

En milieu polaire, les animaux dépendent étroitement de la glace de mer. Comment vivent-ils le réchauffement global ? Deux catégories sont scrutées de près : les oiseaux et les mammifères marins.

Des sentinelles à bec ou à moustaches

Christophe Barbraud, Yves Cherel et Karine Delord



Le manchot empereur est doublement dépendant: de la banquise côtière, où il se reproduit, et de la glace de mer, où il se nourrit.

Des macareux, des mouettes, des guillemots, morts par milliers, à même le sol sur les plages de la petite île de Saint-Paul, en Alaska. En 2016, lorsque les habitants puis les médias ont fait circuler ces images, elles ont frappé les esprits. Cause de la mort? Très incertaine. L'autopsie de certains cadavres a offert une piste: émaciés, les oiseaux sont probablement morts de faim. Pourtant, la mer de Béring est l'une des plus productives au monde. Est-ce le changement climatique qui, en l'absence de glace de mer, a mené ces oiseaux marins à la famine?

La réponse est discutée. Preuve que, si les changements physiques aux pôles sont bien documentés et plutôt bien compris, on ne saurait en dire autant de leurs effets sur le vivant. Or l'essentiel de la biodiversité polaire se situe dans les écosystèmes marins dont le fonctionnement est lié, de manière étroite, à la température de l'eau de mer et à la banquise. Ces paramètres physiques influencent la production de phytoplancton (*voir Le grand «bloom» du plancton végétal, de C. Bowler, page 72*) et, par ricochet, les sources de nourriture nécessaires à la croissance et la reproduction des organismes marins et de leurs prédateurs, comme les oiseaux et les mammifères. Prédateurs très mobiles qui se

En bref

> Mammifères et oiseaux marins consomment une grande diversité de proies. L'étude de ces prédateurs dits «supérieurs» révèle l'ensemble des relations alimentaires aux pôles.

> Les variations dans la superficie de mer englacée, à la baisse et parfois à la hausse, modulent la quantité de ressources disponibles, le plus souvent en la raréfiant. Même des espèces vivant à des milliers de kilomètres des pôles sont affectées.

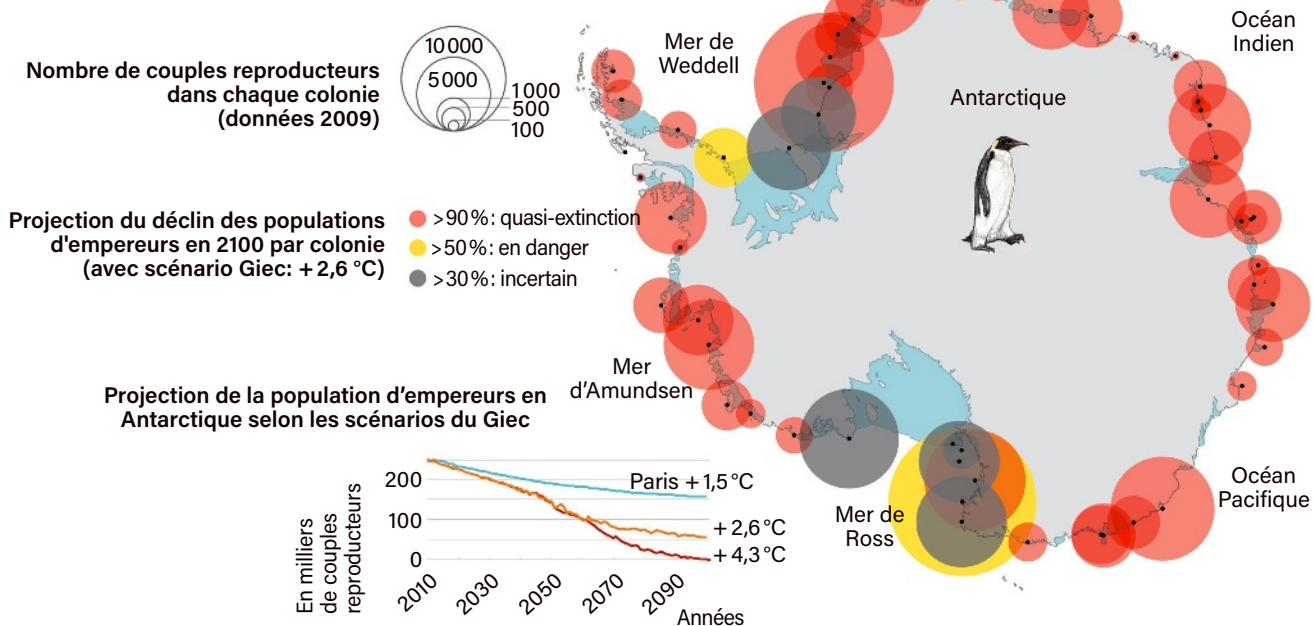
> Les données de terrain nourrissent des modèles qui prévoient l'extinction d'un certain nombre d'espèces, dont le manchot empereur.

nourrissent d'une grande variété de proies, ces deux groupes d'animaux font figure d'espèces sentinelles, car à travers eux se dévoile l'ensemble des relations alimentaires (ce qu'on appelle le «réseau trophique») et leur évolution. En effet, leur comportement et leur démographie sont en partie régulés par les ressources alimentaires, reflétant ainsi les fluctuations de l'abondance et de la disponibilité de celles-ci.

Désormais, leurs paramètres physiologiques, comportementaux et démographiques sont corrélés avec les paramètres du climat, des océans et de la cryosphère – les régions de la planète où l'eau est présente sous forme de glace. De fait, les capteurs et balises satellitaires miniaturisés déployés désormais sur ces animaux fournissent des informations sur leurs comportements, leurs habitats d'alimentation et l'évolution de ces habitats bien souvent peu ou pas accessibles par les campagnes océanographiques, plus coûteuses et limitées dans le temps et l'espace. Bénéfice supplémentaire: ces dernières années, les oiseaux marins et les phoques équipés de capteurs ont été utilisés pour échantillonner les propriétés physiques et biologiques de l'environnement marin. Une forme un peu spéciale de science participative...

80

SOMBRES PERSPECTIVES POUR LES MANCHOTS EMPEREURS EN ANTARCTIQUE



Natalie Renier / Woods Hole Oceanographic Institution

Les variations de la banquise affectent des espèces se reproduisant à plusieurs milliers de kilomètres des pôles

Pour de nombreux oiseaux et mammifères, la banquise est un habitat majeur, soit parce que certains, dits « pagophiles », ont besoin de ce support pour se nourrir et se reproduire, soit parce que d'autres se nourrissent de proies, dites « sympagiques », qui vivent sous la glace. Cette dépendance explique leur vulnérabilité potentielle au réchauffement climatique. Il est ainsi probable que certaines de leurs proies préférées verront leur abondance changer ou leur répartition se modifier avec le retrait de la banquise, ce qui aura une incidence sur leur physiologie, leurs comportements et leurs populations. Quelques exemples, issus de travaux conduits aux deux pôles par l'équipe Prédateurs marins du Centre d'études biologiques de Chizé et ses collaborateurs, en révèlent la mesure.

GUILLEMOTS PRIVÉS DE CABILLAUDS

Mettons d'abord le cap au sud. Le manchot Adélie, *Pygoscelis adeliae*, est une espèce endémique de l'Antarctique qui se reproduit pendant l'été austral. Cet oiseau plonge et se nourrit principalement aux dépens de trois espèces sympagiques, deux espèces de crustacés, le krill antarctique, *Euphausia superba*, et le krill des glaces, *E. crystallophias*, et une espèce de poisson, la calandre antarctique, *Pleuragramma antarcticum*. Lors de l'élevage des poussins, les manchots Adélie, suivis par l'équipe d'Akiko Kato, Yan Ropert-Coudert et Charles-André Bost, vont se nourrir en bordure de la zone de banquise, à quelques dizaines de kilomètres de la colonie. En

étudiant leurs déplacements en mer pendant une dizaine d'années consécutives, il est apparu que plusieurs comportements liés à la recherche de nourriture (profondeur de plongée, durée de plongée...) variaient de manière non linéaire en fonction de l'étendue de la banquise.

Lors des années avec une faible ou, à l'inverse, une forte concentration de glace de mer, les manchots plongent en général plus profondément, plus fréquemment, et restent moins longtemps en surface que durant les années marquées par une concentration de glace intermédiaire. Une dépense énergétique accrue pendant ces conditions défavorables explique pourquoi le succès reproducteur est mauvais pour une faible ou une forte concentration de glace de mer, mais maximal pour des concentrations intermédiaires.

En Arctique, une autre espèce d'oiseau marin illustre ce mécanisme d'une façon encore plus prononcée: c'est le guillemot à miroir de Mandt, *Cepphus grylle mandtii*. Pagophile, il se nourrit surtout de cabillaud arctique, *Arctogadus glacialis*, dont l'abondance et la distribution sont très liées à la présence de banquise. L'étude du régime alimentaire d'une population suivie par George Divoky sur l'île de Cooper, au nord de l'Alaska, a révélé que la proportion de cabillaud dans la diète des poussins est passée de plus de 95% dans les années 1970-1980 à... moins de 5% depuis les années 2000! Et ce parallèlement à une quasi-disparition de la banquise liée à une augmentation de 2 à 3 °C de la température de la mer.

Actuellement, la proie de cet oiseau marin la plus consommée est le chabousseau à quatre cornes,

Myoxocephalus quadricornis, poisson non pagophile et plus tolérant aux eaux «chaudes», mais moins digeste et beaucoup moins énergétique que le cabillaud. Une conséquence directe de ce changement trophique a d'abord été une augmentation de l'effort de recherche alimentaire des guillemots – des plongées plus fréquentes et plus longues – suivie d'une diminution de la croissance des poussins, d'une baisse du succès reproducteur et *in fine* d'une diminution de la taille de la colonie.

Ainsi, le réchauffement climatique et la diminution drastique de la banquise ont des conséquences contrastées sur deux espèces d'oiseaux marins. Ils causent un effondrement progressif des populations de guillemots de Mandt, alors que les manchots Adélie, qui subissent en alternance les conséquences de bonnes et de mauvaises conditions de banquise, voient leurs populations en terre Adélie et en Antarctique de l'Est augmenter légèrement. À l'inverse, en péninsule Antarctique, où la banquise a considérablement diminué, les colonies de manchots Adélie subissent un déclin marqué depuis plusieurs décennies.

Les variations de la banquise entraînent donc des modifications de comportement, de régime alimentaire et de distribution des proies des oiseaux marins, qui affectent directement la dynamique de leurs populations. Au sein d'espèces géographiquement voisines, subissant les mêmes changements mais ayant des écologies différentes, les réponses peuvent d'ailleurs différer. C'est ce qui a été observé chez trois espèces de pétrels suivies par notre équipe en terre Adélie avec Dominique Joubert et Henri Weimerskirch: le damier du Cap,

Daption capense, le fulmar antarctique, *Fulmarus glacialis*, et le pétrel des neiges, *Pagodroma nivea*. Très pagophile, ce dernier se nourrit essentiellement pendant la reproduction de calandre antarctique, dans des eaux partiellement recouvertes de banquise, alors que les deux premières espèces sont associées à des eaux libres de glace, le fulmar se nourrissant essentiellement de krill antarctique et le damier de krill des glaces et de krill antarctique. Le suivi à long terme de ce trio mené en terre Adélie depuis les années 1960 montre que, lorsque la glace de mer en hiver est peu étendue et que les températures de surface sont plus élevées, la reproduction des damiers et des fulmars est meilleure. Au contraire, celle du pétrel des neiges est favorisée lorsque la banquise est plus étendue. Reste maintenant à étudier les conséquences potentiellement désastreuses des événements climatiques extrêmes, dont l'intensité et la fréquence sont amenées à augmenter dans les années à venir...

EFFETS À TRÈS LONGUE DISTANCE

Cette sensibilité des populations endémiques des hautes latitudes polaires aux variations de la banquise ne surprendra guère. Plus étonnante est leur effet sur les espèces se reproduisant à des latitudes moins élevées, et loin des côtes antarctiques. Le cas des éléphants de mer du Sud, *Mirounga leonina*, illustre la connexion à large échelle spatiale des écosystèmes marins, ici entre le subantarctique et l'Antarctique. Les populations reproductrices de ces phoques se rencontrent dans les îles de l'océan Austral, à plusieurs milliers



↑ Privé de phoques, l'ours polaire a modifié son alimentation pour se reporter de plus en plus sur des ressources terrestres comme des oiseaux marins, voire des rennes !

de kilomètres de l'Antarctique. Depuis une vingtaine d'années, le suivi satellitaire d'éléphants de mer des îles Kerguelen, de Géorgie du Sud et de Macquarie, effectué entre autres par l'équipe de Christophe Guinet et Baptiste Picard, a révélé qu'une part importante d'entre eux utilise des habitats liés à la glace de mer autour de l'Antarctique pour se nourrir. Les femelles restent au large en bordure de la banquise lorsque celle-ci accroît sa superficie en début d'hiver, alors que les mâles utilisent les polynies, c'est-à-dire des zones libres de glace ou couvertes de glace mince au milieu de la banquise, situées à proximité des côtes.

Or il semble que les sites d'alimentation les plus riches se situent dans les eaux des plateaux continentaux, lesquels sont très en retrait de la limite nord de la banquise. Dans la région antarctique du Pacifique sud, l'étendue de la banquise a augmenté au cours des dernières décennies, au point que la population de Macquarie qui utilise cette région a été de plus en plus exclue des zones d'alimentation productives, ce qui expliquerait sa diminution sur le long terme. Autre exemple: les éléphants de mer de Kerguelen (population qui a diminué avant de se stabiliser) utilisent toute la région antarctique du sud de l'océan Indien, et ont eu un accès très variable aux eaux du plateau continental de l'Antarctique, dicté par l'étendue annuelle de la glace dans leur aire de répartition.

À l'inverse, la péninsule Antarctique a connu des diminutions marquées de l'étendue de la banquise, ce qui a facilité l'accès au plateau continental pour les éléphants de mer vivant en péninsule (population en augmentation) et en Géorgie du

Sud (population stable). Ainsi, un nombre croissant d'études suggère que les variations de superficie et de caractéristiques de la banquise affectent des espèces d'oiseaux et de mammifères marins se reproduisant à plusieurs milliers de kilomètres des pôles, celles-ci parcourant des distances spectaculaires pour s'alimenter.

LA FIN DES EMPEREURS

Toutes ces connaissances sont précieuses pour bâtir des modèles aptes à écrire des scénarios prévoyant l'avenir des populations ou des espèces. Ces scénarios s'appuient sur les projections climatiques du Giec, le Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat, pour les décennies futures. En Arctique, ces travaux de modélisation suggèrent une extinction très probable de la population de guillemots de Mandt de l'île de Cooper dans les vingt prochaines années. En Antarctique, ces scénarios effectués en collaboration avec Stéphanie Jenouvrier envisagent un déclin de l'ordre de 99% des populations du charismatique manchot empereur, *Aptenodytes forsteri*, avec l'extinction de la plupart des colonies, si le rythme de réchauffement actuel amenuise la banquise. En effet, le manchot empereur est doublement dépendant: de la banquise côtière sur laquelle il se reproduit, mais également de la glace de mer, au large, à laquelle sont rattachées ses proies principales qui sont la calandre antarctique, le calmar des glaces, *Psychroteuthis glacialis*, et le krill antarctique. En revanche, si les objectifs de l'accord de Paris limitant le réchauffement global au-dessous de 2 °C sont atteints, le

déclin sera moins sévère, et des refuges se maintiendront en mer de Ross et de Weddell. Plusieurs colonies de manchots empereurs ont d'ores et déjà fortement décliné, comme celles de la terre Adélie, de la terre de la Reine-Mary et de la terre de Mac-Robertson, et la population mondiale a diminué lors de la dernière décennie, une colonie s'étant déjà éteinte en péninsule Antarctique.

L'OURS, DU RÉGIME MER AU RÉGIME TERRE

Grâce aux études sur l'écologie des prédateurs polaires, un modèle conceptuel expliquant les liens entre banquise, comportement et dynamique des populations a pu être élaboré. Il se fonde sur l'hypothèse de l'existence de conditions optimales de banquise conditionnant les comportements de recherche de nourriture, la démographie et la dynamique des populations. Dans ce cadre, on l'a vu pour les manchots Adélie, les paramètres biologiques sont liés de manière non linéaire aux caractéristiques de la banquise. Autrement dit, lorsque les conditions sont proches de l'optimum, la taille de la population est maximale. Quand elles s'en éloignent, quelle que soit la direction, le nombre d'individus baisse. Le modèle prédit que cet optimum de banquise est spécifique à chaque espèce ou population selon son écologie, et que par conséquent certaines augmenteront tandis que d'autres diminueront, alors même qu'elles subissent les mêmes changements environnementaux. Ce modèle a récemment été testé avec succès grâce à des

données acquises sur plusieurs espèces d'oiseaux marins en Antarctique et en Arctique.

Néanmoins, les mécanismes par lesquels les changements de la banquise affectent les animaux polaires sont probablement plus complexes que cela, mettant en jeu de nouvelles interactions entre espèces. Cela est par exemple le cas en Arctique, où le déclin de la banquise a fortement réduit l'habitat du phoque annelé, *Pusa hispida*, la proie favorite de l'ours polaire, *Ursus maritimus*. Ce dernier, trouvant de moins en moins d'espace de banquise pour chasser les phoques, a modifié ses stratégies d'alimentation au cours des dernières décennies pour se reporter de plus en plus sur des ressources terrestres telles que des oiseaux marins comme l'eider à duvet, *Somateria mollissima*, ou le guillemot de Brünnich, *Uria lomvia*, voire dans certains cas des rennes, *Rangifer tarandus*.

Productivité, interactions entre espèces, flux génétiques, transmission des pathogènes et des maladies... l'ensemble des travaux conduits montre que la perte de banquise influe considérablement sur toutes les dimensions de la vie animale. Si de tels changements survenaient en Antarctique (et les prémices se font déjà sentir), les conséquences écologiques seraient malheureusement irréparables. Plus que jamais, oiseaux et mammifères marins sont les sentinelles des écosystèmes polaires. Estimer leurs capacités d'adaptation est un défi à relever d'urgence, d'autant plus que les humains exercent une pression croissante à mesure que la glace de mer disparaît.

— Les auteurs —

- > **Christophe Barbraud**
est directeur de recherche au CNRS et responsable du projet OrnithoEco.
- > **Yves Cherel**
est directeur de recherche au CNRS.
- > **Karine Delord**
est ingénieure de recherche au CNRS.

— À lire —

- > La plateforme pédagogique du programme Sensei (*Sentinels of the Sea Ice*):
<https://www.projetsensei.com/fr>
- > Le programme de recherche sur l'impact du changement climatique sur le guillemot à miroir en Alaska:
<https://cooperisland.org>
- > **S. Descamps et F. Ramirez**, Species and spatial variation in the effects of sea ice on Arctic seabird populations, *Diversity and Distribution*, 2021.