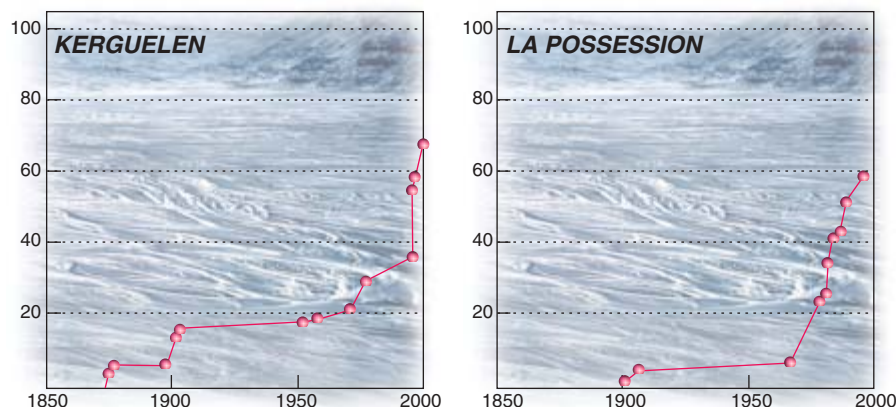
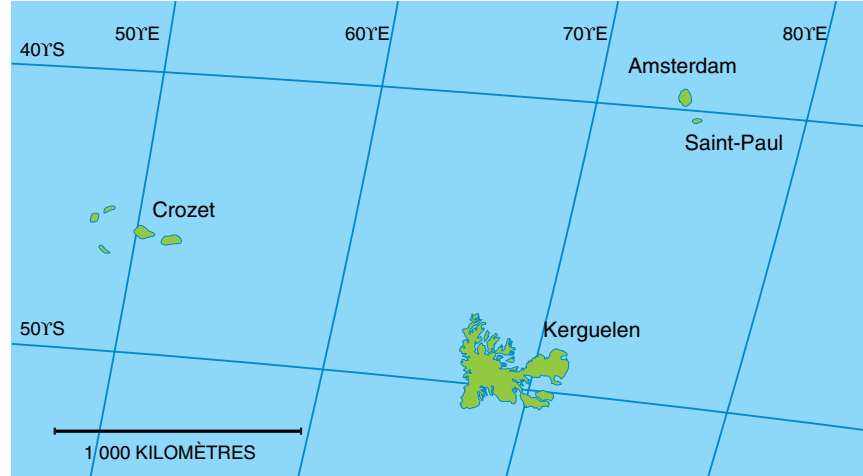


Près de 15 000 touristes visitent chaque année les régions polaires Sud, principalement la péninsule antarctique, mais le tourisme se développe également dans les îles subantarctiques : par exemple, en 1989, la station baleinière de Grytviken, en Géorgie du Sud, accueillait quatre navires touristiques, représentant 500 passagers ; en 1999, ce sont 26 bateaux, avec à leur bord 2 500 touristes, qui ont visité la station. Dans les îles subantarctiques françaises, le tourisme représente une douzaine de passagers présents à bord du *Marion-Dufresne* lors des quatre rotations logistiques qu'il effectue chaque année. Toutefois, si cette activité se développe à l'avenir, elle constituerait une nouvelle menace pour ces milieux fragiles : davantage d'espèces risquent d'être introduites en raison de l'augmentation de la fréquence des navires, les sols risquent d'être dégradés par les randonneurs, les colonies de reproduction d'oiseaux d'être dérangées. Il est indispensable que ce développement touristique soit accompagné de mesures strictes d'encadrement et d'aménagements spécifiques des bases et des sites visités pour concilier accueil des touristes et protection de l'environnement.

Nous commençons aujourd'hui à entrevoir les grandes tendances de l'évolution actuelle de la biodiversité subantarctique. Nos résultats mettent en évidence l'absolue nécessité de disposer d'observations sur le long terme pour pouvoir surveiller l'évolution de cette biodiversité et, notamment, l'introduction de nouvelles espèces ou la raréfaction d'espèces autochtones, d'évaluer les conséquences de l'évolution des communautés sur le fonctionnement de ces écosystèmes fragiles et d'apporter aux gestionnaires les informations nécessaires à la mise en place de mesures garantissant la conservation de ces milieux exceptionnels. Le statut de zone atelier récemment octroyé par le CNRS et le soutien apporté par l'Institut polaire à ces recherches devraient nous permettre d'atteindre ces objectifs.

Dans ce contexte fragile toute modification du climat global risque d'avoir des conséquences notables qui s'ajoutent aux menaces déjà mentionnées. Peut-on avoir une idée de la modification du climat dans cette région du monde? Nous manquons de recul pour pouvoir affirmer que les



4. L'INTRODUCTION DE NOUVELLES ESPÈCES DE PLANTES a coïncidé avec la fréquentation des îles subantarctiques par l'homme. Les phoquières du XIX^e siècle ont introduit peu d'espèces, mais l'établissement de bases permanentes en 1951, à Kerguelen, et en 1964, sur l'île de la Possession, à Crozet, a eu pour conséquence un accroissement spectaculaire des espèces étrangères. Cette tendance se poursuit aujourd'hui, parce que les navires y sont de plus en plus nombreux.

changements, observés depuis le milieu des années 1970 à Kerguelen, relèvent d'une évolution plus globale du climat. La station météorologique de Port-aux-Français ne date que d'une cinquantaine d'années, mais nous disposons de sources antérieures d'informations. Ainsi, les récits des phoquières, au XIX^e siècle, décrivent un climat apparemment plus rigoureux qu'aujourd'hui, avec de fortes précipitations de neige durant plusieurs mois par an. De surcroît, l'étude des moraines frontales des glaciers de Kerguelen a mis en évidence des oscillations glaciaires (des avancées ou des

reculs du front des glaciers) de faible ampleur depuis la fin du XVII^e siècle, période correspondant au Petit Âge glaciaire dans l'hémisphère Nord. En revanche, à partir de 1975, on note une accélération du retrait des glaces : le front du glacier Ampère, par exemple, a reculé de plus de quatre kilomètres depuis 1974. La calotte glaciaire Cook elle-même a perdu plus de 100 mètres d'épaisseur en certains endroits de sa périphérie. La rapidité et l'ampleur de ces phénomènes attestent de l'importance des changements climatiques actuels dans cette région du monde.

Les auteurs sont membres de l'Unité Mixte de Recherche «Ecobio» du CNRS et de l'Université de Rennes. Yves FRENOT et Marc LEBOUVIER travaillent à la Station biologique de Paimpont, et Jean-Louis CHAPUIS au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.

Y. FRENOT et al., *Datation de quelques sédiments tourbeux holocènes et oscillations glaciaires aux Îles Kerguelen*, in *C. R. Acad. Sci. Paris*, vol. 320, pp. 567-573, 1997.

J.-L. CHAPUIS et al., *Growth and repro-*

duction of the endemic Cruciferous species Pringlea antiscorbutica in Kerguelen Islands, in *Polar Biol.*, vol. 23, pp. 196-204, 2000.

Y. FRENOT et al., *Human activities, ecosystem disturbances and plant invasions in subantarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands*, in *Biological Conservation*, vol. 101, pp. 33-50, 2001.

J.-L. CHAPUIS et al., *Eradication of the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) by poisoning, on three islands of the subantarctic archipelago of Kerguelen*. *Wildl. Res.*, sous presse.

Prédateurs marins et changements climatiques

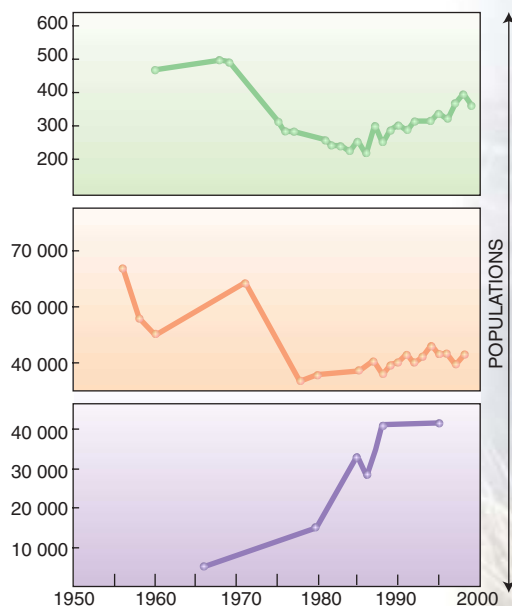
H. WEIMERSKIRCH • C. BARBRAUD • C. GUINET • O. CHASTEL • Y. CHEREL

Le suivi à long terme de la démographie des populations d'oiseaux et de mammifères marins, couplé à l'étude de leur écologie alimentaire fournissent de précieuses informations sur la variabilité de leur environnement et sur les changements climatiques globaux qui touchent l'océan Austral.

Entre les quarantièmes rugissants et les cinquantièmes hurlants, les oiseaux marins, tels les albatros et les pétrels abondent, même à des milliers de kilomètres des côtes les plus proches. Plus près du continent, la densité et la diversité des espèces augmentent et apparaissent les manchots et d'autres groupes, tels les pinnipèdes. Puis, à proximité immédiate des îles se multiplient colonies d'oiseaux et de mammifères marins que l'on peut approcher et étudier sans difficultés. Bien qu'ils viennent à terre pour se reproduire, ces animaux dépendent des res-

sources marines. La communauté des oiseaux et des mammifères marins de l'océan Austral est probablement la plus importante au monde et se nourrit de crustacés (notamment du krill antarctique, *Euphausia superba*), de poissons et de calmars. Contrairement aux autres composantes de l'écosystème, exclusivement marines, les oiseaux et les pinnipèdes sont facilement accessibles à terre pendant la reproduction, ce qui permet d'étudier leur démographie (en suivant des animaux marqués) ou leur comportement alimentaire en mer, grâce aux techniques de télémétrie.

Les travaux réalisés depuis 12 ans dans le Laboratoire d'écologie de Chizé sur le régime alimentaire et sur les déplacements en mer associés à l'activité de pêche des oiseaux marins et des pinnipèdes permettent aujourd'hui de définir les secteurs de l'océan d'où ces prédateurs tirent leurs ressources marines. De telles informations sont maintenant disponibles pour plusieurs espèces d'oiseaux et de pinnipèdes marins, telles que les albatros, les manchots et les otaries. Elles montrent que la plupart des espèces ne prospectent pas l'océan Austral au hasard,



1. LE SUIVI DES POPULATIONS d'albatros (en haut) et d'éléphants de mer (au milieu) montre que vers 1970 plusieurs populations se sont effondrées. Au contraire, depuis 1950, les effectifs de manchots royaux (en bas) se sont reconstitués.

mais qu'elles concentrent leur activité de pêche dans des secteurs océanographiques à forte productivité, souvent utilisés par les pêcheries, et identifiés à partir de leurs caractéristiques physiques, telles que la température de surface de l'océan, la concentration en chlorophylle, les courants marins et la profondeur. Les prédateurs marins sont aussi utilisés comme bio-indicateurs de la répartition des ressources marines et de leur évolution dans le temps et dans l'espace. Certains prédateurs concentrent leurs activités de pêche dans des secteurs particuliers, tels que le front polaire pour les manchots royaux ou le plateau péri-insulaire pour les albatros à sourcils noirs. Au contraire, d'autres espèces prospectent des surfaces considérables ; ainsi, les grands albatros des îles Crozet exploitent un secteur océanique de près de dix millions de kilomètres carrés, des eaux antarctiques au Sud jusqu'aux eaux subtropicales au Nord.

La mobilité de ces prédateurs est telle que des espèces peuvent cohabiter sur un même site, mais exploiter des environnements marins très éloignés. Chaque prédateur est ainsi caractéristique d'un environnement océanographique particulier, où il se nourrit.

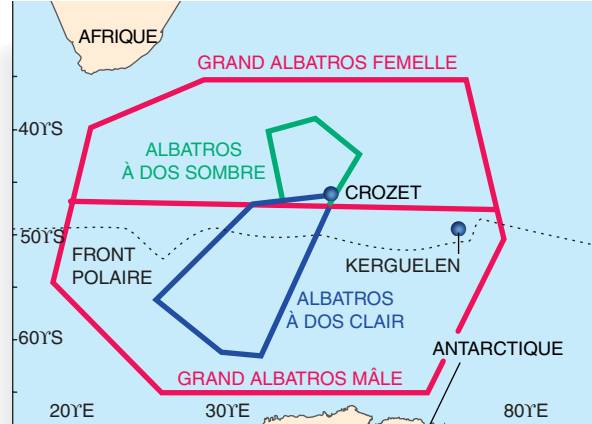
Les populations d'oiseaux et de mammifères marins des îles australes sont suivies à travers un réseau de sites antarctiques et subantarctiques par

plusieurs pays, notamment par la Grande-Bretagne, l'Afrique du Sud, les États-Unis et l'Australie. C'est toutefois dans les Terres australes et antarctiques françaises, grâce à l'Institut polaire, que sont réalisés les suivis les plus longs (près de 50 ans pour certaines espèces).

La démographie des oiseaux marins

À Crozet, à Kerguelen, à Amsterdam et en Terre Adélie, une vingtaine d'espèces d'oiseaux et de mammifères marins sont ainsi dénombrées régulièrement. L'évolution des populations au cours des 40 dernières années indique que certaines espèces, comme les manchots royaux, les manchots Adélie et les otaries à fourrure ont augmenté notablement, alors que les populations d'autres espèces, telles que les albatros, les éléphants de mer, les manchots empereurs et les gorfous sauteurs, ont diminué. Simultanément, on estime les paramètres démographiques en marquant, après les avoir capturés, les animaux adultes et les jeunes de ces colonies ; ces animaux sont identifiés à l'aide de marques individuelles (bagues métalliques, transpondeurs....), et leurs performances reproductrices sont régulièrement contrôlées.

On estime les paramètres démographiques des populations, tels la survie adulte, la survie des jeunes, la dispersion, le recrutement et la fécon-



2. ZONES D'ALIMENTATION de trois espèces d'albatros de Crozet suivies par balise *Argos*. L'albatros fuligineux à dos sombre (en vert) exploite des zones situées dans les eaux subtropicales. L'albatros fuligineux à dos clair (en bleu) exploite les eaux antarctiques situées au Sud du front polaire. Le grand albatros (en rouge) explore une vaste zone, mais les mâles s'alimentent au Sud de Crozet et les femelles au Nord.

dité, ainsi que leurs variations inter-annuelles. Ces espèces vivent longtemps (certains albatros atteignent l'âge de 70 ans) et sont peu fécondes (en général un jeune par an). Tout changement du taux de croissance d'une population résulte d'une modification de la survie adulte. Ainsi, les populations de manchots empereurs, de grands albatros et d'éléphants de mer ont notablement diminué au cours des années 1970 : nous avons montré que la baisse de la population nicheuse des grands albatros de Crozet était due à une augmentation de la mortalité adulte, surtout de celle des femelles. D'où vient cette différence ? Elle réside dans le fait



que mâles et femelles de cette espèce exploitent des secteurs océanographiques différents. Ainsi les femelles se nourrissant plus au Nord étaient en contact avec les flottilles de palangriers dont les hameçons destinés à la capture des thons subtropicaux tuent des milliers d'oiseaux chaque année.

Cet exemple montre que les fluctuations des effectifs ne sont pas obligatoirement la seule conséquence de la variabilité environnementale. Les activités humaines peuvent influencer directement ou indirectement sur les populations. Ainsi, les populations d'otaries ou de manchots royaux en forte augmentation actuellement ont été exploitées massivement jusqu'au début du XX^e siècle et les effectifs du XIX^e siècle ne sont même pas encore reconstitués aujourd'hui.

On a montré que des anomalies environnementales sévissant avant ou au début de la saison de reproduction perturbent le nombre d'individus qui se reproduisent, tandis que les conditions défavorables pendant la reproduction diminuent la survie des individus l'hiver suivant. Au cours d'une étude réalisée sur une communauté de huit espèces d'albatros et de pétrels des îles Crozet et Kerguelen, nous avons cherché à comprendre comment la variabilité environnementale perturbe la reproduction de ces espèces. Des vagues d'augmentation de la température des eaux de sur-

face, dues au phénomène El-Niño, traversent l'océan Austral tous les quatre à cinq ans. Nous avons montré que, pour les espèces exploitant les eaux antarctiques localisées au Sud du front polaire, l'apparition, dans le Sud des archipels, de températures de surface anormalement chaudes réduit les performances reproductrices.

Variabilité environnementale et changements globaux

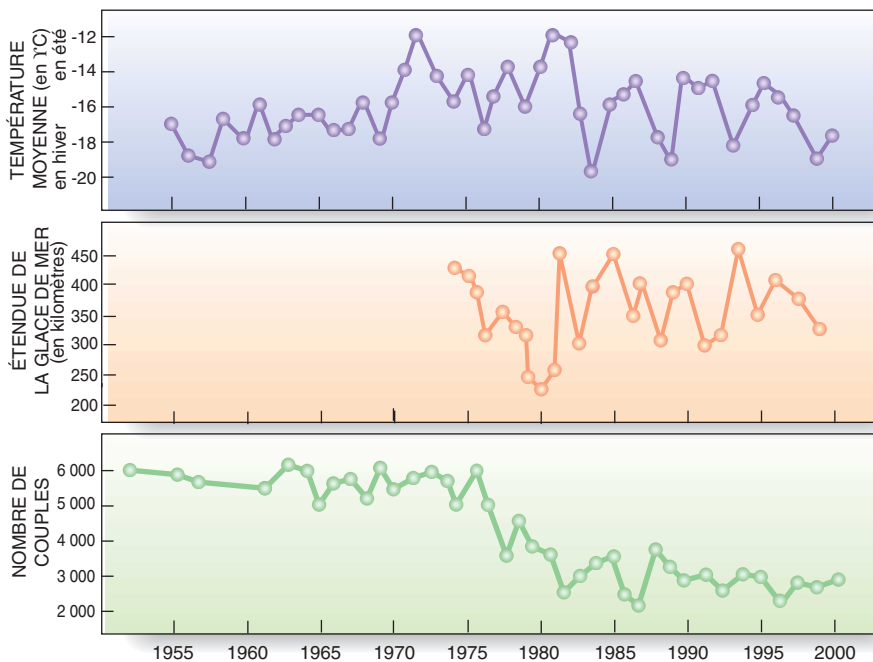
Lorsque ces épisodes chauds apparaissent pendant la période qui précède la ponte, bon nombre d'oiseaux adultes en mauvaise condition physique s'abstiennent de se reproduire ou échouent dans leur tentative de reproduction. Au contraire, les espèces qui pêchent dans les eaux subtropicales localisées au Nord des archipels sont favorisées par ces événements chauds et leur succès reproducteur s'améliore. Ainsi, l'augmentation de la fréquence ou de l'intensité des événements chauds dans l'océan Austral, associée à un réchauffement planétaire global, aurait des effets contrastés sur la communauté des prédateurs supérieurs. Certaines espèces seraient favorisées et pourraient voir leurs effectifs augmenter, alors que d'autres tendraient à disparaître de Crozet et de Kerguelen. Certaines populations coloniseraient des sites plus proches de leurs zones d'alimentation.

L'Antarctique est un laboratoire parfait pour l'étude de l'influence des changements globaux sur les écosystèmes, car l'atmosphère, l'océan et la glace de mer y sont en interaction étroite. En effet, l'écosystème marin dépend de la variabilité à long terme et à court terme de la glace de mer et des conditions océanographiques. Ainsi, la production du krill antarctique est favorisée lorsque la glace de mer est étendue. Or les manchots empereurs se reproduisent sur la glace de mer, en hiver, et se nourrissent de krill et de petits poissons pélagiques.

Pour la population de Terre Adélie, on dispose de données démographiques à long terme, sur près de 50 ans. Après avoir brutalement diminué dans les années 1970, les effectifs des manchots empereurs sont aujourd'hui stables. Nous avons montré que ce déclin était dû à une hausse de la mortalité adulte qui était elle-même liée aux anomalies de plusieurs paramètres océanographiques reliés à l'onde circumpolaire antarctique. La mortalité des manchots empereurs adultes augmente lorsque les températures de surface de la mer sont anormalement élevées et lorsque l'étendue de la glace de mer est réduite.

On ne disposait pas de mesures satellitaires dans les années 1970, mais les relevés de la station météorologique installée à proximité de la colonie de manchots mettent en évidence l'apparition à cette époque d'un épisode anormalement chaud et durable, associé à une faible étendue de la glace de mer. Ces anomalies prolongées ont déclenché une baisse de la survie, qui a elle-même entraîné une chute de la population de manchots empereurs en Terre Adélie de près de 50 pour cent. La population ne s'est pas reconstituée depuis, mais ses effectifs fluctuent avec une périodicité de quatre à cinq ans, c'est-à-dire celle de l'onde antarctique circumpolaire. L'utilisation de modèles démographiques montre que la fluctuation cyclique de la population résulte de la baisse, tous les quatre à cinq ans, de la survie des adultes, lors de l'arrivée d'eaux chaudes et de la rétraction de l'étendue de la glace de mer. Cet exemple est le premier à démontrer que des anomalies climatiques prolongées réduisent directement la survie adulte et, par conséquent, les populations des prédateurs marins.

La mesure des paramètres démographiques des manchots empereurs



3. ÉVOLUTION DES PARAMÈTRES DÉMOGRAPHIQUES du manchot empereur de la terre Adélie. Dans les années 1970, au cours d'une période chaude anormalement longue (en haut), la population des manchots a notablement diminué (en bas). Durant cette période, l'étendue de la glace de mer était réduite (au milieu). Aujourd'hui, la population de ce manchot s'est stabilisée.

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.

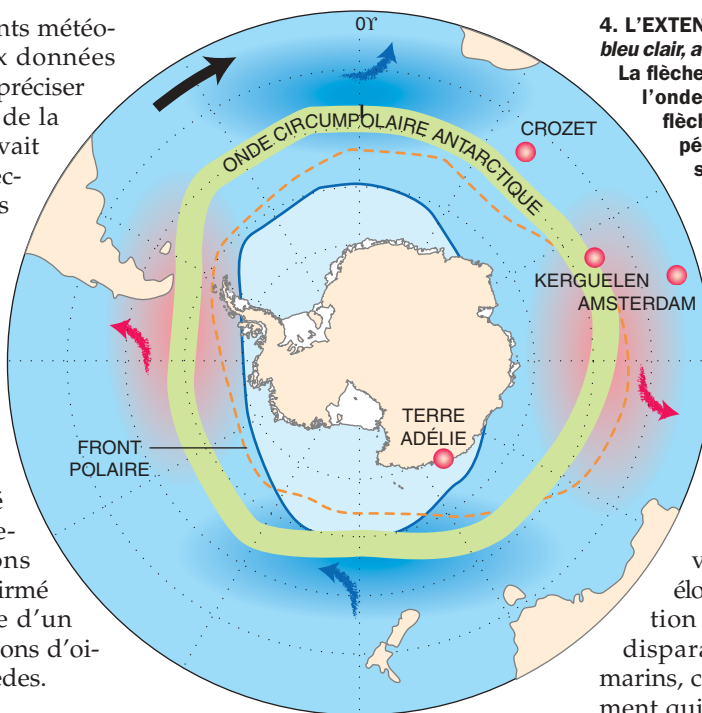
De telles périodes d'extension du manchot Adélie lors d'épisodes de réchauffement avaient été mises en évidence par l'étude d'anciens sites de reproduction. Ainsi, l'analyse des ossements d'oiseaux marins déposés entre le Pléistocène (il y a quelque quatre millions d'années) et aujourd'hui, sur l'île 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.





C.-A. Bost

2. MANCHOTS ADÉLIE partant en mer. Ces prédateurs se nourrissent de krill et de petits poissons qu'ils capturent entre 40 et 100 mètres de profondeur.

Ce modèle de l'étude des relations entre les prédateurs et leurs proies présente un autre intérêt : les poissons lanterne sont très sensibles aux modifications des caractéristiques thermiques de la couche supérieure de l'océan.

Grâce à l'utilisation de balises Argos, nous avons établi que les déplacements en mer des manchots indiquent la localisation des zones où se concentrent les poissons lanternes. Ainsi durant l'été, les manchots royaux des îles Crozet se dirigent surtout vers les eaux du front polaire, frontière qui sépare les principales masses d'eau de l'océan Austral, à quelque 400 kilomètres au Sud de Crozet. Les eaux antarctiques froides y plongent sous les eaux subantarctiques plus chaudes. Les manchots royaux s'alimentent préférentiellement sur le front polaire, où abondent les poissons lanternes. Accessoirement, ils vont se nourrir vers une autre zone frontale, le front subantarctique, située à 350 kilomètres au Nord-Est de Crozet, lieu de la rencontre des eaux subantarctiques fraîches et des eaux chaudes subtropicales.

Partant en mer pour un voyage durant habituellement de 7 à 20 jours, ils suivent dès leur départ un cap assez constant. Après une phase de nage à vitesse soutenue (entre 5 et 12 kilomètres par heure) dans les premiers kilomètres, ils enchaînent des plongées profondes durant quatre à huit minutes, alternant avec de brèves respirations en surface. De jour, leur activité de plongée et de nage est quasi ininterrompue, à des profondeurs le plus souvent comprises entre 100 et 250 mètres. La stratégie de ces prédateurs consiste à ajuster en permanence leur angle de descente

en plongée afin de prospecter au mieux les grandes profondeurs, tout en avançant rapidement vers la zone frontale où les eaux froides et les eaux chaudes se rencontrent et où les proies abondent. Ils passent ainsi plus de la moitié du temps sous l'eau, en plongées de déplacements ou de prospection alimentaire.

La recherche active des proies, reflétée par le nombre des plongées, la proportion du temps passé à plonger et la distance parcourue verticalement par les oiseaux, augmente dans la zone du front polaire, où les manchots séjournent environ deux jours. Le retour vers la colonie a lieu en trajectoire directe, en deux jours de nage continue, aussi bien de jour que de nuit.

L'étude d'un autre prédateur plongeur, l'otarie à fourrure subantarctique, menée par l'équipe de Christophe Guinet, du Centre CNRS d'études biologiques de Chizé, a montré une stratégie similaire. Ces otaries (qui sont des mammifères) semblent aussi bénéficier d'une connaissance précise des zones d'alimentation les plus profitables : elles se dirigent directement vers leur zone de pêche. À Kerguelen, les otaries ne commencent leurs plongées qu'après avoir franchi la bordure du plateau de l'archipel dans les eaux à l'Est du front polaire, où la productivité marine est la plus forte.

En Antarctique, les manchots empeureurs explorent activement les pentes du plateau sous-marin, dans les aires dégagées des glaces. Dans ces zones où la répartition des ressources est également prévisible, ils explorent méthodiquement les fonds en plongeant entre 150 et 300 mètres de profondeur.

Les séries de chalutages réalisés dans la zone frontale polaire à l'Est de Kerguelen par le navire *La Curieuse* ont confirmé le potentiel bio-indicateur des manchots et des otaries. L'analyse des bols alimentaires rapportés par les manchots à leur poussin (essentiellement des poissons lanternes) a fourni des informations biologiques similaires à celles issues des pêches scientifiques menées par le navire dans la zone de pêche de ces prédateurs, dont les déplacements étaient suivis par satellite. Prédateur opportuniste, le manchot ne sélectionne pas ses proies en fonction de leur taille, mais capture les individus les plus abondants. Nous avons évalué les classes de tailles et d'âges des poissons les plus nombreux dans la zone pélagique étudiée en analysant le bol alimentaire des manchots. Nous avons mesuré le diamètre des otolithes retrouvées dans ce bol alimentaire (les otolithes sont de petites concrétions calcaires de l'oreille interne des poissons, qui résistent à la digestion). La taille des otolithes dépend de l'âge et de la taille des poissons, de sorte que nous déterminé les classes d'âges les plus représentées dans la zone pélagique de Kerguelen.

La capture des proies en mer

Le bol alimentaire rapporté reflète surtout le dernier repas de l'oiseau avant son retour à la colonie, mais ce repas intervient au grand large, et l'oiseau ne s'alimente quasiment pas au cours de son retour à la colonie : c'est bien le reflet de la constitution de la zone de pêche.

Pour pouvoir utiliser les prédateurs en mer comme des bio-indicateurs des ressources océaniques, on doit connaître non seulement les déplacements des prédateurs pour savoir à quel endroit et à quelle profondeur ils s'alimentent, mais aussi déterminer la fréquence de capture de ses proies. On a d'abord tenté d'utiliser une sonde de température placée avec précaution dans l'estomac de grande taille (jusqu'à trois litres) des oiseaux : on estime que la température stomacale diminue lors de l'ingestion des proies capturées dans les eaux froides. Toutefois, la précision de cette méthode dépend du remplissage de l'estomac, de la taille des proies et de la température abdominale, qui baisse au cours des plongées à grande profondeur. Avec la

participation d'André Ancel et d'Yves Handrich du Centre d'écologie et de physiologie énergétiques (CNRS), à Strasbourg, et en collaboration avec l'Institut de recherche polaire de Tokyo, nous avons mis au point une méthode plus précise, fondée sur la mesure directe de la température dans l'œsophage des manchots, au moyen de micro-sondes. En équipant un manchot d'une sonde de ce type et d'un enregistreur de plongée, on peut mesurer à quel moment et pour quel palier de la plongée l'oiseau capture ses proies, avec une précision de l'ordre de 20 mètres. Les premières estimations ont permis de calculer qu'un manchot royal de 11 kilogrammes capture entre 600 et 1 600 grammes de poisson par jour en mer. L'essentiel des prises intervient en plongée profonde et dans la phase de remontée.

Grâce aux capteurs dont sont équipés les manchots et qui fournissent la localisation en mer, et aux sondes internes qui mesurent les prises alimentaires avec un minimum d'impact sur leur comportement, les biologistes disposent de nouveaux outils pour évaluer la disponibilité de certaines ressources. Ainsi, on peut calculer le succès et l'effort de pêche du prédateur, pour chaque secteur océanique prospecté, en connaissant le nombre de kilomètres parcourus et les paliers de profondeur atteints. Les profondeurs où le succès de pêche est le meilleur indiquent les zones de concen-

tration des proies, et le suivi annuel de ces prédateurs participe à l'évaluation de certaines ressources, difficile à réaliser dans ces contrées inhospitalières.

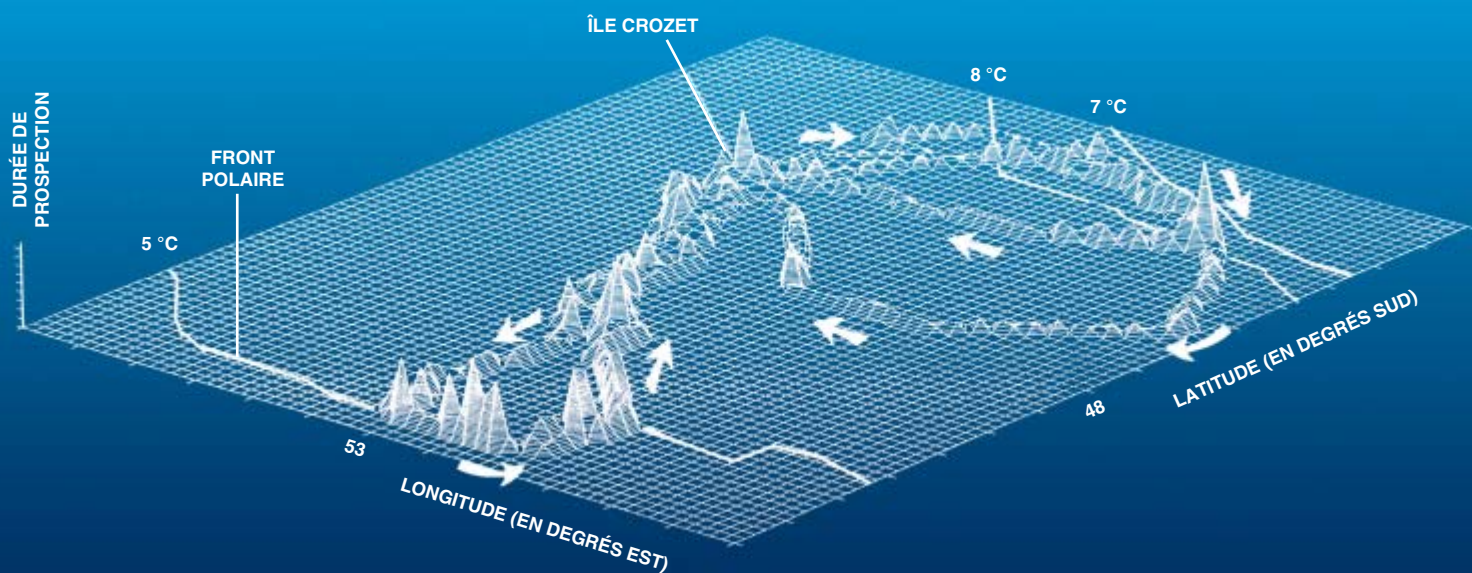
L'utilisation de bio-indicateurs – qui complète les études océanographiques classiques – présente certaines limitations, telles que la nécessité de recapturer l'animal équipé, l'existence de variations interindividuelles dans les techniques de pêche, le degré de spécialisation des prédateurs vis-à-vis de certaines ressources et la mise au point d'outils informatiques puissants pour traiter toutes les données recueillies. Toutefois, les méthodes classiques ont elles-mêmes leurs limites : l'effarouchement des bancs de poissons par l'arrivée du chalut, la difficulté de détecter certaines espèces à l'écho-sondeur, le coût des campagnes océanographiques.

Ces études, qui n'ont pas pour objet de fournir aux pêcheries des informations sur la localisation des bancs de poissons, peuvent révéler une surexploitation locale de certaines populations avant que l'équilibre biologique ne soit rompu et que la dynamique des populations de prédateurs ne soit perturbée. Ainsi, Donald Croll, de l'Université de Santa Cruz, a montré que l'exploitation du krill par les pêcheries de la péninsule antarctique (bien qu'elle soit encore limitée) menace déjà les ressources alimentaires des populations de manchots durant la reproduction.

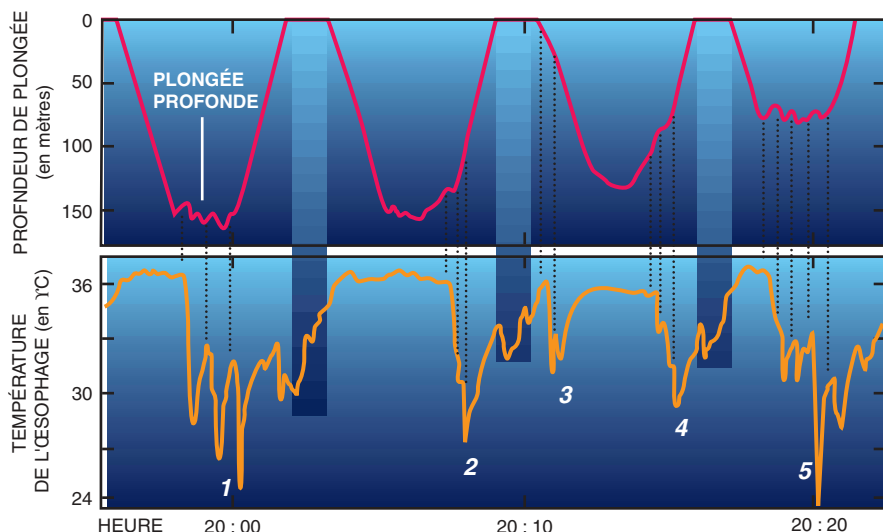
Le suivi des prédateurs en mer

Outre l'impact des pêcheries, on peut aussi évaluer, grâce au suivi des prédateurs marins, celui de la variabilité climatique sur les ressources de l'océan Austral. Ainsi, nous avons montré que la structure thermique de la couche océanique supérieure impose la répartition verticale des bancs de poissons recherchés par les manchots. Cette étude a été menée en comparant les plongées des manchots royaux et la température océanique enregistrée simultanément au cours de leurs plongées. Quelle que soit la saison, les manchots plongent sous la thermocline saisonnière, c'est-à-dire la limite entre la couche océanique profonde et la couche mélangée de surface, car les poissons s'y concentrent. La thermocline est plus épaisse en hiver qu'en été, en raison des vents violents qui brassent la couche océanique de surface et de l'homogénéisation de la colonne d'eau liée au refroidissement hivernal. Cette modification des caractéristiques physiques se traduit par des plongées hivernales plus profondes (jusqu'à 440 mètres contre 350 mètres en été).

Si les manchots suivent fidèlement les migrations saisonnières en profondeur de leurs proies, leurs déplacements en mer reflètent aussi les fluctuations physiques interannuelles. Lorsque la position géographique du



3. TRAJETS EN MER (ci-dessus) de trois manchots royaux des îles Crozet suivis par des balises Argos, au cours de leur recherche de nourriture. Les pics correspondent aux zones où les ressources sont les plus abondantes.



4. LA PROFONDEUR DES PLONGÉES (en haut) et les captures (en bas) ont été enregistrées chez un manchot royal équipé d'un enregistreur de la pression hydrostatique et d'une micro-sonde mesurant la température interne. Cinq séries de prises alimentaires (de 1 à 5) ont été enregistrées : elles correspondent à une baisse de la température œsophagienne. On constate que les prises alimentaires ont généralement lieu à la profondeur maximale de la plongée (1, 2 et 5).

front polaire varie dans la partie indienne de l'océan Austral, la répartition en mer des manchots royaux change : ainsi, en 1996, ils ont dû augmenter leur trajet pour atteindre les zones poissonneuses (de plus de 55 pour cent) et leur effort de plongée a augmenté en raison de l'éloignement du front. Les séjours en mer étaient plus longs, de sorte que l'approvisionnement des poussins a diminué : le succès reproducteur a diminué.

Afin de mieux évaluer l'impact de la variabilité climatique sur les chaînes alimentaires de l'océan Austral, les écophysiologistes du Centre d'écologie et de physiologie énergétiques de Strasbourg et les océanographes du Laboratoire d'océanographie physique du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, ont entrepris d'installer un observatoire de la disponibilité à moyen terme des ressources pélagiques dans la zone atelier de Kerguelen-Crozet. Lors de cette étude, on suivra par télémétrie le succès de pêche des manchots royaux équipés, les performances démographiques et les variations interannuelles du calendrier de reproduction dans diverses colonies. On suivra également la variabilité climatique dans la même zone atelier grâce à des stations hydrologiques permanentes, et à l'altimétrie satellitaire (TOPEX-POSEIDON et bientôt JASON). Le suivi du cycle reproducteur du manchot royal est effectué par Michel Gauthier-Clerc, grâce au système ANTAVIA mis au point par Jean-Paul Gendner, à Strasbourg. Par ce dispositif, chaque individu d'une colonie est

automatiquement reconnu : la détection est assurée grâce à des antennes enterrées sur le lieu où passent les oiseaux, ce qui permet de les identifier grâce à des transpondeurs implantés sous leur peau ; un transpondeur est une étiquette électronique sans batterie qui pèse moins d'un gramme et qui permet l'identification automatique d'un animal sans qu'il soit nécessaire de le capturer plusieurs fois. À terme, on pourra modéliser les conséquences du réchauffement climatique sur les principaux réseaux de l'écosystème austral.

Nous pensons aussi utiliser les manchots et autres prédateurs plongeurs comme des plates-formes océanographiques mobiles, et obtenir à leur insu des données physiques inédites sur le milieu océanique. Ainsi, avec Malik Koudil, du Centre océanologique de Marseille, nous avons reconstitué la courbe

des températures dans la zone du front polaire à partir des profils de températures obtenus en profondeur par les manchots royaux de Kerguelen équipés d'un dispositif qui enregistrait en continu la pression hydrostatique et la température environnante, et d'une balise Argos, qui donnait la position géographique de ces animaux. George Boehlert et ses collègues de l'administration américaine des océans et de l'atmosphère (NOAA) ont équipé 16 éléphants de mer de capteurs de profondeur et de température couplés à un émetteur Argos, au cours d'une étude menée sur trois ans dans le Nord-Est du Pacifique. Au cours de leurs migrations, ces phoques de grande taille (pesant jusqu'à une tonne et demi) s'éloignent jusqu'aux îles Aléoutiennes, en parcourant près de 100 kilomètres par jour. Plongeant parfois jusqu'à plus de 800 mètres, ils ne reviennent respirer à la surface que brièvement, environ toutes les 20 minutes. Au cours d'une période de trois mois, plus de 22 000 données de températures de l'eau ont été obtenues dans une zone océanique où seulement 52 mesures ont été réalisées par des méthodes classiques au cours de la même période. En utilisant les données récupérées au cours des migrations de neuf éléphants de mer seulement, sur trois ans, 76 000 profils de températures ont été obtenus.

L'utilisation des grands prédateurs marins, tels les éléphants de mer, comme auxiliaires océanographiques est intéressante, car, en raison de leur taille, on peut les équiper d'appareils très précis, mais encombrants. D'autres applications sont en cours, dans d'autres écosystèmes, avec des espèces telles que les baleines, les thons, et les requins, équipés de capteurs de plus en plus miniaturisés et précis.

J.-B. CHARRASSIN, Y. LE MAHO et C.-A. BOST mènent leurs recherches au Centre d'écologie et de physiologie énergétiques du CNRS, à Strasbourg. Au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, G. DUHAMEL est professeur dans le Laboratoire d'ichtyologie et Y. PARK maître de conférences dans le Laboratoire d'océanographie physique.

C. GUINET et al., *Foraging behaviour of satellite-tracked king penguins in relation to sea-surface temperatures obtained by satellite telemetry at Crozet archipelago, a study during three austral summers*, in *Marine Ecology Progress Series*, vol. 150, pp. 11-20, 1997.

C.-A. BOST et al., *Foraging habitat and food intake of satellite tracked king penguins during the austral summer at Crozet archipelago*, in *Marine Ecology Progress Series*, vol. 150, pp. 21-33, 1997.

M. KOUDIL et al., *Seabirds as Monitors of Upper-Ocean Thermal Structure. King Penguins at the Antarctic Polar Front, East of Kerguelen Sector*, in *Comptes Rendus de L'Académie des Sciences, Sciences de la Vie*, vol. 323, pp. 377-384, 2000.

J.B. CHARRASSIN et al., *Feeding behaviour of free-ranging penguins determined by oesophageal temperature*, in *Proceeding Royal Society of London B*, vol. 268, pp. 151-157, 2001.

Le chat dans l'écosystème subantarctique

Les écosystèmes insulaires ont, plus que les écosystèmes continentaux, souffert des introductions d'espèces animales : depuis le début du XVII^e siècle, 93 pour cent des 176 espèces d'oiseaux éteintes vivaient sur des îles océaniques. De toutes les espèces de prédateurs introduites, le chat est souvent considéré comme l'espèce la plus nuisible pour les espèces natives. Pour évaluer précisément l'impact du chat sur la faune aviaire des îles, nous avons étudié le fonctionnement des populations de chats et leurs interactions avec l'ensemble des proies, natives (oiseaux) et introduites (lapins et rongeurs).

Le chat présent sur tous les continents, l'est aussi sur au moins 118 des 131 principaux groupes d'îles. Dans les milieux insulaires subantarctiques, le chat se nourrit exclusivement du produit de sa chasse. La disponibilité et la répartition spatiale des proies modifient la densité des chats, la structuration sociale, le système d'appariement, le succès de reproduction et la démographie. Ainsi, contrairement aux chats errants des villes qui vivent en grands groupes sociaux dans de petits domaines qui se chevauchent, les chats des îles subantarctiques vivent solitaires dans de vastes domaines séparés.

Plusieurs introductions ont eu lieu au XIX^e et au début du XX^e siècle, mais quatre chats seulement seraient à l'origine de la population actuelle de la grande île de l'archipel des Kerguelen. Deux chats furent débarqués en 1951 pour lutter contre les rongeurs et les lapins qui proliféraient. Ils disparurent rapidement de la station de Port-aux-Français et, sans savoir si l'espèce s'était éteinte, deux autres chats ont été introduits en 1956. Ces chats se sont parfaitement adaptés aux nouvelles conditions, et leurs descendants, d'abord cantonnés aux abords de Port-aux-Français, ont colonisé l'île en longeant les côtes. En 1974, le cinquième de l'île était envahi par les chats. L'effectif était estimé à 2 500 chats en 1974 et à 3 500 chats en 1977. La phase de croissance exponentielle est terminée. Aujourd'hui, nous estimons que la densité des chats sur les îles subantarctiques varie entre un et trois chats par kilomètre carré (cette densité atteint 1 000 chats par kilomètre carré dans certains jardins publics ou cimetières).

Le succès de la colonisation de Kerguelen tient à l'abondance des proies, à la possibilité d'utiliser des terriers qui protègent les chatons contre les variations des conditions climatiques et contre d'éventuels prédateurs aériens (les skuas), à l'absence d'autres prédateurs terrestres et à la quasi-absence de parasites du chat.

Le chat est un prédateur opportuniste et son régime alimentaire reflète la disponibilité des proies. Bien que le lapin constitue la principale ressource alimentaire du chat, on estime qu'en 1976, les quelque 3 500 chats présents sur l'île ont prélevé plus d'un million d'oiseaux. Huit espèces d'oiseaux surtout sont concernées par la prédation du chat : le pétrel bleu (*Halobaena caerulea*), le pétrel à tête blanche (*Pterodroma lessoni*), le pétrel noir (*Pterodroma macroptera*), le pétrel de Kerguelen (*Pterodroma brevirostris*), le pétrel à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*), le pétrel plongeur commun (*Pelecanoides urinator*), le pétrel de Wilson (*Oceanites oceanicus*) et le prion de la désolation (*Pachyptila desolata*). Toutes ces espèces ont évolué en l'absence de prédateurs mammaliens et n'ont développé aucun mécanisme de défense ou de fuite ; les espèces les plus menacées sont celles qui nichent dans des terriers comme le pétrel bleu et le prion de la désolation. Même si aucune extinction d'espèce d'oiseaux n'a été observée – les petites îles sont dépourvues de chats et servent de refuge aux oiseaux – la prédation du chat a certainement un impact notable sur les populations d'oiseaux, à Kerguelen. Les programmes de conservation sont de plus en plus ciblés sur le contrôle des effectifs de chats sur les îles.

Ni la chasse ni le piégeage ni l'utilisation d'appâts empoisonnés n'ont donné de résultats sur l'archipel des Kerguelen, parce qu'il est trop vaste et que le terrain est difficile d'accès. L'introduction d'un virus pathogène a été également envisagée. L'absence de pathogènes rend les chats des Kerguelen particulièrement vulnérables à l'introduction d'agents infectieux contre lesquels ils n'ont aucune défense immunitaire. Une telle introduction a été réalisée sur l'île Marion, où l'introduction du chat est en partie responsable de l'extinction locale du pétrel plongeur. Le virus choisi a été introduit en 1977 et a permis de réduire de 82 pour cent l'effectif de la population au bout de six ans. Nous avons confirmé à partir d'un modèle mathématique que le virus de la panleucopénie stabilise l'effectif de chats de l'île Marion autour de 300 au bout de dix ans. L'éradication du chat sur l'île Marion n'a été obtenue qu'en 1991, soit 15 ans après l'introduction du virus, en associant durant cinq ans, tir, empoisonnement et piégeage des chats survivants. Le succès reproducteur du pétrel noir, qui variait entre 0 à 20,5 pour cent durant la période où le chat était présent sur l'île, est remonté à 59,6 pour cent après son éradication. Cependant, l'introduction d'une infection virale ou bactérienne dans une population indemne peut être lourde de conséquences et une telle opération ne peut avoir lieu que si la spécificité de l'agent pathogène ne fait aucun doute. De plus, le succès obtenu à Marion ne garantit pas le même succès à Kerguelen.

Le chat a incontestablement des effets négatifs... mais il en a aussi de positifs. Sur les îles Kerguelen ou sur l'île Amsterdam, rongeurs et lapins abondent et ont des effets néfastes sur les populations d'oiseaux endémiques soit directement par la prédation (c'est le cas des rongeurs) ou indirectement par la destruction de l'habitat (les lapins). Les tentatives de réduction de la population de chats sur l'île Amsterdam y auraient favorisé l'augmentation du nombre de surmulots *Rattus norvegicus* et de souris *Mus musculus* : sur cette île, les chats se nourrissent essentiellement de souris et de surmulots. La modélisation des interactions des oiseaux insulaires et des mammifères introduits (rat et chat) a montré que l'explosion démographique de la population de prédateurs intermédiaires (les rats) consécutive à l'élimination brutale du chat aboutirait à une extinction rapide des proies communes aux deux prédateurs, les oiseaux. Une population limitée de chats maintient les populations de rongeurs et de lapins à des niveaux suffisamment bas pour que leur impact soit réduit.

La protection des espèces menacées passe par un contrôle des effectifs de chats. L'éradication des chats à Kerguelen, difficilement envisageable, n'est pas souhaitable si elle n'est pas accompagnée de l'élimination des lapins qui constituent la principale source de nourriture des chats, surtout l'hiver, lorsque la plupart des oiseaux sont en mer. De surcroît, en fonction de la démographie des proies, les effets de la prédation peuvent être plus ou moins dramatiques selon que les prédateurs tuent les jeunes (œufs, poussins, juvéniles) ou les adultes, ou encore selon que le prélèvement est occasionnel ou systématique. On a montré que les effectifs des populations d'oiseaux à courte durée de vie sont très sensibles à la prédation des jeunes, tandis que, pour les espèces d'oiseaux qui vivent longtemps, les effectifs des populations diminuent quand les prédateurs s'attaquent aux adultes. Aujourd'hui, nous suivons la population de chats des îles Kerguelen afin de préciser ses comportements de prédation et afin de déterminer les espèces les plus exposées, qui devront être protégées en priorité.

Dominique PONTIER, Emmanuelle FROMONT, Ludovic SAY
UMR-CNRS 5558, Université Claude Bernard-Lyon 1