



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.

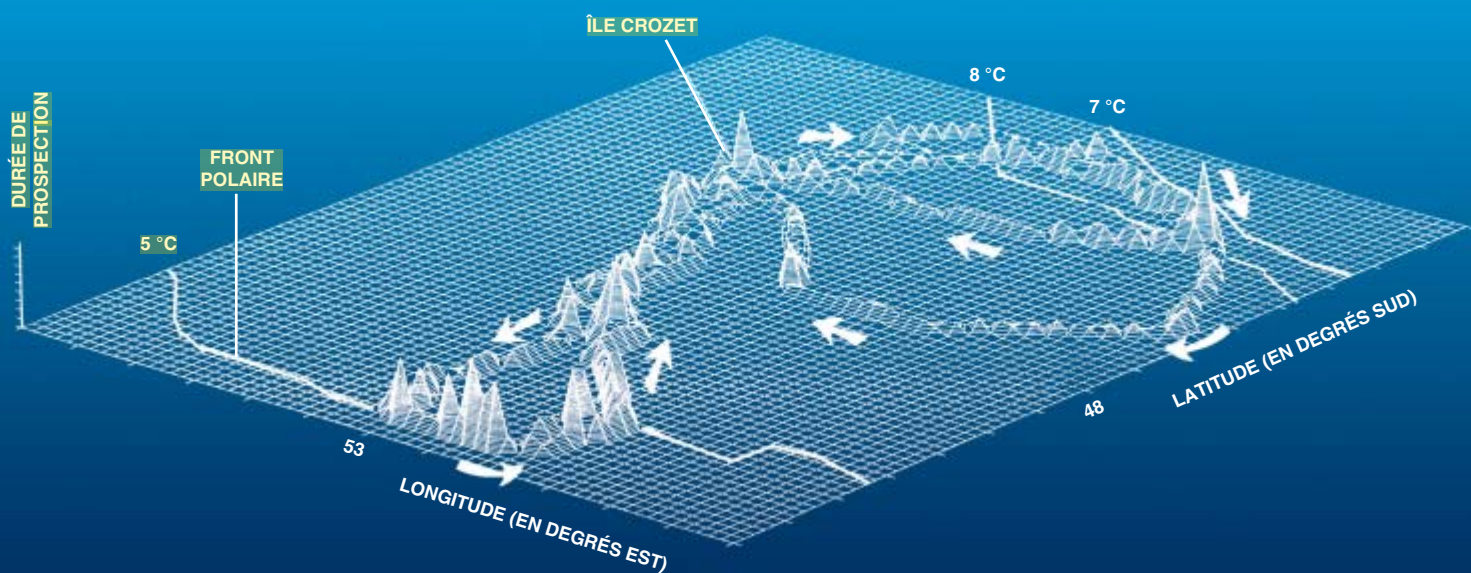
L'utilisation de bio-indicateurs – qui complète les études océanographiques classiques – présente certaines limitations, telles que la nécessité de recapter l'animal équipé, l'existence de variations interindividuelles dans les techniques de pêche, le degré de spécialisation des prédateurs vis-à-vis 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.