles en bord de mer. Cette tendance n'a pas l'air de s'inverser et on estime que la population côtière va augmenter de 12% d'ici 2035. Encore une fois, cette tendance n'est pas la même partout sur le globe, ce qui aura un impact sur les zones les plus impactées par la montée des mers. On voit que l'Europe va probablement connaître une faible augmentation de 1% de la population côtière, tandis qu'en Afrique subsaharienne l'augmentation se situe aux alentours des 42% (représentant 1 milliard de personnes). En ce qui concerne l'Asie, l'augmentation se situe aux alentours des 8% mais représente 1.3 milliards de personnes.

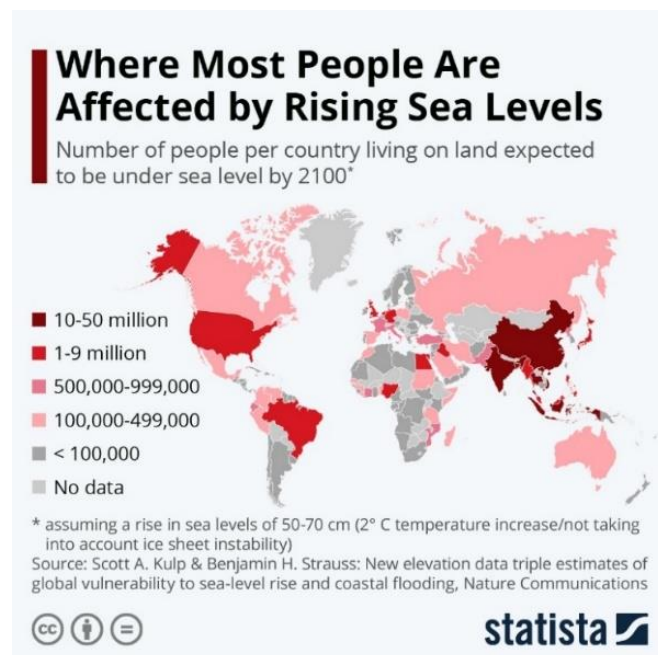


Figure 2 : La population affectée par la montée des mers  
(Source : [Statista](#))

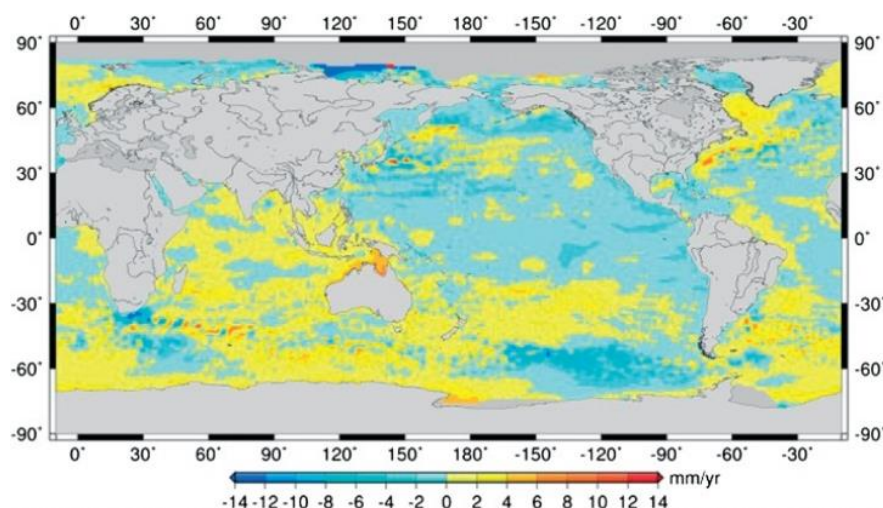


Figure 3 : Variation de l'évolution de la montée des mers. (Source : Cazenave et Le Cozannet, 2014.)

## Les impacts sur la population et leurs variations

L'élévation du niveau des mers va augmenter la vulnérabilité de nombreuses régions côtières qui, comme explicité précédemment, héberge une partie importante de la population. L'élévation du niveau de la mer devrait aggraver l'érosion côtière, les inondations marines extrêmes ou l'intrusion d'eau salée dans les aquifères côtiers.

Les satellites ont montré que le niveau de la mer ne varie pas uniformément (Figure 3). Au cours de ces vingt dernières années, l'augmentation a été trois fois plus importante dans le Pacifique occidental que l'augmentation moyenne, créant une exposition plus importante au phénomène dans cette zone. Cette variabilité régionale est due au fait que la place prise par l'eau dépend de sa densité et que celle-ci est directement dépendante de la salinité et de la température. Ces deux facteurs varient spatialement sur Terre.

En plus du critère sur la montée réelle des eaux, il faut prendre en considération la vulnérabilité de la population, qu'on décrit par la croissance démographique et le niveau socio-économique, car une population atteinte par le même aléa ne sera pas spécialement en capacité d'y répondre de la même manière. Sur base de ces critères, les villes les plus vulnérables à l'aléa ont été identifiées (Figure 4). On remarque encore une fois qu'avec l'addition de ces critères que l'Asie du Sud-Est concentre le maximum de zones exposées et vulnérables.

## Les solutions

### Étude de cas aux Pays-Bas

L'adaptation aux impacts du changement climatique telle que l'élévation de la mer dans un pays développé comme les Pays-Bas est devenue une question politique dès 1990. Différentes stratégies d'adaptation ont été effectuées en prenant en compte les différents scénarios climatiques. Trois stratégies sont mises en avant : la défense contre les inondations, l'approvisionnement en eau potable et la protection du port de Rotterdam. Pour garantir une sécurité contre les inondations, des dispositifs ont été mis en place, dont les dunes côtières qui doivent pouvoir contenir de forts épisodes orageux. La ligne de la côte devant rester à sa position de 1990, des apports sableux ont commencé dès cette date. Cette stratégie semble jusqu'à présent compenser l'augmentation du niveau des mers. Le volume de sable nécessaire pour contenir l'élévation jusqu'à 2100 est de 25 à 74 millions de m<sup>3</sup>/an, quantité techniquement et financièrement envisageable pour le pays. En ce qui concerne la protection du port de Rotterdam, une barrière anti-tempête a été installée. Les digues sont conçues pour rester à niveau d'eau : si ce-

## Future sea level rise and a review of vulnerable coastal cities

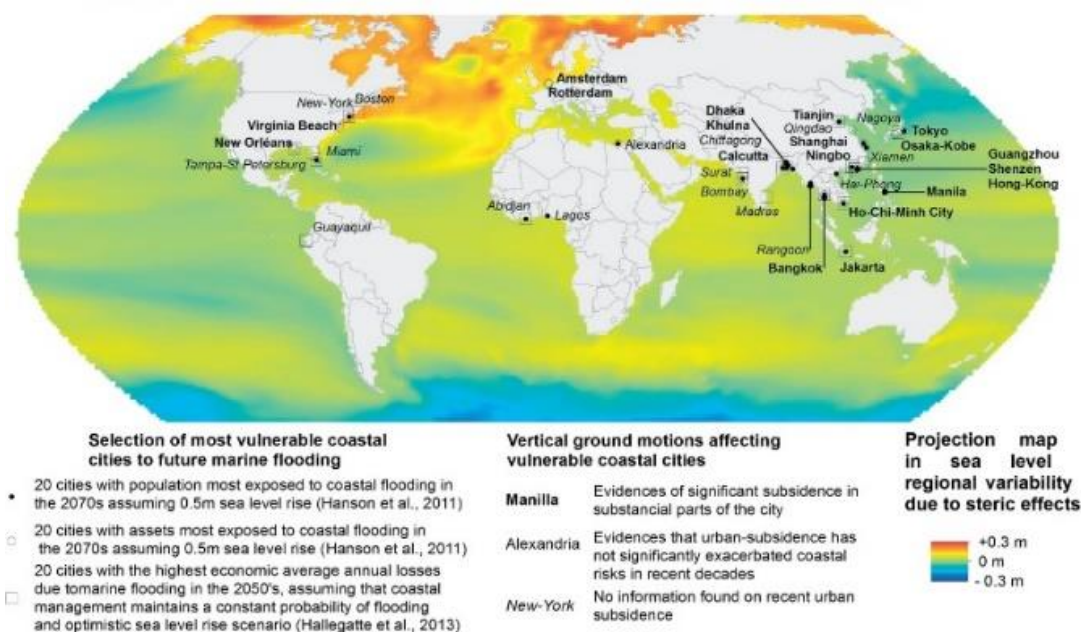


Figure 4 : Les villes côtières vulnérables. (Source : Cazenave et Le Cozannet, 2014.)

lui-ci devient trop important, comme lors de tempêtes par exemple, la barrière se ferme. Avec la montée des eaux, la barrière se fermera de plus en plus souvent pour protéger le port. Néanmoins, la fermeture de la barrière entrave la navigation et, si sa fréquence de fermeture devient trop importante à l'avenir, le port perdra de son utilité. Avec l'augmentation du niveau de la mer, on retrouve de plus en plus d'intrusion d'eau salée dans l'eau potable, ce qui augmente le taux de chlorure dans l'eau. Pour répondre à ça, le pays doit fermer de plus en plus fréquemment les arrivées d'eau salée, ce qui permet d'augmenter le pourcentage d'eau douce et donc de diminuer le taux de chlorure. Comme pour le port, cette stratégie a une limite : il ne faut pas dépasser une certaine fréquence de fermeture.

### Étude de cas à Kiribati

Kiribati est un petit État insulaire d'Océanie en développement, particulièrement vulnérable aux changements climatiques alors qu'il y contribue très peu. L'adaptation dans ce genre de pays est bien plus complexe, et ce, notamment, pour des raisons financières. C'est pour lutter contre cette inégalité que les Nations Unies souhaitent que les pays développés participent au financement de cette adaptation. La contribution financière des Nations Unies a été axée sur les systèmes d'eau douce et la protection côtière.

### Pour en savoir plus

- <https://www.geo.fr/environnement/montee-des-eaux-des-centaines-de-metropoles-englouties-dici-la-fin-du-siecle-211567>
- [https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/climat/oceans-la-montee-des-eaux-n-a-jamais-ete-aussi-rapide-depuis-3-000-ans\\_18440](https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/climat/oceans-la-montee-des-eaux-n-a-jamais-ete-aussi-rapide-depuis-3-000-ans_18440)
- <https://www.ledauphine.com/environnement/2021/10/13/quels-pays-seront-les-plus-touchees-par-la-montee-des-eaux>
- [https://fr.oceancampus.eu/files/ressources/text\\_file/O37.pdf](https://fr.oceancampus.eu/files/ressources/text_file/O37.pdf)
- <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2013EF000188>

# What do we want? Climate justice!

---

*Juliette Rasir*

*Master en sciences géographiques — orientation « Global Change »*

## La vulnérabilité face aux changements climatiques

En termes de changements climatiques, la vulnérabilité se réfère à la capacité d'une personne ou d'une communauté à faire face aux risques probables d'impacts négatifs de ces changements. Les moyens de subsistance, l'accès aux ressources, la santé, l'âge, le genre et la situation socio-économique sont affectés par ces impacts.

Dans les rapports du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), on indique que la vulnérabilité est rarement due à une cause unique mais bien à la multiplication de facteurs sociaux comme le statut socio-économique, la classe sociale, l'origine ethnique, l'âge qui se combinent et l'accroissent. Une personne vulnérable est plus exposée aux impacts des changements climatiques et a moins de moyens d'y faire face. Dans le cadre de ce travail, la vulnérabilité axée sur le genre est étudiée plus en détail. Ensuite, les impacts des changements climatiques rendant les femmes plus vulnérables seront précisés.

## L'accès aux ressources

L'accès des femmes à l'utilisation et au contrôle des ressources vitales telles que l'eau, la nourriture et les terres diminue avec l'incertitude climatique. L'augmentation fréquente et l'intensification des sécheresses, des inondations et des tempêtes perturbent les activités des femmes liées aux ressources naturelles. En effet, pénuries d'eau, inondations, pertes de récoltes, dommages aux infrastructures de production alimentaire augmentent la pénibilité du travail journalier des femmes.

Selon une étude de l'ONU de 2015, les femmes représentent environ 80% des personnes responsables de la collecte d'eau potable dans les pays en développement. Lorsque la quantité disponible diminue, elles vont la chercher toujours plus loin ; ce qui augmente les distances à parcourir et par conséquent la charge de travail.

Selon une étude de la Banque Mondiale, les femmes possèdent entre 10 et 20% des terres dans le monde. Leur accès à la propriété foncière des terres étant limité, celui aux récoltes et par extension à la nourriture l'est aussi. Selon l'initiative « *Faith for Earth* » du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), en 2021, les femmes possédaient moins de 10% des terres, alors qu'elles représentaient plus de 50% de la main d'œuvre agricole. Une étude de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) indique que les femmes représentent plus de 40% de cette main-d'œuvre dans les pays en développement : on parle de 20% en Amérique latine et de 50% ou plus dans certaines régions d'Afrique et d'Asie.

## La mobilité des femmes et le changement climatique

La migration requiert des fonds économiques et des capacités physiques qui font souvent défaut aux femmes, aux personnes âgées et aux enfants.

Avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes, on constate de plus en plus de migrations forcées ou volontaires. Les femmes sont plus fragiles lors des processus migratoires, car elles ont moins d'accès aux ressources, aux moyens de subsistance, à l'information et à l'éducation. Elles migrent généralement dans des conditions plus précaires et ont moins d'accès aux services de protection et aux opportunités économiques dans les lieux d'accueil.

Selon une étude de la FAO, les femmes sont une fois et demie à deux fois plus exposées que les hommes aux risques de migration liés aux changements climatiques. Elles sont égale-

ment plus susceptibles de migrer vers des zones urbaines plutôt que rurales, où elles ont moins de chances de trouver des emplois et des logements stables.

Selon une étude de l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI), en Afrique, 80% des personnes, qui migrent à cause de la désertification due aux changements climatiques, sont des femmes.

Dans les pays du Sud, on constate une migration circulaire de la main d'œuvre. Les hommes vont vers les villes pour gagner un revenu additionnel tandis que les femmes restent au domicile pour s'occuper des parcelles agricoles familiales. Lorsque la productivité agricole baisse trop et que les sols sont détériorés, elles migrent à leur tour.

D'autres exemples concrets concernent le Bangladesh et le Pakistan où les mauvaises récoltes, les inondations et les hautes températures augmentent le taux de migration des femmes.

## Participation des femmes aux processus de décisions politiques pour l'action climatique

Selon une étude du PNUE, seulement 22% des négociateurs climatiques sont des femmes. Elles représentent également moins de 30% des experts climatiques. Lors de la vingtième Conférence des Parties (COP20) en 2014 à Lima (Pérou), 36% des délégués gouvernementaux étaient des femmes. Une étude de la FAO révèle que les femmes représentent moins de 20% des participants aux négociations climatiques sur l'agriculture et selon l'Organisation Internationale pour les Migrations (OIM), moins de 25% sur les migrations liées aux changements climatiques. Les femmes sont donc clairement sous-représentées dans les processus de décision, de débats et de négociations pour l'action climatique.

Pour une réponse climatique efficace, la participation des femmes aux processus de décisions doit augmenter, sous peine de renforcer les inégalités. De plus, il est indiqué dans un rapport du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), que les connaissances des femmes sur la gestion des ressources naturelles les rendent à même d'identifier les risques et les besoins, ainsi que de développer des solutions inclusives plus appropriées face aux changements climatiques. L'intégration du genre dans les programmes politiques et dans les rapports augmente.

Des initiatives comme « *Women for Results* » de la Banque mondiale ou la plateforme de l'ONU « *UN Women* » permettent de renforcer et d'augmenter la participation des femmes dans les processus de décisions sur les changements climatiques.

## Où les femmes sont-elles les plus vulnérables ?

Les désastres écologiques n'épargnent personne. Cependant, leurs enjeux ne sont pas les mêmes pour tout le monde. Les femmes ne forment pas un groupe homogène universel. Elles se différencient selon les zones géographiques, le niveau de vie, l'origine ethnique, l'âge, l'accès à l'éducation et aux opportunités professionnelles.

Dans les pays du Nord, les femmes sont plus vulnérables face aux conséquences économiques des changements climatiques (perturbations des chaînes d'approvisionnement, pertes de revenus liées aux activités de plein air comme l'agriculture ou l'élevage). Elles ont cependant un accès plus large aux activités rémunérées dans les secteurs formels. Lors d'événements extrêmes, elles ont plus tendance à s'isoler socialement et à se confiner ce qui impacte sur leur santé mentale et physique. Leur travail domestique augmente et génère un stress continu.

Dans les pays du Sud, les femmes sont généralement plus vulnérables face aux conséquences négatives et aux dangers liés aux changements climatiques. Leur accès aux ressources de subsistance (disponibilité en eau, bois de chauffage, carburant, poissons) de plus en plus rares est limité, alors qu'elles jouent un rôle central, notamment dans la gestion de l'eau, de l'alimentation et de la santé au sein de leur communauté. Pour répondre aux besoins de leur foyer, elles doivent travailler plus longtemps, ce qui implique une fatigue physique toujours plus grande.

Pour réduire les vulnérabilités des femmes des pays du Sud, il s'agirait d'encourager la coopération internationale en augmentant l'aide au développement, par exemple, en finançant

des projets liés à l'agriculture, à l'eau, à l'énergie renouvelable et à la gestion des risques pour la protection et l'adaptation. Promouvoir des politiques climatiques équitables et respectueuses des droits des femmes, et soutenir la recherche pour mieux comprendre les dimensions de genre des impacts des changements climatiques peuvent permettre de réduire la vulnérabilité des femmes à travers le monde.

### Mécanismes sociétaux contribuant aux vulnérabilités des femmes

En 2012, dans le rapport sur les femmes et le changement climatique rendu par le Parlement Européen, on considère que dans le monde entier, les femmes subissent une discrimination parce qu'elles sont femmes, et que leurs besoins et leurs opportunités sont plus limités et moins pris en compte que ceux des hommes. Cette observation est due aux traditions historiques, sociales et culturelles, qui font obstacle à l'égalité des droits entre hommes et femmes et qui diminuent la capacité d'adaptation et de réaction des femmes.

Le système capitaliste, productiviste et patriarcal est la source de ces discriminations et exacerbe les vulnérabilités. La volonté de maximiser la croissance économique et la consommation, entraîne des conséquences néfastes pour l'environnement et les populations vulnérables. Le système tend à augmenter les inégalités économiques et sociales. La domination des hommes sur les femmes contribue également à la vulnérabilité de ces dernières face aux changements climatiques. Le manque de pouvoir, d'accès aux ressources, d'information, d'éducation et d'opportunités économiques les rend aussi plus vulnérables.

### Conclusion

Il est clair que le changement climatique impacte différemment les personnes de sexe opposé et que leur vulnérabilité est liée à des facteurs multidimensionnels. Dans les zones à faibles revenus des pays en développement, les vulnérabilités sont exacerbées.

Les femmes restent sous-représentées dans les négociations politiques climatiques. La question du genre est de plus en plus présente dans les discussions ce qui constitue une évolution positive.

Lors des processus migratoires, les femmes sont en insécurité. Il faut continuer à récolter des données, afin de les protéger au maximum et de mieux appréhender les migrations climatiques.

L'accès limité au pouvoir, aux terres agricoles et aux ressources de subsistance augmente les vulnérabilités. La raréfaction des ressources naturelles affecte plus les femmes, responsables des tâches domestiques.

La directrice exécutive du PNUE, Inger Andersen, [a déclaré en mars 2020](#) que « Les femmes sont vitales pour la gestion et l'utilisation durable des ressources en terres et en biodiversité, transformer l'équilibre des pouvoirs et œuvrer pour l'égalité des sexes est essentiel pour atteindre les objectifs de développement durable. » Ceci résume l'importance de prendre en compte le genre lors de la mise en œuvre de solutions adéquates pour garantir une justice climatique.

### Pour en savoir plus...

- <https://www.banquemondiale.org/fr/topic/gender/overview>
- <https://www.unwomen.org/fr/nouvelles/article-explicatif/2022/03/inegalites-entre-les-sexes-et-changements-climatiques-des-enjeux-etroitement-lies>
- <https://www.monde-diplomatique.fr/cartes/vulnerabilite-climat>

# Les pieds dans l'eau en Wallonie ?

Clémence Jacquemain

Master en sciences géographiques — orientation « Global Change »

## Introduction

L'inondation est définie comme la « submersion des terrains avoisinant le lit mineur d'un cours d'eau ». Les inondations sont majoritairement causées par la crue d'un cours d'eau, c'est-à-dire l'élévation de sa hauteur ou de son débit, par de pluies intenses causant du ruissellement ou la crue du cours d'eau, la submersion marine comme celle liée par exemple à la présence d'un tsunami ou d'un cyclone, par la remontée de la nappe phréatique et finalement par la rupture d'un ouvrage, tel qu'un barrage ou d'une digue.

Au travers de ce texte, la deuxième cause sera exclusivement explicitée, puisqu'elle est notamment responsable des inondations catastrophiques de juillet 2021.

Cette cause peut être traduite au travers d'un cycle. Dans un premier temps, lorsque la pluie débute, le sol est toujours capable d'intercepter les précipitations. Cette interception est traduite par la capacité d'infiltration correspondant à l'intensité maximale de pluies pouvant être stockées dans le sol. La capacité d'infiltration varie en fonction des caractéristiques du sol (structure, dégradation, couverture, etc.). La quantité d'eau présente initialement dans le sol impacte également l'infiltration. En effet, plus le sol contient de l'eau, plus l'infiltration est difficile. Finalement, la vitesse de pénétration des eaux au sein du sol augmente avec l'intensité des précipitations et lorsqu'elle est trop importante, elle ne permet pas l'infiltration des eaux dans le sol. La capacité d'infiltration peut dès lors être atteinte sans que le sol ne soit saturé d'eau. Dans l'ensemble des cas présentés, la capacité d'infiltration diminue au cours de la phase d'imbibition.

La seconde phase commence au moment où la capacité d'infiltration du sol est dépassée. Cette phase se traduit par la création et le débordement de flaques par-dessus le sol. Ce débordement génère du ruissellement correspondant à un écoulement par gravité des masses d'eaux pouvant générer des inondations notamment par débordement des cours d'eau.

Finalement, la dernière phase débute à partir de l'arrêt de la pluie. L'eau se trouvant en surface se divisera en ruissellement et en infiltration. Au travers de cette phase, le ruissellement diminue progressivement.

Dès lors, le ruissellement peut-être une des causes déterminantes d'inondations. Celui-ci est accentué par différents facteurs. Dans ce texte, seuls les facteurs climatiques, pédologiques et anthropiques seront présentés. Il existe d'autres facteurs responsables d'inondations notamment les facteurs morphologiques (bassin versant, type d'écoulement, etc.) mais ceux-ci ne seront pas présentés puisqu'ils ont peu impacté les crues de juillet 2021 en Wallonie.

Les **facteurs climatiques** peuvent se traduire par l'eau disponible pour le ruissellement. Dans un premier temps, la localisation peut jouer un rôle important dans la répartition des précipitations. Comme le montre la Figure 1, les précipitations sont notamment plus

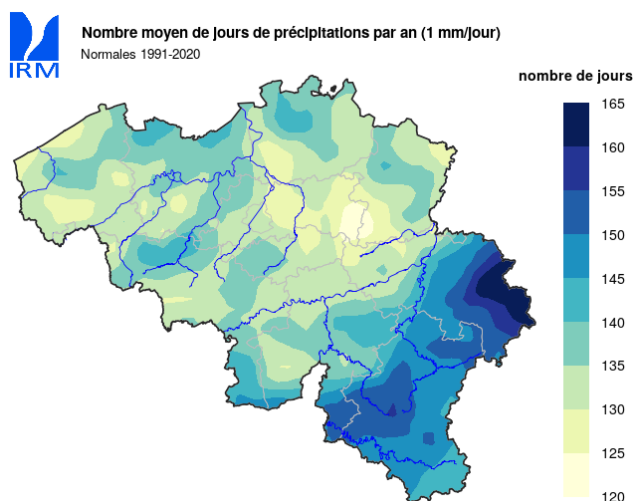


Figure 1 : Nombre moyen de jours de précipitations par an (IRM, 2022)

importantes au sud-est de la Belgique, notamment en raison des reliefs plus importants faisant office de barrière topographique. La saison est également importante, puisque l'évapotranspiration<sup>1</sup> est supérieure aux précipitations en été, ce qui génère moins de ruissellement. Le phénomène inverse a lieu en hiver. La fin de l'hiver peut également augmenter la probabilité d'inondations, puisque le stock neigeux est libéré sous forme d'eaux de fonte et augmente la quantité d'eau disponible. Finalement, le moment de la journée ainsi que le mois de l'année peuvent jouer dans la formation d'événements pluvieux importants comme des orages. En effet, les orages se forment généralement au mois de mai, juillet, août et principalement en fin de journées chaudes, là où la température de l'air est plus importante et permet un développement plus aisé des cumulonimbus (nuages de grande extension verticale, et qui apparaissent lors de fortes averses, orages, etc.).

Les **facteurs pédologiques**<sup>2</sup> peuvent être traduits d'une part par la capacité d'infiltration du sol et d'autre part par l'occupation du sol. L'occupation du sol peut être traduite premièrement de façon assez binaire en zone urbanisée ou non. L'urbanisation est croissante avec l'augmentation de population. De plus, cette urbanisation serait également de plus en plus exposée aux inondations par exemple en plaine alluviale. L'urbanisation est problématique puisqu'elle augmente l'imperméabilisation des sols et ainsi augmente le ruissellement en diminuant la capacité d'infiltration des sols.

Cependant, l'urbanisation n'est pas la seule à impacter l'occupation du sol. En effet, la présence de végétation diminue le ruissellement en favorisant l'interception. Notons que la végétation dégradée perd de son efficacité en matière d'interception. Certaines études ont montré que le défrichement du couvert forestier au profit des zones urbaines ou de l'expansion des terres agricoles a entraîné une augmentation du ruissellement de surface et du débit des rivières, entraînant un risque d'inondation plus important.

Finalement, les **facteurs anthropiques** s'intéressent à l'évaluation d'actions humaines sur la probabilité d'avoir des inondations. En effet, diminuer la sinuosité d'une rivière revient à augmenter la vitesse de l'eau au sein du cours d'eau et donc d'augmenter la possibilité qu'une crue ait lieu. Un second exemple intéressant, notamment en ce qui concerne les inondations de juillet 2021 en Wallonie, est la présence de barrages anthropiques en travers du lit de la rivière. On peut diviser l'impact du barrage en trois actions suivant son taux de remplissage. Si la hauteur d'eau est faible, le barrage sert de régulateur de crue. Si, au contraire, la hauteur est maximale, le barrage n'a pas d'impact sur la gestion des crues. Finalement, la situation la plus catastrophique serait le cas, où le barrage romprait, ce qui générerait des dégâts conséquents.

## Historique des inondations en Wallonie

Cette section a pour but de retracer l'apparition d'inondations en Wallonie depuis 1571 jusqu'en 2018 sur base des données fournies par le Service Public de Wallonie (SPW). Celui-ci a recensé 206 événements au cours de cette période. Ces inondations sont celles ayant eu « un impact significatif sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique au moment où elles se sont produites ». Pour ce faire, trois graphiques sur une échelle de temps de plus en plus courte ont été réalisés dans le but de déterminer le moment où les inondations ont commencé à s'intensifier (Figure 2).

Les graphiques nous montrent, qu'avant 1950, les événements étaient peu nombreux. En travaillant à une échelle de temps plus courte, on constate également que les années 1990 et 2000 sont des années charnières au niveau de l'augmentation du nombre d'événements extrêmes. En ce qui concerne le siècle actuel, des événements apparaissent chaque année. Notons que la force des événements n'est pas prise en compte. En effet, les inondations choisies correspondent à des inondations ayant généré des dégâts, mais leurs virulences peuvent être différentes.

---

<sup>1</sup> Évapotranspiration : processus d'évaporation de l'eau au niveau du sol et par la transpiration des plantes.

<sup>2</sup> Pédologie : science qui étudie la formation et l'évolution des sols.

## Juillet 2021

Les inondations de juillet 2021 resteront dans la mémoire de la population par leur virulence particulièrement importante. Elles sont localisées sur l'ensemble du territoire wallon mais excessivement présentes en province de Liège et au sein de la vallée de la Vesdre.

De telles inondations ont été formées par la présence d'une goutte froide, c'est-à-dire des masses d'air instable venant du nord favorisant le développement de précipitations. À ce phénomène s'ajoute le ralentissement de la dynamique atmosphérique pendant quatre jours au-dessus de la région wallonne. En conséquence, l'équivalent de plus de deux mois de précipitations, c'est-à-dire environ 250 mm, tombent entre le 14 et le 15 juillet 2021.

La crue de juillet 2021 était significativement plus élevée que n'importe quelle inondation depuis le début des relevés systématiques. Elle a également dépassé non seulement les records mais aussi les valeurs extrêmes du débit et des hauteurs d'eau centennales Q100. La période de retour d'un tel événement était préalablement estimée à un par 400 ans. Notons qu'un événement d'une telle vigueur a entraîné des dégâts matériels considérables, y compris aux stations de mesure, ce qui diminue la précision des données.

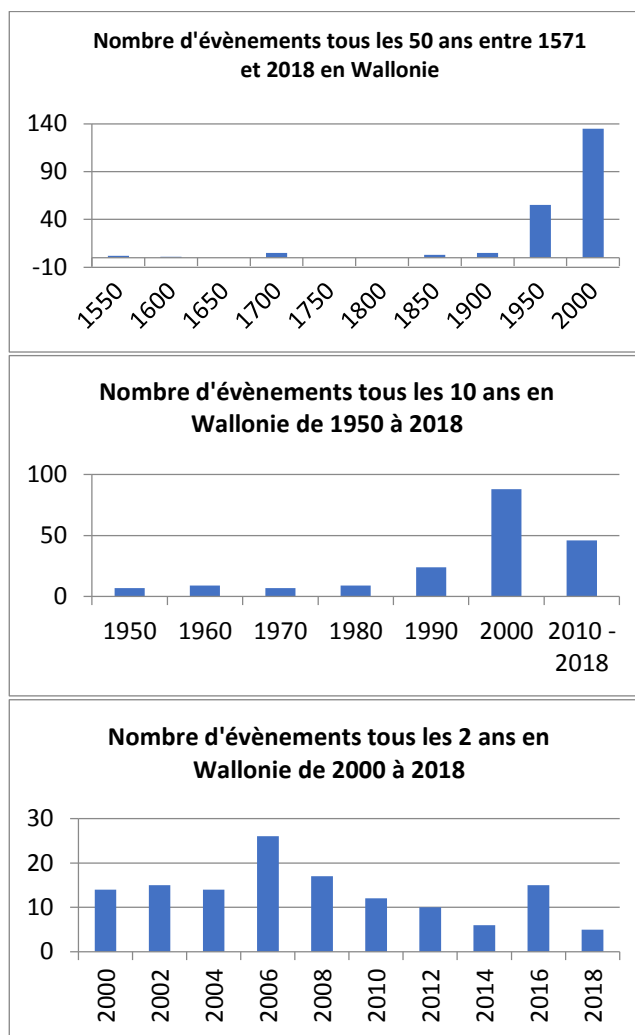


Figure 2 : Nombre d'évènements entre 1571 et 2018 en Wallonie (Source des données : [SPW](#))

## Changement climatique et prédiction future

Plusieurs phénomènes liés au réchauffement climatique permettent d'expliquer l'augmentation des précipitations extrêmes. Premièrement, plus l'atmosphère se réchauffe, plus elle est capable de contenir une quantité importante de vapeur d'eau.

Deuxièmement, le réchauffement climatique provoque un ralentissement de la dynamique atmosphérique. En effet, la différence de température entre l'équateur et les pôles constitue le moteur initial des masses d'air. Ainsi, avec la fonte des glaciers et calottes situés aux pôles, la température augmente plus vite aux pôles qu'à l'équateur. La différence de température diminue et les masses d'air sont amenées à rester plusieurs jours au même endroit.

En effet, le risque d'avoir des situations de ralentissement, comme cela a été le cas lors des inondations de juillet 2021, pourrait être quatorze fois plus élevé d'ici la fin du siècle. De plus, la récurrence de 400 ans d'inondations de l'ampleur de celle de juillet 2021 pourrait s'avérer être moins longue.

## Conclusion

La probabilité d'occurrence d'inondations telles que le cas bien connu de juillet 2021 sont accentuées par différents facteurs anthropiques, climatiques et pédologique. Ceux-ci peuvent générer plus de ruissellement qui à son tour peut générer une possible inondation. Dans le passé, des inondations se sont déjà produites, celles-ci sont de plus en plus présentes à partir des années 1990 et 2000. Dans le futur, les précipitations d'une extrême intensité seront plus fréquentes.

## Pour en savoir plus...

- <https://inondations.wallonie.be/accueil.html>
- <https://inondations.wallonie.be/home/directive-inondation/historique---plan-pluies.html>
- <https://wwf.be/fr/actualites/inondations-un-apres-la-restauration-de-la-nature-na-jamais-ete-aussi-cruciale>
- <https://bonpote.com/inondations-est-ce-la-faute-du-changement-climatique>

# Les rots à gogos des vaches

---

**Constance Gosselin**

*Master en sciences géographiques — orientation « Global Change »*

## Introduction

Depuis le début de l'ère industrielle, les activités anthropiques changent notre planète. Certaines de ces activités sont connues du grand public comme l'augmentation de l'émission de carbone dans l'atmosphère par l'utilisation quotidienne de l'automobile. D'autres sont moins, tel le méthane provenant des renvois gastriques des vaches. Le méthane et le dioxyde de carbone sont deux gaz à effet de serre (GES), qui réchauffent la Terre. Dans ce rapport nous tâcherons de répondre aux interrogations suivantes : de quelle manière est produit ce gaz ? Est-il important dans les émissions des gaz à effet de serre ? Joue-t-il un rôle dans le changement climatique ? Y a-t-il des solutions pour limiter son impact ? Pour répondre à ces questions, nous allons expliquer, ce que sont le méthane entérique et la fermentation entérique. Ensuite, nous discuterons la part d'émission de méthane entérique dans le bilan global du méthane et son pourcentage dans les gaz à effet de serre venant de l'élevage bovin. Puis, nous approfondirons l'impact qu'a le méthane dans le changement climatique. Cette étape permettra de comprendre l'importance de réduire les émissions du méthane entérique. Pour finir, différentes solutions pour réduire la quantité du gaz étudié dans l'atmosphère seront proposées.

## Le méthane entérique et la fermentation entérique

La consommation laitière et carnée fait partie de notre alimentation. Les vaches, en éructant, émettent du méthane. Celui-ci est produit par la fermentation entérique des ruminants. Ici, nous allons explorer brièvement, comment ce gaz est produit et quelle est la place des bovins par rapport aux autres ruminants.

La fermentation entérique est un processus de digestion effectué par des microbiotes. Elle sert à couper des molécules complexes en molécules de plus petites tailles pouvant être transportées par le sang. Chez les ruminants, ce processus se déroule dans le rumen, un pré-estomac. Dans leur système digestif, cet organe est localisé proche de la bouche et avant l'estomac. Il permet à ces animaux de créer une production d'acides gras. Ceux-ci sont indispensables pour la génération d'énergie pour l'individu. Le contre coup de cette fermentation est la production de méthane. Ce gaz est alors relâché dans l'atmosphère lorsqu'il est expiré par le ruminant.

Les chèvres, les moutons, les buffles et les bovins laitiers et carnés sont les principaux animaux d'élevage qui utilisent ce processus pour absorber et assimiler leur nourriture. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) les divise en trois catégories : les petits ruminants, les buffles et les bovins. Les petits ruminants et les buffles émettent respectivement 9% et 14% du méthane entérique, alors que les bovins sont responsables de 77% des émissions (Figure 1). Il est évident que l'impact de l'élevage bovin a une importance dans le rejet du méthane entérique dans l'atmosphère.

## Le méthane entérique dans les bilans de gaz à effet de serre

Ainsi ayant abordé ce qu'est la fermentation entérique et la place des bovins dans le relâchement de méthane entérique par rapport aux autres animaux d'élevage. Il est à présent temps de se questionner sur la proportion du méthane dans les GES, et, sur la part de l'élevage bovin dans le bilan du méthane.

En Belgique, le méthane est le deuxième gaz présent dans la composition des GES. Son pourcentage est de 6,3% (exprimé en équivalents CO<sub>2</sub>). Il est suivi par l'oxyde nitreux (4,8%) et des gaz fluorés (2,6%). Le premier est le dioxyde de carbone avec 86,3% (Figure 2). Ces informa-

tions donnent une base sur l'envergure du méthane dans le réchauffement climatique. L'agriculture et les autres affectations des terres sont à l'origine de 24% des émissions des GES mondiales et 40% de cette part proviennent de la fermentation entérique. Les bovins laitiers et carnés sont alors responsables de 30,8% des émissions de GES venant de l'agriculture. Selon la FAO, la quantité de produits animaliers pourrait croître de 5 à 20% à l'avenir. Dès lors, l'élevage de bovins carnés et laitiers hausserait ses émissions de méthane entérique.

Le bilan du méthane sert, dans ce rapport, à situer le méthane entérique parmi les autres émetteurs de ce gaz. Suite à l'activité humaine, la concentration de méthane dans l'atmosphère a augmenté de 2973 Tg<sup>3</sup> entre 1750 et la décennie 2000-2009 (Figure 3), ce qui représente un accroissement de 150%. Le taux de variation moyen entre 2000 et 2009 est de 8 à 25 Tg/an. C'est une hausse à prendre en considération pour limiter le réchauffement climatique de 1,5 °C. Le méthane entérique est quantifié à entre 87 et 94 Tg (Figure 3). Elle représente environ 14% des émissions totales de méthane et environ 30% des émissions liées à l'activité humaine (Figure 3). Le méthane provenant de l'élevage représente donc une part non-négligeable des émissions de méthane, qu'elles soient d'origine naturelle ou humaine.

### L'impact du méthane sur le climat

Après la mise en évidence de la grande quantité de méthane relâchée dans l'atmosphère et sa proportion selon différentes conditions, nous allons maintenant aborder le rôle que joue le méthane dans le changement climatique.

Le méthane a un pouvoir réchauffant considérablement plus important que le dioxyde de carbone. En comparaison, dans ses vingt premières années, un kilogramme de méthane capte 84 fois plus de chaleur que qu'un kilogramme de dioxyde de carbone (Figure 1) ; à l'échelle de 100 ans ce facteur est de 28. Par conséquent, malgré sa concentration dans l'atmosphère plus de 200 fois moins importante que celle de CO<sub>2</sub>, son augmentation est une des causes principales du réchauffement climatique. De plus l'émission anthro-

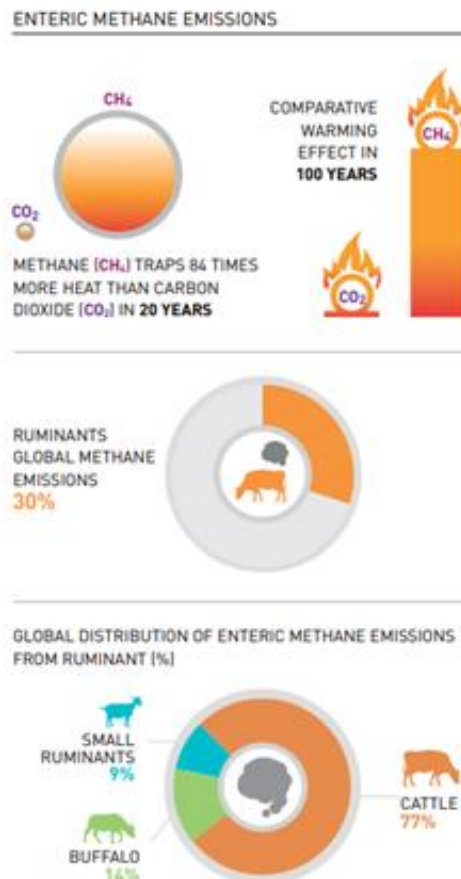


Figure 1 : L'impact du méthane entérique sur le climat. (Source : [FAO, 2016.](#))



Figure 2 : Répartitions des émissions de gaz à effet de serre en Belgique : oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), méthane (CH<sub>4</sub>), dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et gaz fluorés. (Source : SPF, 2023.)

<sup>3</sup> Un téragramme (1 Tg) vaut un million de tonnes ou encore 10<sup>12</sup> g.

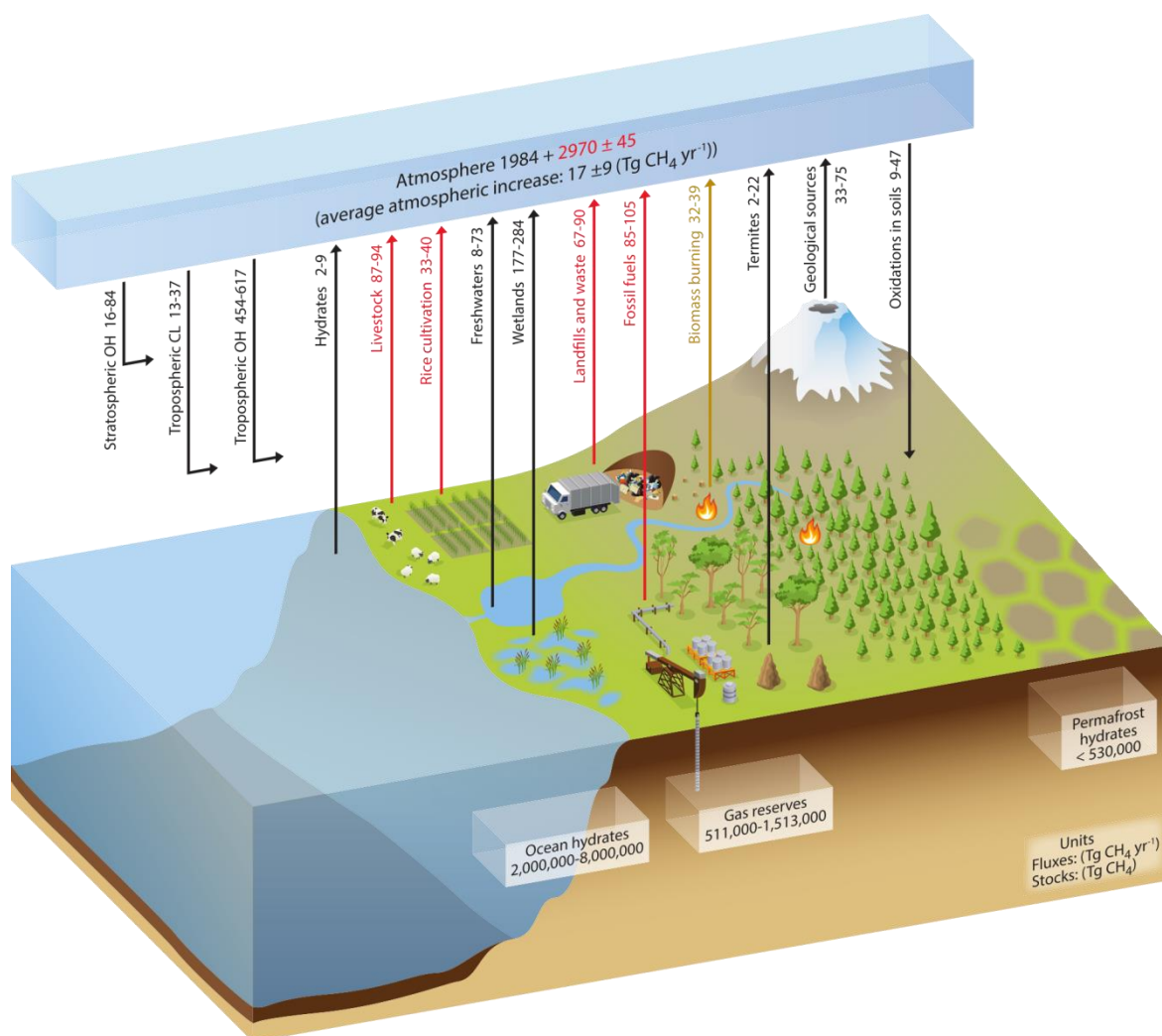


Figure 3 : Bilan du méthane. (Source : [IPCC, 2013.](#))

pique de méthane croît, notamment par l'élevage bovin. La FAO juge que la réduction de ce méthane lié à l'élevage est à prendre en considération pour limiter l'impact humain sur la planète.

La deuxième raison pour laquelle le méthane joue un rôle important dans le changement climatique est sa durée de vie. Son temps de résidence est de 12 ans alors que celui du dioxyde de carbone est de 100 à 1000 ans. La concentration de méthane dans l'atmosphère pourrait donc être réduite beaucoup plus rapidement que celle du dioxyde de carbone. La réduction d'émission de ce gaz pourrait permettre de freiner la croissance de la température mondiale dans un court laps de temps.

### L'impact du méthane sur le climat

Au vu de son temps de résidence et de sa capture de chaleur, le méthane est un GES sur lequel il convient d'agir pour limiter le réchauffement climatique à 1,5°C. Le méthane entérique représente 30% du méthane anthropique relâché dans l'atmosphère (Figures 1 et 3). La FAO propose trois solutions aux fermiers pour réduire le méthane provenant de l'élevage tout en prenant en compte leur productivité.

La première solution est la nutrition des ruminants. Les fermiers peuvent diminuer l'impact de leurs animaux en passant à une meilleure gestion des pâtures avec des espèces d'herbe à plus faible émission de méthane. La FAO propose aussi faire appel à une alimentation adéquate comprenant un complément de nutriments. La deuxième solution passe par la santé de l'animal et de l'agriculture. Améliorer l'efficacité reproductive, et en même temps, rallonger sa

vie reproductive permet d'augmenter la vie de l'animal ainsi que de réduire son émission de méthane. La troisième solution concerne la génétique. Les bovins qui sont adaptés aux conditions locales et qui ont une productivité grandissante sont à promouvoir.

## Conclusion

L'élevage bovin laitier et carné impacte le climat par son émission de méthane entérique. Ce gaz, provenant des renvois liés à la fermentation entérique d'aliments, constitue 30% des émissions de méthane anthropique. Puisque le méthane capte 86 fois plus de chaleur en 20 ans que le dioxyde de carbone et qu'il a un temps de résidence de 12 ans, les scientifiques se penchent sur la place du méthane entérique émis par les bovins et comment limiter son impact sur le climat. Certaines solutions sont proposées pour les fermiers concernant la nutrition, la santé et la génétique de ces animaux.

Pour aller plus loin dans la réflexion de ce qu'il est possible de faire, pour diminuer l'empreinte humaine sur le méthane entérique, la FAO propose de manger une fois par semaine un plat végétarien avec des légumes secs. Les solutions apportées par la FAO sont des aides pour freiner l'impact des Hommes de manière générale.

## Pour en savoir plus...

- FAO : Émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture, de la foresterie et des autres affectations des terres. <https://www.fao.org/3/i6340f/i6340f.pdf>
- FAO : Le climat change. <https://www.fao.org/3/i9860fr/I9860FR.pdf>
- Les émissions de gaz à effet de serre en Belgique, <https://climat.be/en-belgique/climat-et-emissions/emissions-des-gaz-a-effet-de-serre/emissions-par-gaz>
- L'effet de serre : un phénomène naturel, <https://climat.be/changements-climatiques/causes/effet-de-serre>

# L'ours polaire

## En pole position face au réchauffement climatique

**Renaud Hamaide**

Master en biologie des organismes et écologie

### Quid de l'ours polaire ?

L'ours polaire vit exclusivement dans la région Arctique, en bordure sud de la banquise permanente tout autour du pôle. Son nom latin, *Ursus maritimus*, signifie « ours de la mer », en référence aux capacités de nage de ce mammifère passant l'essentiel de sa vie sur la banquise. On en répertorie à peu près 25 000 parmi différentes populations dont les effectifs sont plus ou moins stables (Figure 1). Il est le top-prédateur de l'Arctique, ce qui fait de lui un très bon indicateur des effets du réchauffement climatique sur cet écosystème où le changement est particulièrement marqué. En effet, les animaux au sommet de la chaîne alimentaire sont particulièrement sensibles aux changements de leur écosystème et constituent dès lors les premiers signes visibles des menaces pesant sur leur milieu.

La hausse des températures n'est pas uniforme à travers la planète et elle est particulièrement marquée en Arctique comme en atteste la Figure 2. Les dérèglements observés dans cette région sont majoritairement dus au réchauffement climatique. Les activités anthropiques directes ont un impact proportionnellement moindre que dans nos régions. On peut tout de même noter la chasse qui a causé des dégâts dans certaines populations d'ours polaires et qui représente avec le changement climatique, l'une des plus grandes préoccupations pour la préservation de l'espèce. Pour cela, le statut de protection des ours polaires aux États-Unis depuis 2008 a permis de limiter ces activités dont les produits ne peuvent plus être importés sur le territoire américain. Mais s'il est envisageable d'agir à court terme sur les taux de chasse, ce n'est pas le cas pour le réchauffement climatique.



Figure 1 : Répartition de l'ours polaire. (Source : modifié depuis [AFP](#), consulté le 16/02/2023)

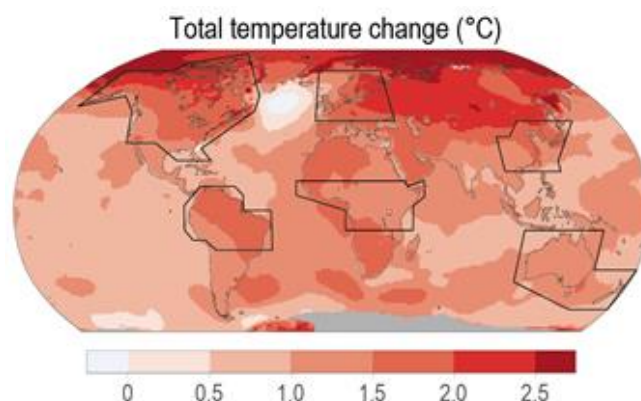


Figure 2 : Changement total de température (°C) pour 2020 estimé par rapport à la période 1850-1900 (GIEC, 2021, AR6-WGI, [Chap. 1](#)).

## Quel est son mode de vie ?

L'ours polaire est un carnivore qui chasse à l'affût. Sa proie principale est le phoque, qui lui fournit une grande quantité de graisse dont il a besoin. Il peut aussi se nourrir de poissons, de morses, de carcasses de baleines, de bœufs musqués, de renards arctiques, de loups, de goélands argentés,... Tout cela lui vaut le titre de plus grand carnivore terrestre au monde !

L'ours polaire est très bien adapté à son milieu : son pelage blanc lui sert de camouflage dans l'étendue de glace et de neige qu'il parcourt sur ses

larges pattes poilues et légèrement palmées, lui permettant de marcher sur la neige sans s'enfoncer. Sa peau noire lui permet de maximiser le captage de la chaleur du soleil et ses petites oreilles en limitent les pertes.

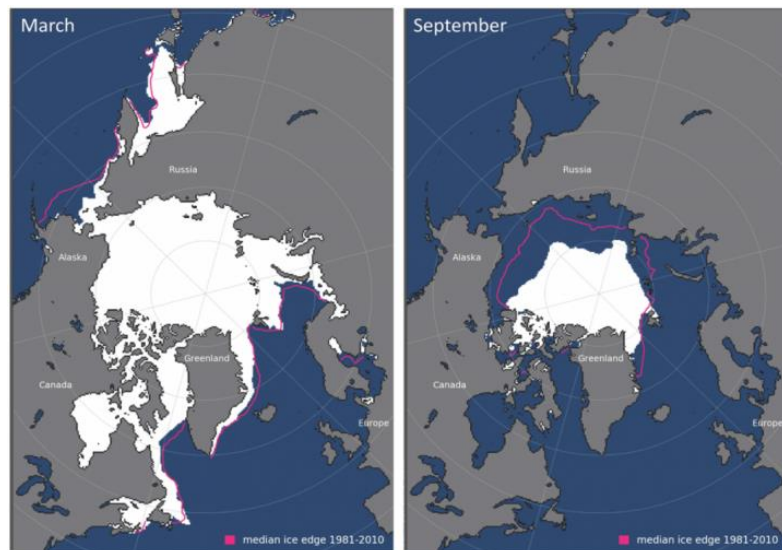


Figure 3 : Étendue maximale (en mars) et minimale (en septembre) de 2019 comparée à la bordure de glace médiane de la période 1981-2010. (Source : [Météo-France](#).)

## Les aspects multiples de l'impact du réchauffement climatique

Le réchauffement climatique touche les populations d'ours polaires de différentes manières. Il réduit l'étendue de la glace de mer<sup>4</sup>, et ce de manière plus accrue durant la période estivale (Figure 3). Cette réduction de l'étendue de glace de mer diminue la durée de la période de chasse de l'ours blanc. Sa période de jeûne est plus longue, ce qui impacte son niveau de santé. La réduction de l'étendue de la glace de mer augmente la distance de nage nécessaire pour la recherche de la nourriture, et donc le risque de noyade et de famine. Il peut également arriver qu'un individu se trouve sur un bout de banquise emportée par le courant, le forçant à nager sur une longue distance. Par ailleurs, l'impact de la diète sur la santé peut affecter le taux de reproduction et contribuer à la diminution des populations. Les femelles ont besoin d'un grand stock de graisse pour allaiter leurs oursons. Il a été démontré que le manque de graisse dans le lait maternel est la cause principale de mortalité chez les nourrissons. Enfin, le manque de ressources peut augmenter le taux de cannibalisme des mâles adultes sur les petits.

Notons que le réchauffement climatique en Arctique est sujet à l'action d'une boucle de rétroaction positive qui contribue à accentuer la diminution de la surface de glace et de la couverture neigeuse. Or, la glace et la neige réfléchissent fortement la lumière qui arrive à la surface. La diminution de leur étendue diminue l'albédo de la surface, c'est-à-dire, son pouvoir réfléchissant. L'absorption de l'énergie solaire à la surface devient alors plus importante, ce qui contribue à son réchauffement.

On peut tout de même noter un effet positif indirect de la fonte de la banquise pour les ours polaires. Les mauvaises conditions de la glace de mer la rendent moins praticable et plus dangereuse. La chasse est donc plus risquée et on constate alors une diminution de la pression de chasse sur certaines populations d'ours polaires.

Comme dit plus haut, compte tenu de sa position trophique, l'ours représente un bon indicateur. C'est notamment le cas pour les pathogènes. La prévalence de ces derniers étant liée à la température et l'humidité de l'air, on s'attend à ce que le changement climatique ait une in-

<sup>4</sup> La glace de mer est de la glace faite d'eau de mer gelée qui flotte à la surface des océans polaires. Elle comprend la banquise dite dérivante. La banquise côtière est, quant à elle, fixe.

fluence. En ce sens, on a relevé le doublement de la prévalence de *Toxoplasma gondii* dans une population norvégienne d'ours polaires entre 1990 et 2008. Cet agent pathogène est responsable de la toxoplasmose qui peut affecter le succès des grossesses. Cette augmentation serait liée à une meilleure survie des oocystes du pathogène dans les eaux plus chaudes du courant de l'Atlantique Nord. Il a été montré que les ours polaires restant sur la terre ferme plutôt que sur la banquise pendant l'été et l'automne avaient une probabilité sept fois supérieure d'être contaminés, or la fonte des glaces due au changement climatique repousse les ours blancs vers l'intérieur des terres.

De plus, par l'ingestion de kystes tissulaires chez la proie infectée, l'ours peut être exposé aux pathogènes. Et dans tout cela, le réchauffement climatique peut encore avoir un impact. En effet, l'augmentation des précipitations estivales (corrélée au changement climatique) a été mise en lien avec la période d'alimentation des phoques annelés, ce qui peut augmenter le risque de transmission de *Toxoplasma gondii* des poissons filtreurs aux phoques annelés, puis des phoques annelés aux ours blancs.

De manière générale, on s'attend à ce que le changement climatique augmente la prévalence de différents pathogènes dont la survie et la diffusion sont renforcées par des conditions plus chaudes et plus humides. L'impact peut être différent suivant les pathogènes. Enfin, on peut noter un recul de la limite nord de l'aire de répartition de certains pathogènes atteignant ainsi des zones où ils étaient jusqu'alors absents.

### Quel est l'avenir de l'ours polaire ?

Comme dit précédemment, l'ours polaire dépend fortement de la banquise pour sa recherche de nourriture mais aussi pour sa reproduction. On s'attend à ce que le réchauffement climatique conduise à réduire l'étendue de la banquise de 13,4% par décennie. Cela contribuerait à faire chuter fortement les populations d'ours polaires durant le XXI<sup>ème</sup> siècle. Dès la moitié du siècle, le nombre d'ours polaires pourrait être divisé par trois si la fonte des glaces maintient son rythme actuel. En ce sens, la Figure 4 montre les prévisions du nombre de mois en plus (en bleu) ou en moins (en rouge) par décennie où les conditions de l'habitat seront optimales pour l'ours polaire. On peut voir que toute la partie sud de la zone de répartition sera fortement affectée et que seule une petite proportion nordique pourrait constater une amélioration de ses conditions.

On constate que la situation des populations d'ours polaires dépend de leur latitude. Les populations les plus au sud sont plus touchées par le changement climatique que celles au nord qui peuvent même être en croissance pour certaines. Mais les potentiels bénéfiques du changement climatique ne devraient être observés qu'à court terme. En réalité, les populations les plus au nord ne sont pas réellement épargnées. Elles seront simplement les dernières à subir les impacts négatifs du changement climatique.

La réduction des glaces de mer reste donc une menace pesante. Par exemple, selon une étude de l'Université de Fairbanks en Alaska réalisée en 2010, la population de 1500 ours polaires de la mer de Beaufort aurait entre 80% et 94% de chance d'être réduite par 100 d'ici 2100 et donc d'être vouée à s'éteindre, cela à cause de la diminution de l'étendue de la banquise en été. Les modèles climatiques estiment qu'en Arctique, les glaces de mer seront absentes de façon saisonnière ou totale d'ici la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle. L'amincissement de la glace pluriannuelle, les eaux libres plus étendues et les effets de l'albédo risquent de créer des boucles de rétroaction positive renforçant la diminution des glaces de mer dont dépendent les ours, ce qui peut mettre en péril leurs populations, même celles situées le plus au nord.

Il existe une zone désignée comme potentiel refuge pour les espèces dépendantes de la glace telles que l'ours polaire, cela grâce à sa glace épaisse et pluriannuelle qui devrait subsister à la fin du siècle. On la nomme « la dernière zone de glace » et elle abrite les populations d'ours les plus septentrionales. Cependant, cette zone perd sa masse de glace deux fois plus rapidement que l'océan Arctique et les disponibilités en phoques sont mal connues. A ce sujet, le changement climatique devrait causer une augmentation de productivité primaire plus importante vers le nord, ce qui pourrait entraîner une croissance des algues qui attireraient les phoques dans les plus hautes latitudes. Mais actuellement, aucune donnée empirique ne renforce cette hypothèse.

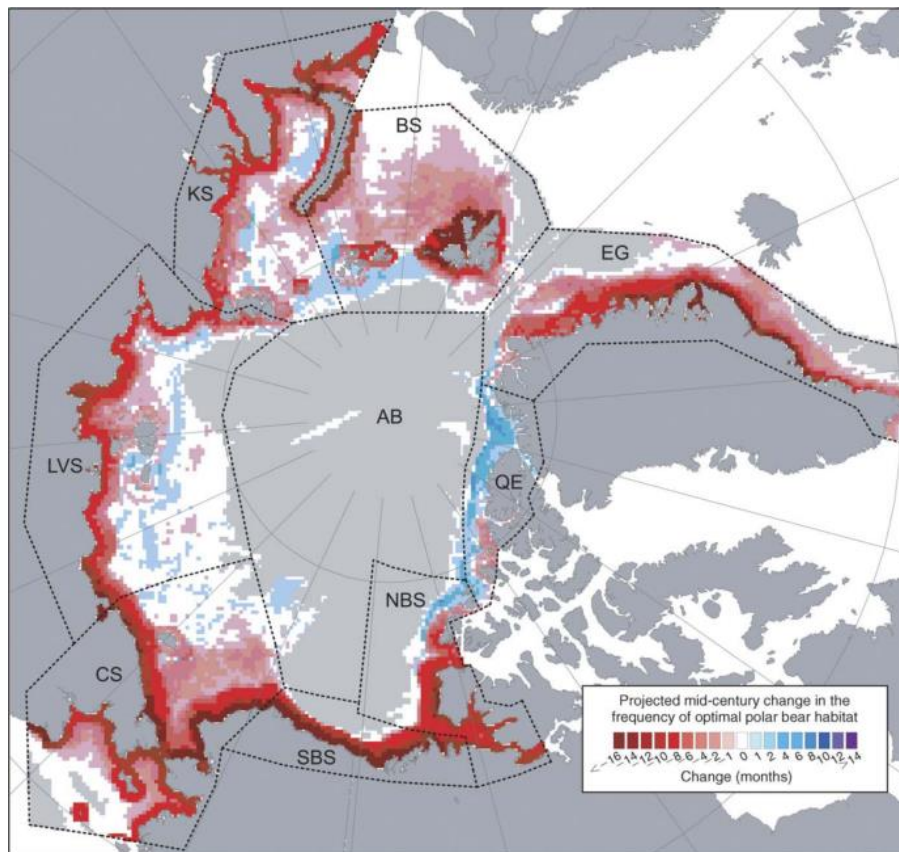


Figure 4 : Prévision des changements de la répartition de l'habitat optimal de l'ours blanc basée sur le nombre cumulé de mois par décennie où l'habitat optimal de l'ours polaire sera soit perdu (rouge) soit gagné (bleu) de la décennie 2001-2010 à la décennie 2041-2050. (Source : Durner et al., [Ecol. Monogr. 2009](#)).

## Conclusion

Comme on a pu le voir, le réchauffement climatique représente un réel danger pour l'ours polaire. Il faut alors se méfier des articles clamant que l'ours polaire se porte au mieux, en se basant sur d'anciennes données peu fiables. De surcroît, l'étude des sous-populations est plus pertinente car comme on l'a vu, l'impact du réchauffement varie entre ces populations en fonction de leur localisation. Certains impacts positifs à court terme ont pu être révélés mais à long terme, toutes les populations d'ours polaires sont menacées et ce notamment suite à la diminution de l'étendue de la glace de mer dont l'ours blanc est dépendant. Au final, l'avenir de l'ours polaire symbolise l'urgence d'une réaction appropriée face à la crise climatique à laquelle nous faisons face.

## Pour en savoir plus

- <https://www.wwf.fr/especes-prioritaires/ours-polaire>
- <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/le-changement-climatique-est-bien-responsable-de-lagonie-des-ours-polaires>
- <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/rechauffement-climatique-derniere-zone-glace-ultime-refuge-ours-polaires-train-disparaitre-85091/>
- <https://www.rtf.be/article/le-degel-arctique-ouvre-la-voie-a-des-migrations-microbiennes-risquees-8200687>