

ainsi que les enregistrements météorologiques antérieurs aux données satellitaires ont permis de préciser que la chute de l'étendue de la glace de mer antarctique avait eu lieu, au moins dans le secteur de la terre Adélie, dans les années 1970 et non pas dans les années 1960 comme on le pensait auparavant. De plus cette diminution de la glace de mer est vraisemblablement liée à un brusque réchauffement général de l'océan Indien dans les années 1970. Ce réchauffement, mesuré par les températures enregistrées dans les stations météorologiques, a été confirmé par la diminution brutale d'un grand nombre de populations d'oiseaux de mer et de pinnipèdes.

Le rôle de la glace de mer

Toutefois, cette diminution de l'étendue de la glace de mer antarctique n'a pas eu que des effets négatifs sur les populations animales : d'une part, la glace ayant fondu, certaines côtes du continent antarctique ont été libérées et les nouveaux sites disponibles ont été colonisés par des oiseaux marins pour la reproduction ; d'autre part, contrairement au manchot empereur, certaines espèces, tel le manchot Adélie, pourraient profiter de la diminution de l'extension de la glace de mer. Les effectifs du manchot Adélie augmentent depuis le début des années 1980, sans doute parce que la surface de la glace de mer disloquée, sa zone d'alimentation, a augmenté.

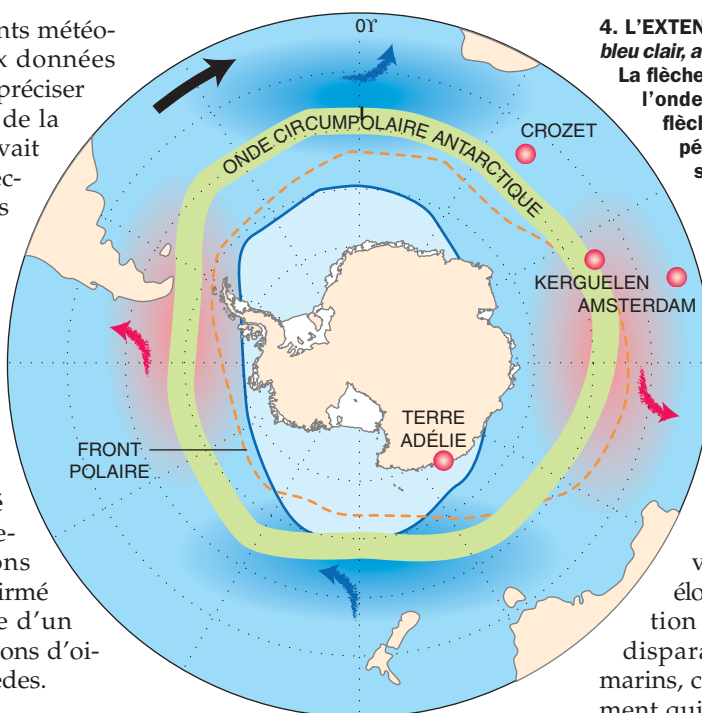
De telles périodes d'extension du manchot Adélie lors d'épisodes de réchauffement avaient été mises en évidence par l'étude d'anciens sites de reproduction. Ainsi, l'analyse des ossements d'oiseaux marins déposés entre le Pléistocène (il y a quelque quatre millions d'années) et aujourd'hui, sur l'île de l'Ascension dans l'océan Atlantique Sud, indique qu'au maximum des glaciations, la température de l'océan était notablement inférieure autour de cette île. La faune aviaire était alors composée soit d'espèces aujourd'hui éteintes, soit d'espèces subantarctiques, tel le puffin fuligineux, qui se reproduisent aujourd'hui à des milliers de kilomètres plus au Sud. Aujourd'hui, seules nichent à Ascension des espèces

tropicales comme les frégates. De surcroît, il y a 6 000 ans, l'Antarctique a connu une période nommée «penguin optimum». Puis, lors d'une période de refroidissement climatique qui eut lieu il y a entre 2 000 et 3 000 ans, la population de manchots a diminué.

Ces exemples montrent que les communautés de prédateurs évoluent en fonction des modifications à court et à long terme du climat et de l'environnement marin. Outre les variations cycliques liées à des phénomènes tels que l'onde circumpolaire antarctique, les effectifs des populations présentent des tendances à long terme : augmentation, stabilité ou diminution (et éventuellement extinction) de certaines populations ou espèces. L'analyse de l'évolution des paramètres physiques de l'océan Austral et des paramètres démographiques des communautés de ces prédateurs autorise des prévisions quant à l'abondance future de ces populations face aux changements climatiques.

On observe aussi un changement de l'aire de répartition des différentes espèces. De tels changements ont déjà été constatés pour certaines espèces d'oiseaux en Europe. Toutefois, les changements climatiques actuels semblent plus rapides que les changements climatiques antérieurs, et les capacités des espèces d'oiseaux et de mammifères marins à coloniser de nouveaux sites sont peut-être limitées : ces espèces, dont les sites de reproduction sont rares, ont

4. L'EXTENSION DE LA GLACE DE MER (en bleu clair, au centre) change selon les années. La flèche noire indique le déplacement de l'onde circumpolaire antarctique, les flèches bleues représentent les températures anormalement froides à la surface de la mer et les flèches rouges les températures anormalement chaudes. Les zones d'anomalies chaudes sont associées à une diminution de l'étendue de la glace de mer et les anomalies froides, à une extension. L'onde met huit à neuf ans pour faire le tour de l'Antarctique et les anomalies chaudes et froides alternent tous les quatre à cinq ans.



peu tendance à se disperser. Or la colonisation de nouveaux habitats favorables, mais éloignés, est parfois l'unique solution pour que la population ne disparaisse pas. Chez les oiseaux marins, ce sont les jeunes essentiellement qui se dispersent. Nous avons montré, par exemple, que chez une population dont les effectifs ont été réduits, les jeunes ont davantage tendance à coloniser de nouveaux horizons.

Grâce aux études à long terme d'oiseaux et de mammifères marins, on peut simuler les conséquences d'un changement chronique des conditions environnementales sur les prédateurs supérieurs. Ces informations reflètent des changements des ressources marines exploitées par ces prédateurs. Ce type d'approche interdisciplinaire est novateur dans la mesure où il met en relation des équipes d'océanographes, de biologistes marins et d'écologistes qui confrontent des séries de données environnementales, physiques et biologiques aux séries démographiques provenant des suivis à long terme des populations de prédateurs marins supérieurs.

Les auteurs appartiennent au Laboratoire d'écologie du CNRS, à Chizé.

C. Barbraud et H. Weimerskirch, *Emperor penguins and climate change*, in *Nature*, vol. 411, pp. 183-186, 2001.

H. Weimerskirch et R.P. Wilson, *Oceanic respite for wandering albatrosses*, in *Nature*, vol. 406, pp. 955-956, 2000.

C. GUINET et al., *Spatial distribution of the foraging activity of Antarctic fur seal (Arctocephalus gazella) females in relation to oceanographic factors : a scale-dependant approach using geographic information systems*, in *Marine Ecology Progress Series*, sous presse.

Les manchots, auxiliaires des océanographes

J. B. CHARRASSIN • Y. LE MAHO • G. DUHAMEL • Y. H. PARK • C. A. BOST

En équipant les prédateurs marins, tels les manchots, de capteurs de plus en plus miniaturisés et précis, on suit l'évolution de certaines ressources océaniques et celle des températures, qui reflètent la variabilité du climat.

Les marins observent les oiseaux en mer pour deviner la localisation et l'abondance des bancs de poissons qu'ils recherchent. Aujourd'hui, on étudie le comportement des prédateurs de l'océan Austral pour évaluer les conséquences de la variabilité climatique sur les richesses naturelles de cet océan.

L'océan Austral, le plus vaste des océans du globe, est l'un des derniers grands écosystèmes encore relativement peu perturbés par l'homme. Il abrite des biomasses animales très importantes malgré un développement récent des pêcheries et une surexploitation passée de certaines ressources, telles les baleines et les otaries à fourrure. Les petits crustacés, les tuniciers (des animaux marins primitifs), les calmars et les poissons du grand large consti-

tuent l'essentiel des stocks. La production annuelle de krill, petit crustacé, oscillerait entre 300 et 700 millions de tonnes. Une autre grande partie de ces ressources est constituée des «poissons lanternes», dont la biomasse est estimée à 200 millions de tonnes.

Ces ressources se répartissent en bandes concentriques autour du continent Antarctique, les masses d'eau circulant d'Ouest en Est. Cette répartition tient aussi aux propriétés physico-chimiques des eaux australes : elles subissent des variations interannuelles notables liées à des phénomènes climatiques. L'onde circumpolaire antarctique est l'une des manifestations de cette variabilité. Cette anomalie cyclique, probablement consécutive aux épisodes El Niño, fait le tour de l'Antarctique en huit ans, en entraînant dans son cortège

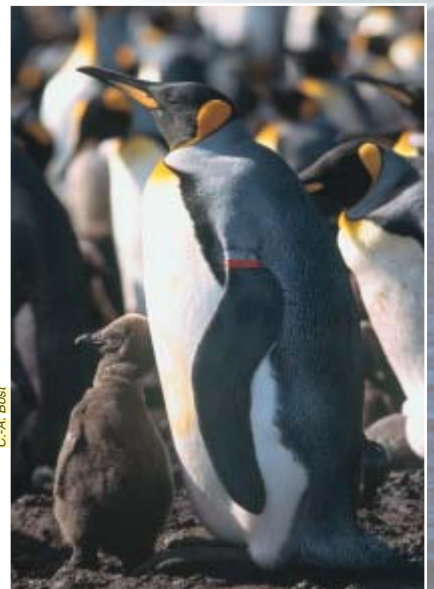
des fluctuations des températures de surface et de l'étendue des glaces. Ces phénomènes ont un impact notable sur les écosystèmes de l'océan Austral. Cependant, on ignore les conséquences du réchauffement à moyen terme sur les ressources de cet océan et, pour étudier cet impact, il nous faut suivre à long terme divers paramètres hydrographiques, notamment la température des eaux, et estimer la disponibilité des ressources marines. Les mesures physiques peuvent être menées en routine depuis des stations fixes ou par des satellites, mais comment pouvons-nous suivre les ressources ? Cette question est ardue en raison de la répartition hétérogène de ces ressources, de l'immensité de l'océan, du coût des campagnes en mer et des difficultés logistiques liées à la rigueur du climat.



T. Zorn



C.-A. Bost



1. DES MANCHOTS ROYAUX sont capturés (à gauche) pour servir de bio-indicateurs des ressources de l'océan Austral. On place dans leur estomac une sonde de température (au centre) qui reflète l'activité de recherche alimentaire. On les équipe aussi de systèmes d'acquisition de données (par exemple la profondeur de la plongée ou la vitesse de nage) ou d'une balise de repérage. Sur la page de droite, le mont Ross, vu de la mer. La forme lenticulaire des nuages est caractéristique de ces îles qui entravent peu la circulation atmosphérique.

Or, les prédateurs marins, oiseaux et pinnipèdes notamment, dépendent totalement des ressources de l'océan, même s'ils reviennent à terre pour se reproduire. Ils se déplacent sur de grandes distances, ils ont un large spectre alimentaire. Au sommet des réseaux alimentaires, ils intègrent les modifications potentielles des composantes physiques et biologiques de l'environnement marin : ils sont de plus en plus considérés comme de précieux bio-indicateurs des ressources de l'océan Austral.

De par l'importance de leurs populations, ils jouent par ailleurs un rôle considérable dans les réseaux trophiques de l'océan Austral. Ainsi, l'ensemble des colonies d'oiseaux totalise quelque 190 millions d'individus reproducteurs, soit une biomasse aviaire dépassant 300 000 tonnes. Près des deux tiers de cette biomasse sont répartis le long des côtes et des îles antarctiques. On estime que les oiseaux marins de l'océan Austral consomment chaque année 56 millions de tonnes de ressources, soit 34 millions de tonnes de crustacés, 14 millions de tonnes de céphalopodes (des mollusques) et 8 millions de tonnes de poissons. Quant aux mammifères marins, on évalue à plus de 15 millions le nombre des pinnipèdes (otaries et phoques) et on estime leur consumma-

tion annuelle à plus de 70 millions de tonnes d'organismes vivants.

Ainsi oiseaux et mammifères marins consomment bien davantage que les 85 millions de tonnes capturées chaque année par toutes les pêcheries du Globe. Toutefois, les ressources marines exploitées par l'homme se trouvent à des niveaux de la chaîne alimentaire supérieurs à ceux de la plupart des organismes exploités par les oiseaux et par les mammifères de cette région du monde.

Le choix des manchots

Les manchots semblent d'excellents bio-indicateurs des ressources de l'océan Austral. Les quatre espèces qui se reproduisent dans la zone antarctique – le manchot à jugulaire, le manchot Adélie, le manchot papou et le manchot empereur – constituent 66 pour cent des effectifs et 98 pour cent de la biomasse aviaire. En zone subantarctique, les manchots (gorfous macaroni, sauteurs, royaux et papous) ne l'emportent plus en nombre sur les autres oiseaux marins, mais ils constituent encore 80 pour cent de la biomasse d'oiseaux. Ainsi, l'ensemble des populations de manchots consomme chaque année environ 18 millions de tonnes de proies. Un seul couple de manchots Adélie doit four-

nir à chacun de ses deux poussins près de 40 kilogrammes de nourriture. De surcroît, les manchots sont plus faciles à capturer que les autres prédateurs marins. Enfin, ils sont remarquablement adaptés au vol sous-marin et à la plongée, en dépit de leur inaptitude au vol aérien. Ainsi le manchot empereur est capable d'atteindre des profondeurs dépassant 500 mètres et de rester sous l'eau 20 minutes en apnée.

Il y a une quinzaine d'années, on ignorait encore presque tout de l'alimentation en haute mer de ces prédateurs. Puis, les progrès liés au développement de la micro-électronique et de la micro-informatique nous ont permis de découvrir les détails de leur mode d'exploitation du milieu marin : des capteurs et des enregistreurs mesurent l'activité en plongée, les vitesses et les accélérations, les prises alimentaires, et les balises Argos fournissant la localisation en mer. Avec le soutien financier et logistique de l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires, nous avons étudié en détail les interactions du manchot royal et des poissons pélagiques des îles Crozet et Kerguelen, dans le Sud de l'océan Indien.

Ce prédateur se nourrit exclusivement des abondants poissons lanternes (myctophidés), qui ne sont pas encore exploités massivement par l'homme.

