

Le recul des glaces de mer arctiques

Contexte

Les notes prospectives (Foresight Briefs) sont publiées par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) afin de mettre en lumière un point chaud du changement environnemental, de présenter un sujet scientifique émergent ou de discuter d'une question environnementale actuelle. Le public peut ainsi découvrir ce qui se passe dans son environnement en mutation et les conséquences de ses choix quotidiens. Elles permettent aussi de réfléchir aux orientations futures des politiques. Le présent numéro 28 de la série s'intéresse aux conséquences écologiques, climatiques, économiques et géopolitiques du recul des glaces de l'océan Arctique.

Résumé

L'Arctique est une région reculée et peu peuplée. Elle est reliée au reste du monde par les échanges au sein de notre système climatique, l'atmosphère enveloppant la Terre et les courants océaniques mondiaux.

Depuis les premières mesures satellitaires, qui remontent à 40 ans, l'étendue des glaces de mer de l'Arctique s'est réduite de moitié environ. La diminution continue de la couverture estivale de glace de l'océan est une manifestation visible du réchauffement climatique. Elle fragilise les écosystèmes marins, modifie la circulation océanique et peut également avoir une influence, dans des zones situées plus au sud, sur la survenue de phénomènes météorologiques, tels que ceux observés au Texas (États-Unis d'Amérique) et en Grèce en 2021.



La lisière des glaces de mer n'est pas une ligne bien définie dans l'océan, mais une zone de transition progressive entre l'eau libre et la banquise.

Crédit photo : Morven Muilwijk

Introduction

La majeure partie de l'océan Arctique est couverte de glace. Durant l'été, où le soleil est présent 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, la superficie de cette couverture s'amenuise, atteignant son minimum en septembre. À partir d'octobre, le soleil décline pour laisser place à la longue et profonde nuit polaire, et la glace commence à se reformer.

Depuis les premières mesures satellitaires, qui remontent à 1979, le volume des glaces de mer estivales du continent a diminué de près de moitié, essentiellement à cause du réchauffement climatique. Leur étendue et leur épaisseur se sont fortement réduites (Kwok

et Rothrock, 2009 ; Cohen, Jones, Furtado et Tziperman, 2013 ; Comiso, Meier et Gersten, 2017). Elles reculent dans toutes les régions de l'Arctique et des pertes considérables sont observées tous les mois de l'année (Onarheim et al., 2018).

La qualité de la glace évolue également. La fonte de la vieille glace, remplacée par une glace plus jeune, a de nombreuses répercussions. La nouvelle glace est moins résistante. Elle contient plus d'eau salée et est plus encline à fondre rapidement, tandis que la vieille glace contient une plus grande proportion d'eau provenant de précipitations neigeuses et constitue une source d'eau douce.

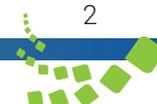
La lisière des glaces de mer n'est pas une ligne bien marquée. Elle couvre une vaste zone de transition progressive entre les eaux bleues libres et la banquise. Cette zone de transition revêt une importance capitale pour les espèces qui dépendent de la glace. Selon une définition communément admise, la lisière des glaces limite la zone où la proportion de la surface de la mer couverte de glace dépasse 15 %.



Un ours polaire contrôle les instruments de recherche au cours de l'expédition MOSAiC (photo prise pendant l'été 2020).

Les conséquences du recul des glaces de mer sur les écosystèmes marins, et notamment sur les phoques, les ours polaires et les stocks halieutiques de l'océan Arctique, sont encore mal perçues.

Crédit photo : Lianna Nixon, AWI



Pourquoi cette question est-elle importante ?

Nulle part ailleurs sur Terre, les effets des changements climatiques ne se font sentir avec autant d'acuité qu'en Arctique, où le réchauffement est deux fois plus rapide que la moyenne mondiale (SROCC ; Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2019 ; IPCC, 2021). Selon plusieurs études, si nous n'infléchissons pas la trajectoire suivie jusqu'en 2021, l'océan Arctique sera d'ici 2050 libre de toute glace durant l'été (Notz et SIMIP Community 2020 ; Årthun et al. 2021).

La couverture de glace de l'océan Arctique n'est pas une étendue solide et plate. Flottant à la surface, elle subit l'influence des conditions météorologiques. Les vents, les vagues et les courants océaniques la font constamment dériver. De même, sa lisière n'est pas une ligne bien définie, mais une zone de transition entre les eaux libres et la banquise qui fournit des habitats à des organismes très divers (**figure 1**).

Toutes sortes de créatures, notamment des bactéries, des algues, des crevettes, des poissons et des phoques, vivent aussi bien à la surface qu'à l'intérieur de la glace, le long de la susdite lisière. Celle-ci fait vivre des communautés biologiques importantes et distinctes, composées de plantes et d'animaux spécifiques ayant évolué pour s'adapter à ce milieu particulier. Les espèces qui en dépendent seront menacées d'extinction si la majeure partie de cette glace disparaît (Conservation de la flore et de la faune arctiques, 2017).

Un Arctique exempt de glace est une situation inédite, entraînant d'importantes répercussions écologiques, climatiques, économiques et géopolitiques, et lourde de conséquences pour les populations autochtones – les ours polaires ne sont pas les seuls à avoir besoin de la présence de glace de mer pour chasser. Une telle évolution ouvre la voie au développement de nouvelles industries, telles que le tourisme, l'extraction de ressources, la pêche et la navigation, menaçant ainsi le fragile écosystème de cette région. La fonte des glaces de mer n'a pratiquement aucun effet sur le



Deux sous-espèces de l'ange de mer (*Clione limacina*) vivent dans les eaux arctiques et subarctiques.

Crédit photo : Christine Gawinski



Lorsque la morue polaire pond, la présence de glace est capitale pour le bon développement de ses œufs. Les larves se nourrissent de zooplancton, dont la biomasse augmente en bordure des glaces lorsque le soleil réapparaît au printemps. À mesure que les glaces de mer reculent, les zones de frayère diminuent. On observe un déclin des populations de cette espèce clef du nord de la mer de Barents depuis le début du siècle. [Pour en savoir plus, cliquer ici](#) (Eriksen, Huserbråten, Gjørseter, Vikebø et Albretsen, 2019).

niveau de la mer puisque ces glaces flottent déjà dans l'eau. Mais le réchauffement polaire a également une incidence sur l'immense volume de glace des terres émergées, notamment sur la calotte glaciaire du Groenland et de l'Antarctique. La fonte de ces deux calottes glaciaires pourrait provoquer une élévation de plusieurs mètres du niveau des océans.

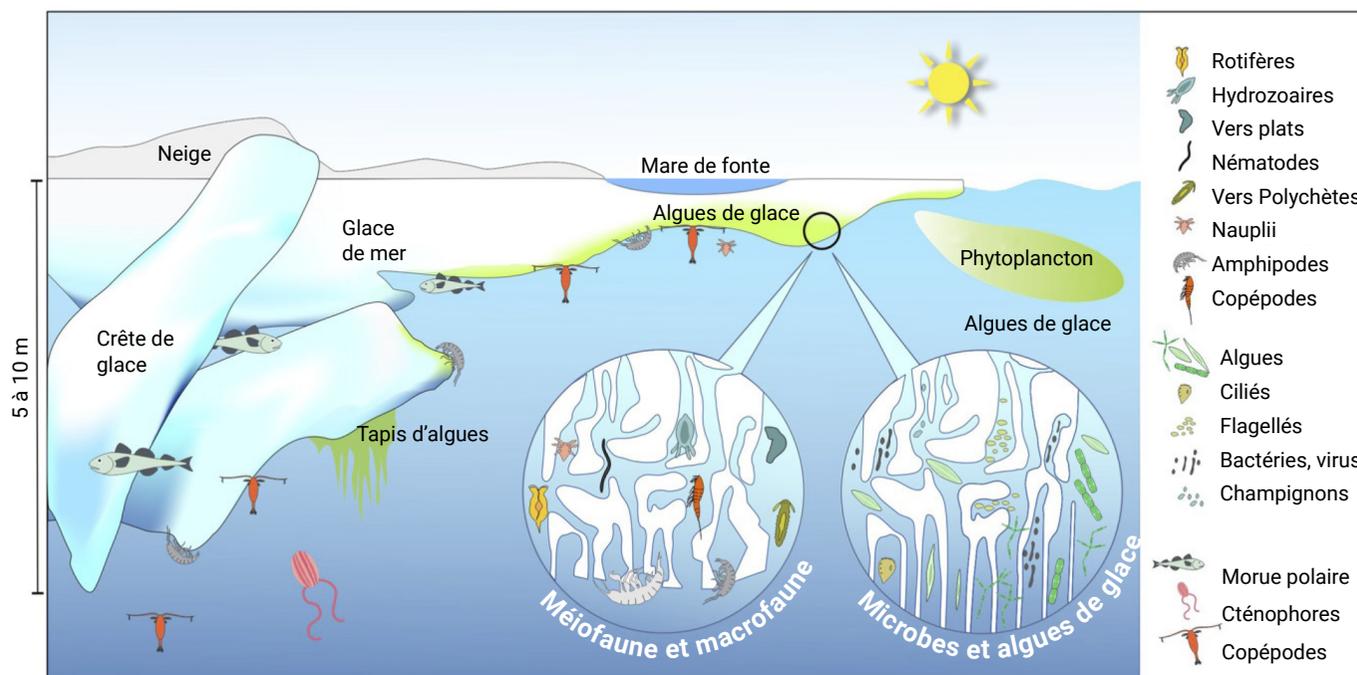


Figure 1 : La glace de mer fournit des habitats à des organismes très divers, dont un certain nombre s'abrite à l'intérieur de celle-ci. *Crédit : Malin Daase, adapté de CAFF 2017*

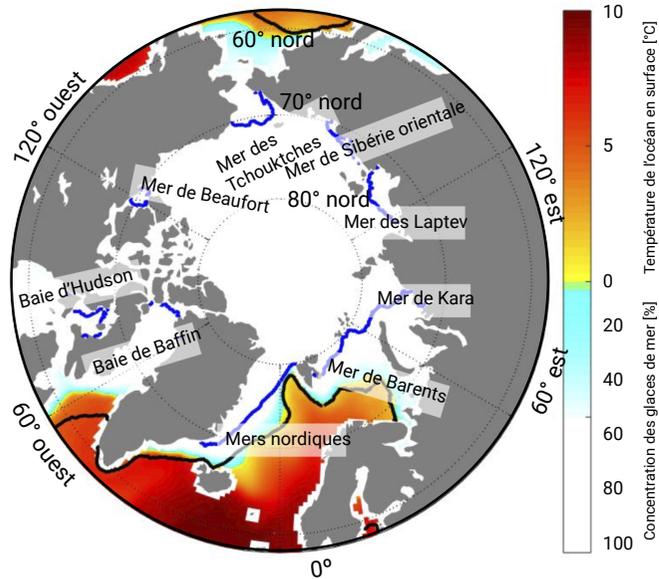


Figure 2: Carte de l'océan Arctique et de ses mers. Les lignes bleue et noire correspondent respectivement à la lisière des glaces de mer en hiver et en été. Les couleurs indiquent la concentration de glace de mer et la température de l'océan en surface en été, en moyennes annuelles simulées sur le long terme (de 1900 à 2000).
Crédit : Lars H Smedsrud

Des conditions libres de glace inédites en Arctique

Pour aborder la question du réchauffement climatique, il est généralement fait référence à la moyenne mondiale des températures. Mais, la Terre n'est pas uniformément chauffée. Depuis la révolution industrielle, la température moyenne à la surface du globe a augmenté de 1,1 °C (GIEC, 2021). Dans le Svalbard, où se trouve l'une des zones d'habitation les plus septentrionales au monde, la température moyenne a connu une augmentation fulgurante de 7 °C au cours des 50 dernières années (Hanssen-Bauer et al., 2019).

Les régions polaires connaissent un réchauffement rapide, dont une manifestation visible est la disparition progressive de la couverture de glace. Dans la région de l'Atlantique, le recul des glaces de mer est causé en partie par les eaux chaudes provenant du sud qui pénètrent dans l'océan Arctique via l'Atlantique Nord et les mers nordiques. La conséquence en est que la perte de glace hivernale est plus prononcée dans la mer de Barents et au nord du Svalbard,

comme le montre la **figure 2**. Les températures des régions polaires ont connu des hausses plus importantes que celles des régions tropicales. Les accroissements enregistrés sont, à certains endroits, cinq fois plus élevés que la moyenne mondiale.

De nouveaux résultats d'études montrent que, même dans un scénario de réchauffement modéré conforme à l'objectif défini dans l'Accord de Paris, la couverture estivale de glace de la plupart des régions de l'océan Arctique disparaîtra complètement d'ici 2050. Selon les prévisions, seule la mer de Barents sera libre de glace durant toute l'année avant la fin de ce siècle, mais la couverture hivernale de glace devrait considérablement diminuer dans la majorité des mers arctiques (Årthun et al., 2021) (**figures 3 et 4**).



Travail sur glace
Crédit photo : Christian Morel/christianmorel.net/Nansen Legacy

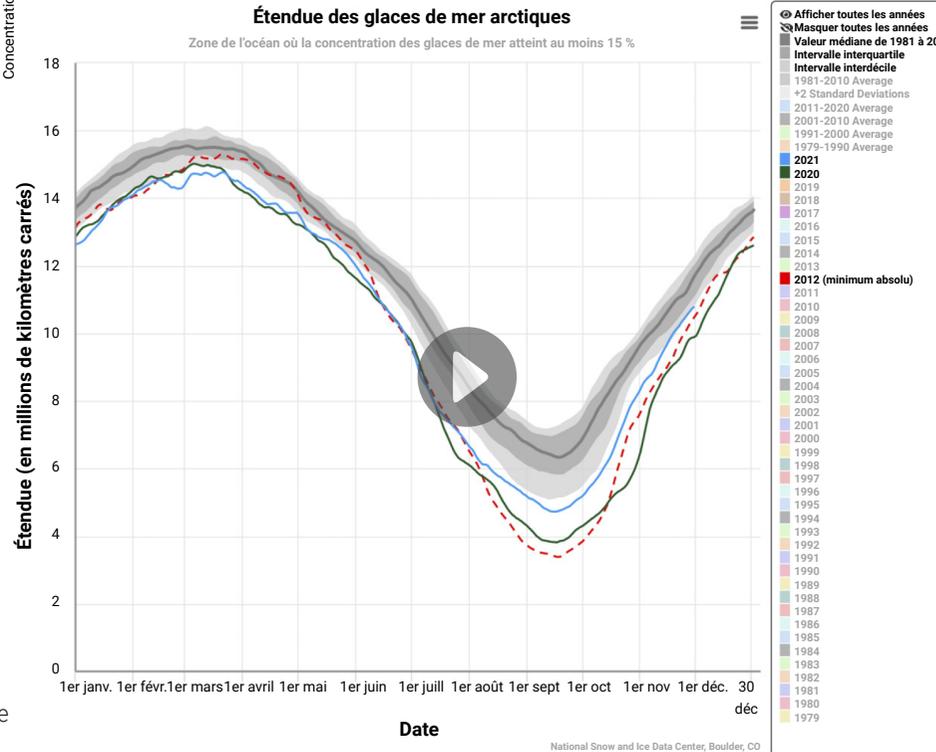


Figure 3: Zone de l'océan où la concentration des glaces de mer atteint au moins 15 %. L'étendue minimale des glaces de mer observée à l'été 2012 a été la plus faible jamais enregistrée (ligne pointillée rouge). Au cours des huit années suivantes, elle est restée en deçà de la moyenne des années 1981-2010, représentée par la ligne grise. Les lignes vert foncé et bleue représentent respectivement l'étendue des glaces de mer observée en 2020 et en 2021.

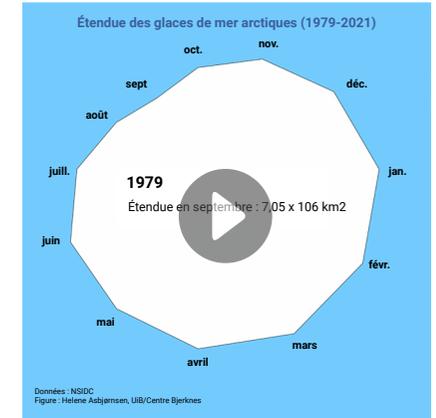
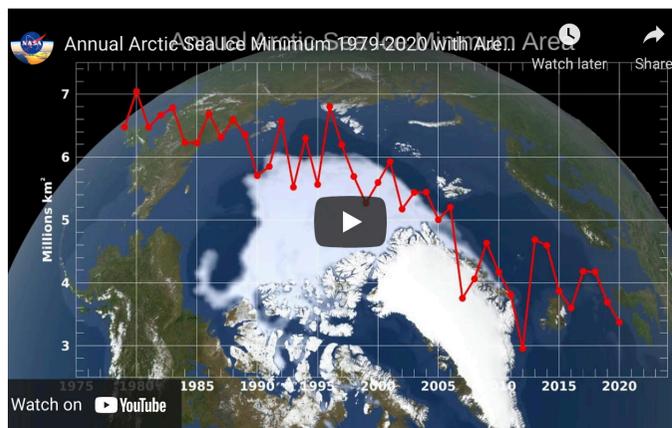


Figure 4: Diminution de l'étendue des glaces de mer de 1979 à 2021, d'après les données du NSIDC sur les glaces de mer
Crédit : Helene Asbjørnsen, UiB/Centre Bjerknæs



Élaborée à partir d'une superposition graphique, la présente animation montre l'étendue minimale des glaces de mer arctiques observée chaque année de 1979 à 2020. Crédit : NASA/studio de visualisation scientifique du Centre de vol spatial Goddard (GSFC). Les données « Blue Marble » sont reproduites avec l'aimable autorisation de Reto Stockli (NASA/GSFC).

Les glaces de mer contribuent à refroidir la planète

La température et la circulation océaniques revêtent une importance fondamentale pour les glaces de mer arctiques. En gros, la circulation océanique transporte l'eau de mer des régions tropicales, chauffée par le soleil, vers les régions polaires, où elle refroidit. Dans les couches supérieures des océans, les eaux chaudes migrent des tropiques vers les pôles, où elles cèdent de la chaleur à l'atmosphère, deviennent plus denses et coulent, puis repartent vers les tropiques, emportées par les courants océaniques de profondeur.

Influençant directement le climat de l'Arctique, le Gulf Stream se forme dans le golfe du Mexique, traverse l'Atlantique Nord et pénètre dans l'océan Arctique au niveau de la mer de Barents et du détroit de Fram. Les mesures réalisées sur les eaux entrant dans l'océan Arctique montrent que leur température dépasse désormais de 1 °C la moyenne des années 1980, période des premières



Alerte précoce, questions émergentes et perspectives d'avenir

observations (Smedsrud et al., 2013). De fortes variations sont également observées d'une année sur l'autre en raison des variations naturelles du système climatique (Smedsrud et al., 2013 ; Zhang, 2015 ; Årthun et al., 2019) (figure 5). Dans la mer de Barents, les eaux chaudes du Gulf Stream entrent

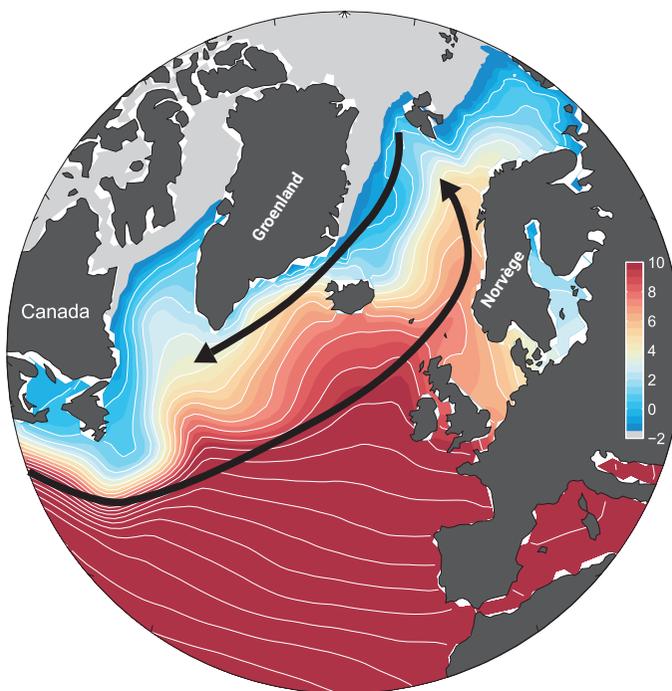


Figure 5 : Trajectoire suivie par les eaux du Gulf Stream dans leur remontée pôle Nord. La figure montre le refroidissement progressif des eaux chaudes du Gulf Stream qui remontent vers le nord en passant par l'Atlantique Nord et les mers nordiques, jusqu'à ce qu'elles entrent en contact avec les glaces de mer arctiques (en gris). Les cases vertes indiquent l'emplacement des mesures effectuées pour suivre la propagation des anomalies de température sur le trajet en direction du nord. Illustration : Marius Årthun, Université de Bergen et Centre norvégien Bjerknes de recherche sur le climat. Données de température : www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadisst/.

directement en contact avec les glaces, raison pour laquelle cette région connaît la perte de glace de mer hivernale la plus importante de l'Arctique. Au cours des 40 dernières années, près de la moitié des glaces de mer ont disparu (Onarheim et al., 2018).

En été, le soleil réchauffe les eaux libres superficielles sombres, mais en hiver, l'Arctique est privé de soleil. L'une des principales causes du recul des glaces hivernales est la fonte directe qui se

produit au contact des courants océaniques chauds, notamment dans la mer de Barents et au nord du Svalbard.

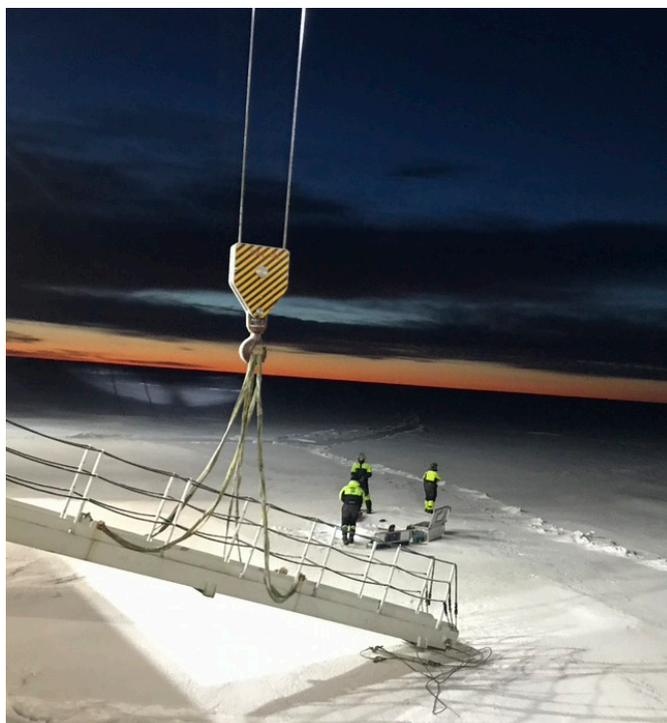
Les vents, qui poussent les glaces de mer hors de l'océan Arctique, en particulier le long de la côte orientale du Groenland, sont un autre facteur déterminant.

La couverture de glace de mer joue par ailleurs un rôle crucial dans l'équilibre énergétique de la Terre. Les régions qui l'ont perdue absorbent la quasi-totalité du rayonnement solaire incident. En été, cette couverture contribue à refroidir notre planète en réfléchissant efficacement le rayonnement solaire. À mesure que la glace disparaît, l'océan absorbe de plus en plus de chaleur, ce qui amplifie les effets du réchauffement en Arctique. Le phénomène de réflexion du rayonnement solaire s'appelle l'effet d'albédo.

Ces exemples illustrent les liens étroits qui existent entre les glaces de mer arctiques et les processus climatiques fondamentaux, notamment la circulation océanique mondiale, l'élévation du niveau de la mer et le réchauffement climatique proprement dit.



Filtrage
Crédit photo : Christian Morel/christianmorel.net/Nansen Legacy



Chercheurs de l'Université arctique de Norvège (UiT) sur la banquise à l'est du Groenland, en novembre 2020.

Crédit photo : Danielle Grant, NORCE/Centre norvégien Bjerknes de recherche sur le climat

Le rythme actuel de la fonte des glaces arctiques est sans précédent. Nous savons avec certitude que l'Arctique est fortement touché par le réchauffement climatique, mais il est également soumis à d'importantes variations naturelles liées à l'évolution des courants océaniques et des régimes de vents atmosphériques.

Nous savons aussi que les variations naturelles du climat se manifestent à toutes les échelles de temps, de quelques années à quelques siècles ou millénaires, mais les données d'observation historiques sont très limitées. Les premières images satellitaires d'observation des glaces de mer remontent à la fin des années 1970, et les courants océaniques ne font, quant à eux, véritablement l'objet d'observations systématiques que depuis les années 1990. Il n'est donc pas aisé de quantifier les impacts respectifs des variations naturelles et du réchauffement climatique sur la perte récente de glace de mer.

Alerte précoce, questions émergentes et perspectives d'avenir

Quelles actions sont menées ?

L'Arctique demeure une région reculée et méconnue. Étant donné les nombreux secrets qu'il a encore à nous livrer, plusieurs campagnes et projets de recherche ont été mis en place afin d'améliorer notre compréhension de cette région, de son climat, des processus physiques liés à la glace de mer et des écosystèmes que celle-ci abrite dans sa masse, ainsi qu'au-dessus et en dessous de la couverture qu'elle forme. Une large base de connaissances établie à partir des observations effectuées est des plus utiles pour assurer une gestion durable de cette région.

Dans le cadre de l'[expédition MOSAIC](#) menée sur la période 2019-2020, une équipe interdisciplinaire de chercheurs s'est laissée dériver avec les glaces de mer durant une année complète. Les volumes considérables de données qui ont été collectés au cours de cette période sont sans précédent dans l'histoire de l'exploration polaire. Ils seront analysés par la communauté scientifique au cours des prochaines années (Institut Alfred Wegener, 2019).

Dans la mer de Barents, les changements observés au niveau du climat et de l'écosystème marins s'opèrent à un rythme extrêmement rapide, et se traduisent par le passage de conditions typiques de l'océan Arctique à des conditions typiques de l'océan Atlantique. Le projet [Nansen Legacy](#) est un projet de recherche gouvernemental norvégien élaboré pour suivre et comprendre les vastes changements environnementaux qui interviennent dans la mer de Barents (UiT – Université arctique de Norvège, 2017).

L'initiative [Synoptic Arctic Survey](#) (relevé synoptique de l'Arctique) vise à comprendre les transformations en cours grâce à la mise en place d'un programme de recherche international sur un transect traversant tout l'Arctique et à observer l'état actuel du système climatique arctique. De nombreuses campagnes océanographiques menées jusqu'à la fin de 2022 fourniront aux scientifiques des jeux de données permettant de caractériser l'Arctique d'aujourd'hui (Université de Bergen, 2018).

La [Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable](#) (2021-2030) compte plusieurs programmes et activités océanographiques visant à combler les lacunes dans les connaissances de l'océan Arctique. La fonte des glaces qui flottent dans l'océan Arctique ne contribue pas à l'élévation du niveau des mers à l'échelle mondiale. Elle a toutefois des incidences sur les systèmes climatique et météorologique mondiaux, qu'il est important de bien appréhender. L'océan et

l'atmosphère sont étroitement connectés au sein des systèmes climatique et météorologique de la planète et de l'Arctique. Les changements qui se produisent à l'échelle planétaire ont des répercussions sur l'Arctique et les changements observés dans l'Arctique peuvent avoir une influence sur les régions situées à des latitudes inférieures.

Les conditions inédites créées par l'absence de glace pourraient perturber la formation d'eaux froides et denses, un processus intervenant dans les océans des hautes latitudes et faisant partie intégrante du système mondial de circulation océanique, qui alimente les couches profondes des océans de la planète en eaux froides riches en oxygène, lesquelles sont ensuite transportées vers les tropiques par les courants océaniques profonds. Les dérèglements de ce processus sont susceptibles d'avoir des effets sur la circulation océanique à grande échelle (Sévellec, Federov et Liu, 2017).

La question des répercussions d'un réchauffement de l'océan Arctique et d'un recul de sa couverture de glace sur les conditions météorologiques dans les latitudes inférieures fait encore l'objet de vifs débats au sein de la communauté scientifique (Blackport et Screen, 2020). D'aucuns pensent qu'une telle évolution entraînerait une augmentation des phénomènes climatiques extrêmes dans les continents situés plus au sud. Les températures très froides enregistrées au Texas et en Grèce en février 2021 vont dans le sens de cette hypothèse, souvent désignée par l'expression « Arctique chaud, continents froids ». D'autres estiment, par contre, qu'il n'existe aucune preuve d'un tel lien entre le réchauffement de l'Arctique et les épisodes de grand froid observés en Europe, en Asie et en Amérique du Nord.



En été, le soleil ne se couche jamais dans l'Arctique. Le chercheur Morven Muilwijk et ses collègues de l'expédition MOSAIC ont vécu à bord du navire de recherche Polarstern.

Crédit photo : Lianna Nixon, AWI



Pendant les campagnes océanographiques hivernales à travers les glaces de mer, les conditions sont difficiles. La nuit polaire plonge la région dans l'obscurité 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, et les navires peuvent se retrouver coincés dans les glaces. Vidéo réalisée par Danielle Grant, NORCE/Centre norvégien Bjerknes de recherche sur le climat

Crédit photo : Shutterstock/ginger_polina_bublik

Comment cela se traduit-il sur le plan des politiques ?

La couverture de glace de l'océan Arctique crée des conditions hostiles aux entreprises humaines. Son recul ouvre la région de plus en plus aux activités commerciales telles que la pêche, la navigation, le tourisme et la prospection des ressources minérales nouvelles et rares du fond océanique. Cette accessibilité nouvelle donne lieu à des dilemmes sur le plan des politiques et suscite un nouveau d'attention géopolitique. L'Arctique est un des derniers espaces naturels de la planète et son écosystème est fragile. Son accessibilité accrue pour les activités commerciales et d'extraction de minéraux rares fait l'objet d'une attention géopolitique nouvelle.

Les nombreuses inconnues que présente l'écosystème de l'Arctique ont suscité des inquiétudes au sujet des activités non réglementées de pêche dans ses eaux (Conseil de l'Arctique, 2020). En 2018, les États côtiers de l'Arctique (le Canada, le Danemark, les États-Unis, l'Islande la Norvège et la Russie), ainsi que la Chine, la Corée du Sud et le Japon ont conclu un accord « [visant à prévenir la pêche non réglementée en haute mer dans l'océan Arctique central](#) ». Des membres du Conseil circumpolaire inuit ont participé aux

négociations afin de s'assurer de la prise en compte des intérêts des peuples autochtones de la région (Gouvernement du Canada, 2021).

Entré en vigueur en janvier 2017, le Recueil sur la navigation polaire est un règlement édicté par l'Organisation maritime internationale (OMI) qui vise à réduire les risques et à sécuriser l'exploitation des navires dans les océans Arctique et Antarctique.

Les conditions inhospitalières régnant dans ces océans imposent de porter une attention particulière à la conception, à la construction et à l'équipement des navires polaires, ainsi qu'à la formation et aux opérations de recherche et sauvetage. Les prescriptions connexes énoncées dans le Recueil sont destinées non seulement à garantir la sécurité de la navigation, mais aussi, ce qui est tout aussi important, à protéger « l'environnement et les écosystèmes uniques des régions polaires » (OMI, 2017).

La navigation le long de la route maritime du Nord, qui longe la côte arctique de la Russie et emprunte le passage du Nord-Est, s'est considérablement densifiée ces dernières années. Cette route offre un itinéraire plus court que celui passant par le canal de Suez pour relier l'Europe et l'Asie, mais les risques environnementaux et les coûts opérationnels liés à son exploitation sont importants. En janvier 2021, trois navires de charge ont emprunté avec succès la route maritime du Nord en plein hiver sans l'assistance d'un brise-glace, ce qui constitue une première mondiale (Humpert, 2021).

En ce qui concerne les glaces de mer, les mesures à prendre pour éviter un futur rétrécissement spectaculaire de leur étendue sont étroitement liées à celles de lutte contre le réchauffement climatique. Ce dernier étant en grande partie occasionné par les activités humaines et les émissions de gaz à effet de serre, la solution, à savoir réduire ces émissions, est aussi simple sur le plan scientifique qu'elle est complexe du point de vue des politiques.

En 2015, la plupart des pays du monde ont salué l'Accord de Paris. Celui-ci définit un cadre visant à prévenir les changements climatiques dangereux en maintenant le réchauffement de la planète bien en dessous de 2 °C, tout en s'efforçant de le limiter à 1,5 °C. Bien que les énergies renouvelables commencent à gagner du terrain, nous sommes encore bien loin de l'objectif de 2 °C et continuons à nous trouver sur une trajectoire menant à une disparition complète de la couverture de glace de l'océan Arctique dans les 50 prochaines années. La Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (Décennie de l'océan) a été lancée cette année et se terminera en 2030. Son but est de renforcer

« la gestion de nos océans et de nos côtes pour le bien de l'humanité et à atténuer les effets des changements climatiques » (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture [UNESCO], 2021). Elle contribuera à une meilleure prise en compte du nexus océans-climat, terme par lequel on désigne les liens entre océans et climat, notamment le rôle clef joué par les océans dans les systèmes météorologiques de la Terre et les changements climatiques à long terme, et « la formidable contribution que des océans sains et résilients peuvent apporter en matière de lutte contre les changements climatiques et d'amélioration de la santé et du bien-être des populations dans le monde entier » (UNESCO, 2021).

La Décennie de l'océan est faite pour tout le monde. Tout un chacun peut y participer en vue de contribuer à certaines activités ou simplement d'améliorer ses connaissances (www.oceandecade.org/fr).

Conclusion

L'Arctique abrite des écosystèmes comptant parmi les plus fragiles de la planète, et les effets des changements climatiques y sont ressentis de manière spectaculaire. Le recul constant de sa couverture de glace de mer depuis les années 1970 en est une manifestation visible. Les changements touchant cette couverture sont susceptibles d'avoir des répercussions dans d'autres régions, induites par l'altération des régimes météorologiques et de la circulation océanique. Un océan Arctique libre de glace ouvre de nouvelles perspectives commerciales, pose des défis politiques et fait peser des menaces sur les écosystèmes et les communautés locales.

L'amélioration de la surveillance et de la compréhension de l'Arctique et de sa couverture de glace de mer est donc importante pour assurer une gestion durable de cet environnement en mutation et des ressources connexes.

La gestion durable de l'océan Arctique répond à un besoin sociétal qui concerne aussi les personnes vivant en dehors du cercle arctique. Elle représente un défi scientifique de taille, et plusieurs programmes de recherche internationaux ont été lancés afin de combler les lacunes dans les connaissances relatives à cet océan et au rôle joué par les glaces de mer dans l'écosystème et le système climatique de la région.

Remerciements

Auteurs

Gudrun Sylte, Centre Bjerknes de recherche sur le climat ; Lars H. Smedsrud, Université de Bergen et Centre norvégien Bjerknes de recherche sur le climat ; Marius Årthun, Université de Bergen et Centre norvégien Bjerknes de recherche sur le climat ; Tore Furevik, Centre norvégien Nansen d'étude de l'environnement et de télédétection.

Réviseurs

Réviseurs du PNUÉ

Takehiro Nakamura, Pascal Peduzzi, Niklas Hagelberg, Angeline Djampou, Virginia Gitari, Samuel Opiyo

Réviseurs externes

Peter Harris, Tina Schoolmeester, GRID-Arendal

Équipe Foresight Briefs du PNUÉ

Alexandre Caldas, Sandor Frigyk, Audrey Ringler, Esther Katu, Erick Litswa, Pascal Muchesia

Contact

unep-foresight@un.org

© 2021 Programme des Nations Unies pour l'environnement

La présente publication peut être reproduite en totalité ou en partie, sous quelque forme que ce soit, à des fins éducatives ou non lucratives, sans autorisation spéciale du détenteur des droits d'auteur, à condition de la citer comme source. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement apprécierait en pareil cas qu'un exemplaire de l'ouvrage contenant le passage reproduit lui soit communiqué.

La présente publication ne peut faire l'objet d'une revente ni être utilisée à toute autre fin commerciale quelle qu'elle soit sans autorisation préalable par écrit du Programme des Nations Unies pour l'environnement. Veuillez adresser les demandes de telles autorisations, en précisant l'objet et l'étendue de la reproduction, au Directeur de la Division de la communication et de l'information du Programme des Nations Unies pour l'environnement (P.O. Box 30552, Nairobi 00100, Kenya).

Avertissement

Les appellations retenues dans la présente publication et la présentation des éléments qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones mentionnés ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Pour des orientations générales concernant l'utilisation des cartes reproduites dans nos publications, prière de se reporter aux notes figurant à l'adresse <http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htman.htm>.

La mention, dans le présent document, d'une entreprise ou d'un produit commercial ne vaut nullement approbation de la part du Programme des Nations Unies pour l'environnement ou des auteurs. L'exploitation à des fins publicitaires des informations figurant dans le texte est interdite. Les noms et symboles de marques déposées utilisés le sont à titre illustratif, sans intention d'enfreindre les lois sur les marques déposées ou les droits d'auteur.

Les opinions exprimées sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues du Programme des Nations Unies pour l'environnement. Nous regrettons toute erreur ou omission qui aurait pu être involontairement commise.

© Cartes, photos et illustrations comme spécifié.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2022). Le recul des glaces de mer arctiques. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38414/FB028.pdf>

Production : Groupe de prospective, Service des mégadonnées, DIVISION DE LA SCIENCE, PNUÉ



Alerte précoce, questions émergentes et perspectives d'avenir

Bibliographie

- Institut Alfred Wegener (2019). MOSAIC : L'expédition : une année entière coincée dans la glace. <https://mosaic-expedition.org/expedition/>
- Conseil de l'Arctique (2020) Exploration de l'Océan Arctique : L'accord qui protège un écosystème inconnu. www.arctic-council.org
- Årthun, M., Eldevik, T. et Smedsrud, L. H. (2019). The role of Atlantic heat transport in future Arctic winter sea ice loss. *Journal of Climate*, vol. 32, n° 11, p. 3 327 à 3 341. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0750.1>
- Årthun, M., Onarheim, I., Dörr, J. et Eldevik, T., (2021). The Seasonal and Regional Transition to an Ice-Free Arctic, *Geophysical Research Letters*, vol. 48, article e2020GL090825. <https://doi.org/10.1029/2020GL090825>
- CCFA (2017). State of the Arctic Marine Biodiversity Report. Secrétariat de la Conservation de la flore et de la faune arctiques, Akureyri (Islande). ISBN : 978-9935-431-63-9. <http://www.arcticbiodiversity.is/marine>
- Cohen, J., Jones, J., Furtado, J. C., et Tziperman, E. (2013). Warm Arctic, Cold Continents: A Common Pattern Related to Arctic Sea Ice Melt, Snow Advance, and Extreme Winter Weather. *Oceanography*, vol. 26, n° 4, p. 150 à 160. <http://www.jstor.org/stable/24862104>
- Comiso, J., Meier, W. N., et Gersten, R., (2017). Variability and trends in the Arctic Sea ice cover: Results from different techniques. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. <https://doi.org/10.1002/2017JC012768>
- Conseil de l'Arctique (2020). Exploring the Arctic Ocean: The Agreement that protects an unknown ecosystem. www.arctic-council.org
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (2015). Accord de Paris. <https://unfccc.int/fr/a-propos-des-ndcs/l-accord-de-paris>
- Eriksen, E., Huserbråten, M., Gjørseter, H., Vikebø, F. et Albreten, J. (2019). Polar cod egg and larval drift patterns in the Svalbard archipelago. *Polar Biology*, p. 1-14. <https://doi.org/10.1007/s00300-019-02549-6>
- Gouvernement du Canada (2021). Accord international pour la prévention d'activités non réglementées de pêche en haute mer dans le centre de l'océan Arctique. <https://www.dfo-mpo.gc.ca/international/arctic-arctique-fra.htm>
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (2019). IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (dir. publ.)].
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2021 : Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, et B. Zhou (dir. publ.)]. Cambridge University Press.
- Hanssen-Bauer I., Førland E.J., Hisdal H., Mayer, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. (éd.). (2019). Climate in Svalbard 2100 – a knowledge base for climate adaptation. Norvège, Centre norvégien des services climatiques (NCCS) pour le compte de l'Agence norvégienne pour l'environnement, rapport du NCCS n° 1/2019, ISSN : 2387-3027
- Humpert, M. (2021). A new Dawn for Arctic Shipping – Winter Transits on the Northern Sea Route*, *High North News*, janvier 2019. <https://www.highnorthnews.com/en/new-dawn-arctic-shipping-winter-transits-northern-sea-route>
- Institut Alfred Wegener (2019). MOSAIC : The Expedition: An Entire Year Trapped in the Ice. <https://mosaic-expedition.org/expedition/>
- Kwok, R. and Rothrock D. A. (2009). Decline in Arctic sea ice thickness from submarine and ICESat records: 1958–2008. *Geophysical Research Letters*, vol. 36, article L15501. <https://doi.org/10.1029/2009GL039035>

L'Accord de Paris de 2015, Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)

MOSAIC, projet de recherche, Institut Alfred Wegener. <https://mosaic-expedition.org/>
Nansen Legacy, projet de recherche (2017-2023), Université de Tromsø. <https://arvenetternansen.com/about-us>

Notz, D. et communauté participant au projet SIMIP (2020). Arctic sea ice in CMIP6. *Geophysical Research Letters*, vol. 47, article e2019GL086749. <https://doi.org/10.1029/2019GL039035>

Onarheim, I., Eldevik, T., Smedsrud, L.H., et Stroeve, J., (2018). Seasonal and Regional Manifestation of Arctic Sea Ice Loss. *Journal of Climate*. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0427.1>

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (2021). Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable

Organisation maritime internationale (2017). Recueil international de règles applicables aux navires exploités dans les eaux polaires (Recueil sur la navigation polaire. <https://www.imo.org/fr/MediaCentre/HotTopics/pages/polar-default.aspx>

Sévellec, F., Fedorov, A. et Liu, W. (2017). Arctic sea-ice decline weakens the Atlantic Meridional Overturning Circulation. *Nature Climate Change*, vol. 7, p. 604 à 610 (2017). <https://doi.org/10.1038/nclimate3353>

Smedsrud, Esau, I., Ingvaldsen, R.B., Eldevik, T., Haugan, P.M., Li, C. et al. (2013). The role of the Barents Sea in the Arctic Climate System. *Reviews of Geophysics*, vol. 13, n° 3, p. 415 à 449. <https://doi.org/10.1002/rog.20017>

The Ocean Decade at COP26, 2021, Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable

UiT – Université arctique de Norvège (2017). Projet de recherche Nansen Legacy. <https://arvenetternansen.com/research/>

Université de Bergen (2018). Synoptic Arctic Survey, international polar research initiative. <https://synopticarcticssurvey.w.uib.no/>

Zhang, R., (2015). Mechanisms for summer Arctic sea ice extent. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, n° 15, p. 4 570 à 4 575; DOI : [10.1073/pnas.1422296112](https://doi.org/10.1073/pnas.1422296112)

Bien s'habiller en une minute comme un chercheur spécialiste des régions polaires. Vidéo réalisée par [Morven Mulwijk](#) et [Zoe Walker](#)



Crédit photo : Shutterstock/Sander van der Werf

Les notes prospectives du PNUÉ peuvent être consultées en ligne ou téléchargées à l'adresse

<https://wesr.unep.org/foresight>

