



La banquise antarctique sert d'habitat pour de nombreuses espèces animales qui s'y reposent et s'y reproduisent.

# Changement climatique

## Impacts sur les écosystèmes marins en Antarctique et Subantarctique

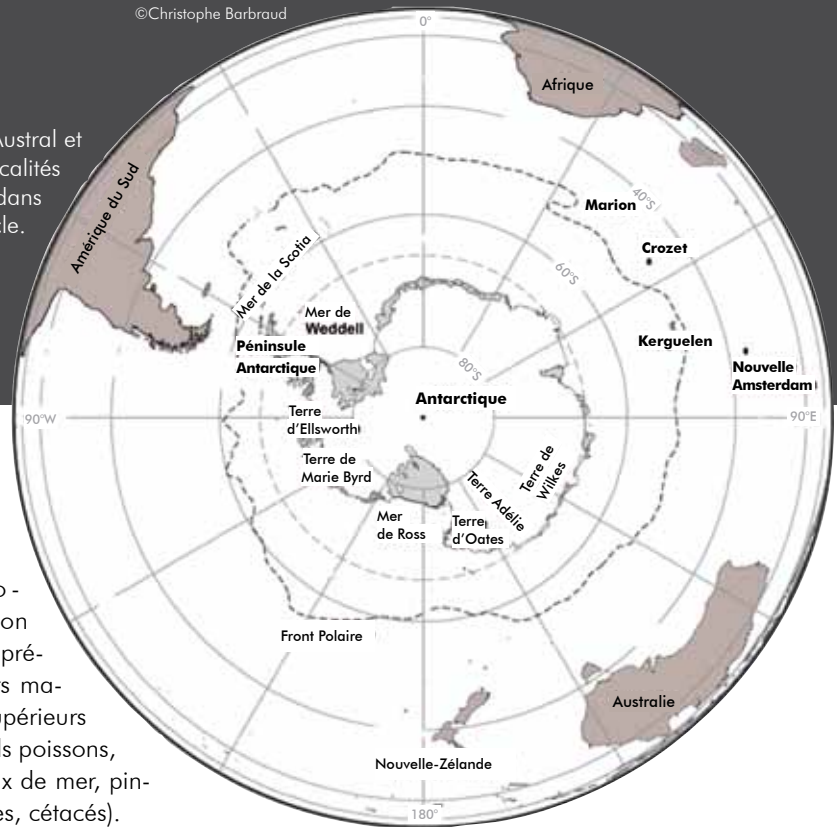
**Christophe BARBRAUD\***, **Charles-André BOST\***,  
**Yves CHEREL\***, **Karine DELORD\***, **Christophe GUINET\***,  
**Stéphanie JENOUVRIER\*\***, **Henri WEIMERSKIRCH\***

\*Centre d'études biologiques de Chizé, UMR 7372 CNRS, 79360 Villiers-en-Bois

\*\*Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543, Etats-Unis

Le vaste continent antarctique d'une superficie voisine de celle de l'Europe et de la péninsule Arabique réunies, est entouré d'un immense océan ininterrompu, l'océan Austral. Celui-ci englobe les eaux des océans Pacifique, Indien et Atlantique situées au sud du front océanique subtropical (environ 40° S). Très peu d'espèces ont pu coloniser et s'adapter au continent antarctique en raison de son isolement et de l'extrême rudesse climatique. C'est donc dans l'océan Austral et sur les îles qui le parsèment que l'on trouve la majeure partie de la biodiversité australe qui dépend directement ou indirectement du milieu marin. Cette biodiversité subit de plein fouet les changements climatiques en cours.

Carte de l'océan Austral et des principales localités mentionnées dans l'article.



Les écosystèmes de l'océan Austral sont structurés par la topographie sous-marine et par certaines caractéristiques océanographiques. Ainsi, du sud au nord, il est possible de distinguer le plateau continental antarctique, la zone de banquise permanente et saisonnière, et les fronts océaniques (front polaire, subantarctique et subtropical). Ces fronts correspondent à la rencontre de masses d'eaux d'origines différentes. Ils constituent de véritables « barrières » océanographiques, délimitant des régions biogéographiques avec des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques particulières. A cela s'ajoutent le courant circumpolaire antarctique, les tourbillons océaniques de la mer de Ross et de la mer de Weddell et les grands plateaux péri-insulaires (Kerguelen, arc de la mer de la Scotia et péninsule Antarctique). La banquise joue un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes de l'océan Austral : elle sert d'habitat pour de nombreuses espèces animales qui l'utilisent comme plate-forme de repos ou de reproduction et fournit des refuges et des ressources alimentaires. La banquise influence donc les cycles de reproduction, le comportement de recherche alimentaire, la démographie et la dynamique de population de nombreuses espèces.

A l'échelle annuelle, la dynamique des écosystèmes de l'océan Austral est fortement saisonnière : diminution de l'ensoleillement et de la température en hiver associée à une augmentation des vents d'ouest, extension de la banquise et diminution de la disponibilité en nutriments. Ces facteurs déterminent la productivité primaire (issue du **phytoplanton**) de l'océan Austral avec un pic d'abondance lors de l'été austral au niveau des plateaux océaniques, des côtes et des fronts, dont profitent la plupart des espèces pour se reproduire. Cette productivité permet le développement d'écosystèmes marins variés ainsi que d'une **biomasse** considérable, allant du

phytoplanton aux prédateurs marins supérieurs (grands poissons, oiseaux de mer, pinnipèdes, cétacés).

## Les changements climatiques en Antarctique et dans l'océan Austral

Souvent perçus comme des sanctuaires inviolés, l'Antarctique et l'océan Austral ont en fait connu des changements importants sur le plan physique depuis une cinquantaine d'années : modification de la circulation atmosphérique autour du continent antarctique, augmentation de la température de l'océan, déplacement vers le sud des fronts océaniques et modifications régionales de l'étendue de la banquise et de sa saisonnalité. Ces changements ont et continueront à avoir des répercussions importantes sur les écosystèmes marins antarctiques et leur fonctionnement. Cette synthèse se propose dans un premier temps de décrire les principaux changements climatiques en Antarctique et dans l'océan Austral. Nous verrons ensuite les effets de ces changements sur les êtres vivants, avec un regard plus approfondi sur les oiseaux et mammifères marins.

La circulation atmosphérique au niveau de l'océan Austral a changé depuis les années 1970 avec un déplacement vers le sud de la zone des vents d'ouest dominants et une augmentation de leur intensité entre 50° S et 65° S. Ces changements sont attribués à la formation du trou d'ozone (lié au re-

## Lexique

**Biomasse** : Masse totale de matière vivante rapportée à une unité de surface donnée.

**Phytoplanton** : Plancton végétal.

# CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ANTARCTIQUE

©Charles-André Bost



La base scientifique Alfred Faure sur l'archipel des Crozet.

jet de dérivés chlorés et bromés d'origine humaine dans l'atmosphère) au-dessus du continent antarctique. Ce changement de la circulation atmosphérique a de nombreuses conséquences. En péninsule Antarctique, les températures atmosphériques ont augmenté de 3,5° C depuis 1950, alors qu'elles sont restées stables sur le reste du continent. Ce réchauffement concerne également les îles subantarctiques telles que Kerguelen, Crozet, Amsterdam, ou Marion (entre +1° C et +1,4° C en cinquante ans). Un retrait de l'ensemble de la calotte glaciaire antarctique est aussi évident depuis 2000, bien qu'il soit moindre qu'en Arctique. Il est essentiellement dû à une augmentation du

volume d'eau douce qui se déverse chaque année dans l'océan Austral par les glaciers et la fonte de glace (péninsule Antarctique, Terre Ellsworth, de Marie Byrd, de Wilkes et d'Oates). Au niveau de l'océan Austral, un réchauffement d'environ 1,1° C des cents premiers mètres et un adoucissement des mille premiers mètres ont été mesurés au cours des soixante-dix dernières années. L'ensemble des structures frontales s'est déplacé en moyenne d'au moins 60 km vers le sud depuis 1992. Un changement majeur ayant de profondes conséquences pour les écosystèmes concerne la banquise. Des données historiques suggèrent une diminution de 20 à 30 % de l'étendue de la banquise entre 1950 et 1970 tout autour de l'Antarctique. Depuis, cette évolution s'est poursuivie à un rythme accru. Une diminution de 5 à 6 % par décennie est observée en péninsule Antarctique, avec une durée de présence raccourcie de trois jours par an. Cependant, tous les secteurs de l'Antarctique ne montrent pas la même tendance et la banquise a augmenté dans certaines régions. Ainsi, depuis le début des années 1980, les mesures satellitaires montrent une augmentation de la surface de banquise d'environ 5 % par décennie en mer de Ross (secteur Pacifique de l'Antarctique). La durée de présence de la banquise au cours de l'année augmente aussi de 2,4 jours par an en mer de Ross.

©Rémy Marion



Iceberg tabulaire et plaques tabulaires dans la mer de Weddell (océan Austral).

« L'augmentation de température de l'océan est susceptible de favoriser le phytoplancton et le zooplancton dans la zone sub-antarctique, mais la diminution de la banquise produit un effet inverse. »

## Les effets sur les écosystèmes

Même si en péninsule Antarctique la diminution de la banquise semble associée à une diminution de la productivité en phytoplancton, les effets des changements climatiques sur la base des **réseaux trophiques** de l'océan Austral restent très mal connus. En effet, les observations à long terme sont très rares et les mesures satellitaires ne datent que de la fin des années 1990. L'augmentation de température de l'océan est susceptible de favoriser le phytoplancton et le **zooplancton** dans la zone subantarctique, mais la diminution de la banquise produit un effet inverse, si bien qu'il est actuellement impossible de dégager des tendances sans observations à

long terme. Le krill antarctique, un des principaux herbivores de l'océan Austral, constitue la proie favorite de nombreuses espèces de prédateurs. Dans la mer de la Scotia, son abondance a diminué de 30 % depuis les années 1980, parallèlement à la diminution de l'étendue de la banquise. Cependant, là encore le manque d'observations à long terme empêche de savoir si cette diminution concerne l'ensemble de l'océan Austral. De plus, les effets combinés des changements de la banquise, de la température, du phytoplancton et des populations de baleines (grosses consommatrices de krill) rendent les pronostics difficiles. En effet, les populations de grands cétacés montrent pour certaines espèces des signes d'une lente remontée, résultant de l'arrêt de leur chasse massive qui avait entraîné un effondrement de leurs popu-

## Lexique

**Réseau trophique** : Ensemble des chaînes alimentaires qui sont propres à la totalité des êtres vivants d'un écosystème.

**Zooplancton** : Plancton animal.

©Rémy Marion



Les cétacés sont de gros consommateurs de krill qui a diminué de 30 % en Atlantique Sud. Ici une baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) dans l'océan Austral.

©Nicolas Gasco



Albatros hurleurs (*Diomedea exulans*), albatros à sourcils noirs (*Thalassarche melanophris*), albatros à tête grise (*Thalassarche chrysostoma*), pétrels de Hal (*Macronectes halli*) et puffins à mention blanc (*Procellaria aequinoctialis*) sont des prédateurs supérieurs de l'océan Austral sensibles aux changements climatiques et aux prises accidentelles dans les pêcheries industrielles.

Le navire *Marion Dufresne II*, en plus de sa fonction scientifique, assure la desserte des îles australes françaises en personnels et ravitaillements à partir du port de La Réunion.

lations frôlant l'extinction. De même, il existe un manque d'observations à long terme et de connaissances sur l'écologie de nombreuses espèces de poissons et de céphalopodes, qui jouent pourtant un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes marins de l'océan Austral. Ces lacunes limitent notre compréhension de la dynamique des chaînes alimentaires sous l'effet des changements climatiques en cours. En fin de compte, les espèces les mieux étudiées et les mieux suivies dans l'océan Austral sont les oiseaux et les mammifères marins. Du fait de l'importance de leurs populations (plusieurs dizaines de millions de couples), ces prédateurs jouent un rôle majeur dans les chaînes alimentaires.

## Impact sur l'écologie en mer des prédateurs

Les changements climatiques ont déjà affecté la distribution en mer de plusieurs espèces d'oiseaux marins. Ce constat résulte d'observations menées depuis plus de trente ans par les scientifiques à bord des navires reliant plusieurs fois par an les bases scientifiques des îles de l'océan Austral. Dans l'océan Indien, les espèces subtropicales ont été les plus affectées, en distribution et en abondance. Ainsi l'aire de distribution de certains pétrels et albatros s'est déplacée de plus d'une centaine de kilomètres vers le sud avec le réchauffement des eaux subtropicales. Les déplacements des individus de plusieurs espèces (albatros, manchots) sont également suivis à l'aide d'appareils miniaturisés (balises Argos, GPS) depuis parfois plus de vingt ans. Grâce à ces précieux suivis à long terme (tout particulièrement dans les Terres australes et antarctiques françaises), nous savons que les changements climatiques récents ont eu des effets contrastés sur les oiseaux marins. Le suivi par balises Argos des manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*) des îles Crozet depuis 1992 a montré leur stricte dépendance vis-à-vis du front polaire. Cette barrière hydrologique correspond à la limite nord de l'influence des eaux antarctiques où leurs proies (poissons lanternes) sont plus accessibles. Lorsque les eaux se réchauffent, le front polaire s'éloigne vers le sud et les manchots sont alors obligés d'aller si loin de leur colonie (plus de 700 km)

©Charles-André Bost



## Les sentinelles des changements climatiques

©Christophe Barbraud

Les oiseaux et mammifères marins sont des espèces longévives et parcourent des milliers de kilomètres à la recherche de leur nourriture. Si les albatros et pétrels survolent en planant les immensités océaniques, les prédateurs plongeurs (manchots, phoques, baleines à bec) traquent leurs proies dans les trois dimensions de l'océan Austral. De ce fait, les différents prédateurs supérieurs subissent les conséquences des changements climatiques aux niveaux trophiques inférieurs des écosystèmes marins, qui sont, comme nous venons de le voir, souvent difficiles à étudier sur le long terme. Obligés de revenir à terre (îles sub-antarctiques, bordure du continent antarctique) pour se reproduire ou muer, les oiseaux et mammifères marins constituent les maillons des chaînes alimentaires les plus accessibles de l'océan pour les scientifiques. Leur étude est donc relativement facile et permet actuellement d'évaluer l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes de l'Antarctique et de l'océan Austral.



Le pétrel des neiges (*Pagodroma nivea*) est particulièrement sensible aux changements d'étendue et de saisonnalité de la banquise.

qu'ils ne peuvent revenir nourrir leur poussin à temps. La reproduction échoue alors massivement, occasionnant ultérieurement une diminution des populations. Dans le futur, les modèles climatiques basés sur les prévisions les plus réalistes du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) concluent à un déplacement du front vers le sud d'environ 30 km par décennie. Dans ces conditions, la distance séparant le front polaire des colonies des îles Crozet risque de doubler d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle et les zones d'alimentation traditionnelles deviendront inaccessibles aux manchots royaux. Des loca-

lités « clés » pour ce prédateur (les îles Crozet hébergent près des deux tiers de la population mondiale) seraient ainsi désertées à la fin de ce siècle. D'autres localités plus au sud (îles Kerguelen) seraient cependant moins affectées.

A l'inverse, le suivi par balises Argos des albatros hurleurs (*Diomedea exulans*) des îles Crozet depuis 1990 a révélé que ces oiseaux vont maintenant se nourrir plus au sud de l'océan Austral en réponse à un déplacement méridional et à une intensification des vents d'ouest. Ces changements ont été accompagnés d'une augmentation de la vitesse de vol

©Charles-André Bost



### Lexique

**Longévive** : Qui a une durée de vie longue.

**Manchot royal**  
équipé d'une balise Argos permettant de suivre ses déplacements en mer.  
La dynamique de cette espèce est influencée par le réchauffement de l'océan Austral et l'éloignement du front polaire où elle trouve ses proies.

# CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ANTARCTIQUE

©Charles-André Bost



Les populations d'otaries à fourrure antarctique (*Arctocephalus gazella*) ont fortement augmenté suite à l'arrêt de leur chasse à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, mais sont maintenant affectées par le réchauffement de l'océan Austral.

et d'une diminution de la durée des trajets en mer. La masse corporelle des oiseaux a également augmenté d'un kilogramme en moyenne, augmentation qui se répercute sur leur succès reproducteur. Cependant, ces conséquences inattendues des changements climatiques, bien que positives pour les albatros hurlleurs, pourraient ne pas se maintenir sur le long terme si les changements de régime des vents se poursuivent selon les scénarios du GIEC : comme pour les manchots royaux, les zones d'alimentation favorables pour les albatros pourraient à terme se trouver trop loin de leurs sites de nidification.

## Impact sur la démographie et les communautés de prédateurs marins

Les changements climatiques, en modifiant les habitats de reproduction ou d'alimentation des prédateurs marins ainsi que leurs ressources alimentaires, peuvent avoir des effets sur les paramètres démographiques et la dynamique de leurs populations. De nombreuses espèces semblent être négativement affectées par le réchauffement de l'océan Austral et par la diminution de la banquise, conséquences du changement climatique. Cependant, la réponse peut être différente d'une espèce à l'autre et même d'une population à l'autre au sein d'une même espèce compte tenu des différences régionales du changement climatique et des exigences écologiques des espèces. Par exemple, les populations de manchot d'Adélie (*Pygoscelis adeliae*) de la péninsule Antarctique, qui a connu un réchauffement de 5 à 6° C au cours des trente dernières années, ont décliné de plus de 60 % sur la même période à cause de la diminution de la banquise. A l'inverse, les populations de manchots d'Adélie de la mer de Ross et d'autres régions de l'Antarctique ont augmenté de 54 % en trente ans. En effet, dans cette région la diminution de l'étendue de la banquise a permis l'ouverture de nouvelles zones de mer libre devenues ainsi accessibles aux manchots qui ne se déplacent qu'à la nage.

Lorsque ces changements démographiques concernent plusieurs espèces, cela se traduit par des modifications de l'abondance relative des espèces et donc des communautés. C'est par exemple le cas en péninsule Antarctique où l'abondance des manchots

d'Adélie et des manchots à jugulaire (*Pygoscelis antarctica*) a fortement diminuée alors que celle des manchots papous (*Pygoscelis papua*) a augmenté de 98 % en 30 ans, ces derniers étant avantagés par la diminution de la banquise. Dans la même région on observe un phénomène semblable chez les pinnipèdes, avec une diminution de l'abondance des phoques de Weddell (*Lep-tonychotes weddellii*), fortement dépendants de la banquise, et une augmentation des populations d'otarie à fourrure antarctique (*Arctocephalus gazella*) et des éléphants de mer du Sud (*Mirounga leonina*). Les diminutions de populations dues aux changements climatiques peuvent dans des cas extrêmes conduire à l'extinction locale de certaines colonies, comme cela a été observé chez le manchot empereur (*Aptenodytes forsteri*) et le manchot d'Adélie en péninsule Antarctique. Enfin, la modification des saisons avec une apparition plus précoce de la banquise et une débâcle plus tardive semble avoir occasionné un retard des dates d'arrivées et des dates de ponte de plus d'une semaine en cinquante ans chez les espèces d'oiseaux de Terre Adélie.

## Leçons du passé et scénarios pour le futur

Les changements climatiques actuels sont en train d'affecter profondément la dynamique des chaînes alimentaires de l'océan Austral et notamment les populations de prédateurs marins. Les données **paléoclimatiques** démontrent que des changements physiques importants ont déjà affecté la banquise antarctique

©Charles-André Bost



Les observations d'éléphants de mer du Sud (*Mirounga leonina*) semblent augmenter en péninsule Antarctique qui pourrait devenir un environnement favorable pour la reproduction de cette espèce.



au cours des derniers millénaires. Grâce à une étude de la succession des faunes ayant vécu dans les îles australes sur plus de vingt mille ans, les chercheurs ont montré que les colonies de manchot d'Adélie, espèce très dépendante de la banquise, ont fluctué en étroite corrélation avec l'étendue de la banquise. A l'apogée de la dernière glaciation, les manchots d'Adélie étaient quasi absents de l'Antarctique du fait de l'énorme calotte glaciaire environnante. Si de telles espèces ont réussi à survivre par émigration/colonisation de secteurs encore favorables, rien ne permet d'affirmer qu'il en sera de même dans le futur. En effet, les changements physiques s'effectuent actuellement à une vitesse inégale et nous ignorons si les espèces seront en capacité de s'adapter rapidement par plasticité dite « **phénotypique** » ou si des régions encore favorables seront susceptibles de servir de refuge et pourront être colonisées par émigration. Ainsi, selon les scénarios du GIEC, il est probable que la population mondiale de manchots empereurs aura diminué d'environ 20 % d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle avec deux tiers des 45 colonies existantes subissant une diminution de plus de 50 %. La mise en place rapide d'adaptations morphologiques, physiologiques et comportementales au travers de mécanismes évolutifs sera déterminante pour toutes les espèces concernées de l'océan Austral. Chez l'otarie à fourrure de l'île Amsterdam, il a été constaté une augmentation de la taille des femelles reproductrices au cours des dernières décennies, les femelles les plus grandes ayant des capacités de nage plus importantes mais aussi plus de descendants que celles de petite taille. Il

en va de même pour les femelles d'otaries à fourrure antarctiques chez lesquelles les individus au patrimoine génétique le moins diversifié sont éliminés de la population, puisqu'ils sont plus défavorisés par des conditions environnementales devenant de plus en plus adverses. De même, une augmentation de la taille corporelle pourrait permettre à certains manchots de nager plus vite, de plonger plus profondément et plus longtemps. Une autre adaptation serait un changement dans la **phénologie** de la reproduction, pour faire coïncider la période la plus demandeuse en énergie avec celle où les proies sont les plus présentes. Cependant, l'hypothèse la plus réaliste serait une désertion des localités les plus nordiques de l'océan Austral par extinction locale des populations et une restriction de l'aire de répartition dans les eaux plus froides du sud.

Si les changements climatiques à venir auront clairement un fort impact sur la distribution et la dynamique des populations, d'autres menaces planent sur les oiseaux et mammifères marins (prédateurs introduits, maladies émergentes). Longtemps à l'écart des activités humaines grâce à leur isolement, les écosystèmes des contrées antarctiques et subantarctiques se trouvent confrontés à un faisceau de pressions sélectives, nouvelles et très fortes, ceci dans un laps de temps très court. L'avenir dira si les capacités d'adaptation parfois exceptionnelles de ces espèces à ces rudes contrées leur permettront de faire face à ces nouveaux défis.

**C. B., C.-A. B., Y. C., K. D., C. G.,  
S. J. & H. W.**

La population de manchots empereurs (*Aptenodytes forsteri*) de Terre Adélie a diminué de 50 % dans les années 1970, suite à une diminution importante de la banquise, et pourrait diminuer de plus de 80 % d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle si le retrait de la banquise se poursuit.

## Lexique

**Paléoclimatique** : Concerne un climat ancien.

**Phénologie** : Influence du temps et des conditions écologiques, entre autres climatiques, sur la succession des diverses phases du cycle vital d'une espèce.

**Phénotypique** : De phénotype, c'est-à-dire qui désigne les caractéristiques morphologiques, anatomiques et physiologiques d'un organisme donné qui sont l'expression observable de son patrimoine génétique.