

# Menace chimique sur les oiseaux antarctiques



Le Grand Sud pollué par nos industries

# Menace chimique sur les oiseaux antarctiques

**PESTICIDES, RETARDATEURS DE FLAMME, MÉTAUX LOURDS...**  
produits dans les centres industriels et agricoles des moyennes latitudes souillent le continent blanc.  
**Une étude à grande échelle montre leur impact sur la faune.**



**OLIVIER CHASTEL**, chercheur en écophysiologie au Centre d'Études Biologiques de Chizé (CEBC-CNRS), il dirige plusieurs programmes sur les effets des contaminants chez les oiseaux polaires.

L'Antarctique est caractérisé par une biodiversité unique dont la partie la plus visible est constituée par d'immenses et spectaculaires colonies d'oiseaux et mammifères marins, représentant une biomasse extraordinaire. Ces animaux souvent charismatiques ont développé des adaptations physiologiques et comportementales tout à fait remarquables pour faire face aux rudes conditions polaires. Or ces créatures extraordinaires font désormais face, en plus des bouleversements consécutifs aux changements climatiques, à une menace plus insidieuse : la présence en Antarctique de nombreux polluants organiques persistants (POPs). L'Antarctique était considéré



comme un continent préservé, jusqu'à la mise en évidence, dans les années 60, d'un pesticide organochloré, le tristement célèbre DDT, dans des échantillons de neige. Puis dans les années 70, une seconde étude révéla la prévalence quasi systématique des polychlorobiphényles (PCB), autrefois utilisés comme isolants électriques dans les transformateurs, dans les œufs d'oiseaux antarctiques. Bon nombre de ces composés organochlorés sont interdits de production et d'utilisation depuis plusieurs décennies par la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants et font partie des POPs dits "d'héritage". Cependant, ces molécules et leurs métabolites, surnommés les

PIERRE BLÉVIN

"douze vilains", sont bien présents en Antarctique, mais aussi et surtout en Arctique. S'y ajoute la présence croissante de POPs émergents tels que les retardateurs de flamme bromés (PBDE) et plus récemment de composés perfluorés (PFC), utilisés comme imperméabilisants, anti-tâche, produits anti adhésifs. Enfin, parmi les métaux lourds, le méthyle-mercure, la forme organique et toxique du mercure, d'origine naturelle (éruptions volcaniques) et anthropique (combustion d'hydrocarbures) est également abondante dans les régions polaires. Pourquoi de telles concentrations de polluants aux Pôles qui sont pourtant bien éloignés des centres industriels et agricoles qui les produisent ? Il s'avère que ces contaminants, ubiquistes et volatils, voyagent aisément dans l'air sans se détériorer, par le biais de l'effet "sauterelle", phénomène complexe d'alternance évaporation/condensation qui les transporte

vers les régions polaires. Cette forte prévalence des polluants en Arctique et en Antarctique s'explique aussi par le fait que dans les régions froides, où la dégradation est très lente, ces molécules perdurent dans l'environnement pendant des décennies. Ces contaminants (à l'exception des PFC, hautement lipophobes) ont tendance à s'accumuler, via la chaîne trophique, dans les graisses, dont les animaux polaires sont évidemment très pourvus. En Arctique, des niveaux très élevés de polluants ont été souvent rapportés, assortis d'effets très néfastes sur le comportement, la physiologie et la reproduction de certains oiseaux marins. En Antarctique, en revanche, l'état des connaissances est bien moindre, même si des niveaux élevés d'insecticides et fongicides tels que le DDT, et l'Hexachlorocyclobenzène (HCB) et de PCB ont été observés dans les tissus de

côtes du continent et des îles antarctiques et s'aventure parfois jusqu'à plus de 1 000 km dans les terres. L'un d'eux a été vu au-dessus de la station Concordia.

**LE GRAND ALBATROS** passe l'essentiel de son temps à planer au-dessus de l'océan Austral, parcourant plusieurs milliers de kilomètres sans toucher terre. Il niche sur les îles subantarctiques, seules terres disponibles où il peut pondre puis élever son poussin durant plus d'un an.



TIMOTHÉ POUPART

certain animaux antarctiques. L'essentiel des recherches sur les polluants a été conduit sur un nombre limité d'espèces et principalement en zone strictement antarctique. Or dans les zones subtropicales et subantarctiques qui recèlent pourtant des millions de couples d'oiseaux marins tels qu'albatros, pétrels et manchots, les informations relatives aux niveaux de pollution manquent cruellement.

Les Terres australes et antarctiques françaises s'étendent de la zone subtropicale à l'Antarctique et abritent des populations considérables d'oiseaux marins dont certains sont endémiques et gravement menacés. Les Terres australes et antarctiques françaises forment un gradient exceptionnel de territoires aux différentes latitudes depuis la Terre Adélie jusqu'aux îles Crozet et Kerguelen, à la limite du front polaire, et jusqu'aux îles subtropicales telles que Saint Paul et Amsterdam. S'y concentrent tous les prédateurs supérieurs de l'océan austral puisque ce sont les seules terres disponibles pour s'y reproduire. Le nombre d'espèces de prédateurs marins et la taille des populations présentes dans ces districts représentent une situation

unique pour la zone australe. C'est en particulier le cas pour certaines espèces telles que l'albatros d'Amsterdam (espèce endémique découverte en 1983 et dont la population reproductrice totale ne dépasse pas quelques dizaines de couples), ou du manchot empereur qui ne compte que quelques colonies sur l'ensemble du continent antarctique, dont la Terre Adélie.

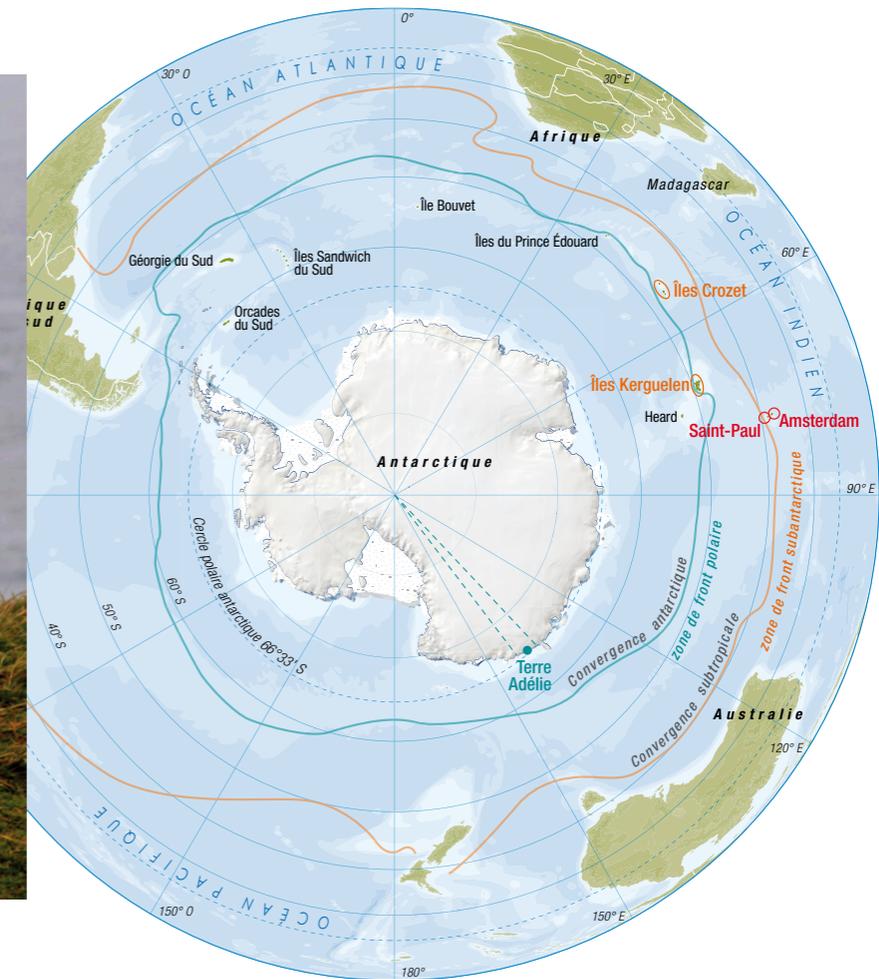
## Les mers australes, point chaud de biodiversité

La France est donc responsable d'une part importante de la biodiversité de l'océan Indien Austral et il y a un besoin urgent d'information sur les niveaux de pollution présents chez les oiseaux marins de ce secteur. C'est dans ce cadre qu'a été lancé le projet PolarTOP, soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et l'Institut Polaire Français Paul-Emile Victor (IPEV). Ce projet fait appel à diverses disciplines telles que l'écophysiologie, l'éco-toxicologie, et l'écologie des populations. PolarTOP réunit les compétences du Centre d'Études Biolo-

giques de Chizé (CEBC-CNRS) qui est spécialisé dans l'écologie et l'écophysiologie des animaux marins polaires, du Laboratoire LIENS (Université de La Rochelle) pour la mesure des métaux lourds et du Laboratoire EPOC (Université de Bordeaux 1) pour la mesure des polluants organiques persistants.

Trois objectifs de recherche interdépendants les uns des autres sont menés de front pour y voir plus clair.

Le premier vise à décrire les polluants organiques (pesticides organochlorés, PCBs et retardateurs de flamme bromés) et métaux lourds (Mercure, Cadmium) présents chez les oiseaux marins (manchots, albatros, pétrels, skuas) des terres australes françaises, selon un gradient subtropical-Antarctique (Amsterdam, Crozet, Kerguelen et Terre Adélie). Nous utilisons une méthode d'échantillonnage non destructrice : à partir d'une simple prise de sang et de quelques plumes, nous mesurons les teneurs en contaminants et hormones sans perturber le comportement et la reproduction de ces oiseaux très peu farouches et qui font l'objet d'un suivi sur le long-terme.



**LE PROJET POLARTOP** échantillonne les trois zones éco-régions des TAAF : la zone subtropicale (île d'Amsterdam, 37° 50' S - 77° 30' E), la zone subantarctique (îles Crozet et Kerguelen, 46° 25' S - 51° 45' E et 49° S - 70° E, respectivement) et la zone antarctique (Terre Adélie, 66° 40' S - 140° 01' E). Dans chaque zone, les espèces étudiées comprennent des manchots, des albatros, des pétrels et des skuas.



## À la pêche au skua antarctique

En Terre Adélie, impossible d'ignorer les skuas antarctiques, robustes oiseaux au plumage brun. Très agressifs, les skuas défendent vigoureusement leur territoire de nidification et tout intrus est accompagné manu militari hors du précieux sanctuaire!

Ici, les skuas s'alimentent de poissons, sont volontiers charognards et prédateurs d'œufs et de poussins des manchots Adélie qui nichent en colonies imposantes. Très fidèles à leur partenaire, les skuas déposent leurs deux œufs dans une simple dépression entre les rochers.

Après la reproduction, les skuas entreprennent une migration spectaculaire et vont passer l'hiver en mer, au large des côtes du Japon!

Situés en haut de chaîne alimentaire, les skuas sont des modèles de choix pour l'étude des contaminants environnementaux. Mais pour cela, il faut les attraper et ce n'est pas une mince affaire! Prêts à endurer une riposte musclée des skuas qui tête baissée et ailes déployées, signalent très vite leur désaccord, les biologistes pénètrent dans le territoire. S'en suit une série d'attaques en piqué agrémentées de violents coups de bec et de pattes.

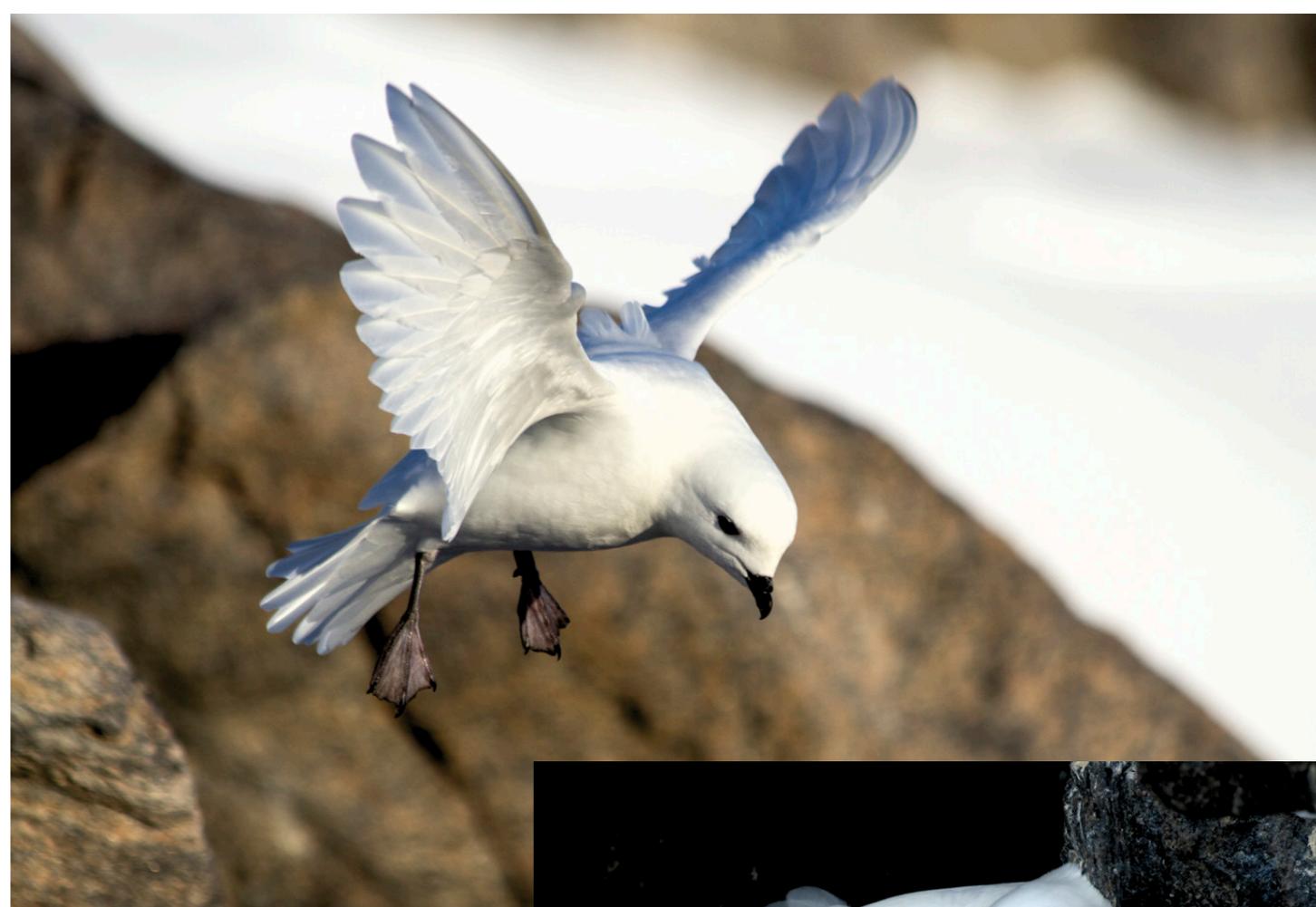
Sur le terrain, nous apprenons vite à saisir l'occasion de ces attaques pour tenter de capturer l'oiseau, au moyen d'une canne à pêche munie d'un large nœud coulant. Après plusieurs essais, le skua est enfin attrapé et vite maîtrisé, car il faut se méfier de ses griffes acérées.

Une prise de sang est faite rapidement sur la veine de l'aile pour obtenir l'échantillon de sang nécessaire à la mesure des contaminants et des hormones. Puis l'oiseau est mesuré, pesé, bagué (s'il ne porte pas déjà une bague) avant d'être relâché. Après un rapide coup d'œil au nid pour contrôler le succès de la reproduction, il faut se dépêcher de quitter les lieux pour éviter les attaques de l'animal furieux.

Le second objectif vise à étudier les effets physiologiques de l'exposition à ces polluants. En effet, de par leurs similarités structurales avec certaines hormones naturelles, ces polluants s'avèrent de redoutables perturbateurs endocriniens. Une hormone est une substance chimique, sécrétée par une glande endocrine, agissant à distance et par voie sanguine sur les récepteurs spécifiques d'une cellule cible. Cette hormone peut ainsi activer une ou plusieurs fonctions biologiques, en interaction avec l'environnement. La recherche médicale a montré que certains POPs et métaux lourds peuvent perturber les mécanismes hormonaux en simulant ou en bloquant l'action d'une hormone naturelle. En milieu naturel, on peut donc se demander si la présence de ces contaminants dans l'environnement polaire peut altérer le fonctionnement normal des mécanismes hormonaux des oiseaux marins. Dans le cadre du projet PolarTOP, nous étudions les hormones telles que la corticostérone, l'hormone lutéinisante (LH) et la prolactine, respectivement liées à la réponse au stress, au démarrage de la reproduction et à l'expression des soins parentaux.

## L'Arctique plus touché que l'Antarctique!

Le troisième objectif cherche à mesurer les conséquences à long terme (mortalité, reproduction) d'une telle pollution. Pour ce faire, nous utilisons les derniers développements des modèles de capture-recapture (CMR) qui permettent de mieux définir les probabilités statistiques de captures pour chaque individu et d'établir des estimations plus fiables de leurs probabilités de survie. Le centre de Chizé conduit, depuis plusieurs décennies un suivi démographique à long-terme des oiseaux marins des Terres australes et antarctiques françaises, avec le soutien de l'IPEV. Ce suivi exceptionnel permet d'avoir des informations détaillées sur des milliers d'oiseaux bagués et a révélé des stratégies d'adaptation démographique extrêmes. Chez les albatros, les pétrels et les skuas des TAAF, on relève des taux significatifs d'un métabolite du DDT (4,4'-DDE) prohibé en Europe depuis 40 ans, et de Mirex, un anti-termite utilisé dans l'hémisphère sud et de divers PCB. Quelle est la signification de ces valeurs de polluants? Pour répondre à cette question, il



PIERRE BLÉVIN

est indispensable de comparer ces résultats avec ceux décrits dans d'autres communautés d'oiseaux marins. Plus proche des centres industriels et des activités agricoles que ne l'est l'Antarctique, l'Arctique et en particulier le secteur de la mer de Barents, dont les eaux baignent l'archipel du Svalbard, est depuis de nombreuses décennies le théâtre d'une pollution intense et les taux de contaminations des oiseaux et mammifères marins y atteignent des records. C'est le cas en particulier des goélands bourgmestres du Svalbard qui sont probablement les oiseaux les plus contaminés au monde. Depuis 15 ans, l'équipe de Chizé mène une collaboration franco-norvégienne, soutenue par l'IPEV, sur le suivi de populations d'oiseaux au Svalbard. L'analyse comparative suggère que la contamination est moindre dans les Terres australes et antarctiques françaises qu'en Arctique, mais que les skuas antarctiques, prédateurs et charognards, présentent tout de même des taux très importants de PCB. Les résultats obtenus par le projet PolarTOP montrent par ailleurs que les composés bromés (PBDE), utilisés comme retardateurs de flammes, sont encore rares chez les oiseaux marins des Terres australes et antarctiques françaises, contrairement



SABRINA TARTU

### Pétrel des neiges, l'exception antarctique.

De la taille d'un pigeon, entièrement blanc avec un bec noir, le pétrel des neiges (*Pagodroma nivea*) est inféodé aux glaces dérivantes de l'Antarctique, mais peut nicher à l'intérieur du continent (nids découverts à 350 km de la côte). Contrairement à la majorité des oiseaux, ce pétrel utilise l'odorat pour rechercher petits poissons et krill dont il se nourrit. Cette espèce présente une maturité sexuelle très tardive (environ 9 ans) et une longévité remarquable (jusqu'à 50 ans!). L'individu le plus âgé connu est une femelle née en 1964 en Terre Adélie et surnommée Mamie par les scientifiques! Dans les Terres australes et antarctiques françaises, le pétrel des neiges se reproduit uniquement en Terre Adélie où il niche en colonies. Le nid, situé dans des éboulis rocheux, est défendu vigoureusement contre tout intrus (y compris les scientifiques!) à coup de crachats huileux. Mâle et femelle se relaient pour couvrir l'œuf et alimenter le poussin pendant une centaine de jours. Les effectifs et le succès reproducteur du pétrel des neiges varient fortement d'une année à l'autre, en fonction de l'étendue de glace de mer.



SCOPHIE DE GRISAC

Pêcher le skua avec une canne à pêche équipée d'un nœud coulant, quel sport!



OLIVIER CHASTEL

Prise de sang, mensurations, pesée, sont les manipulations faites sur chaque oiseau.



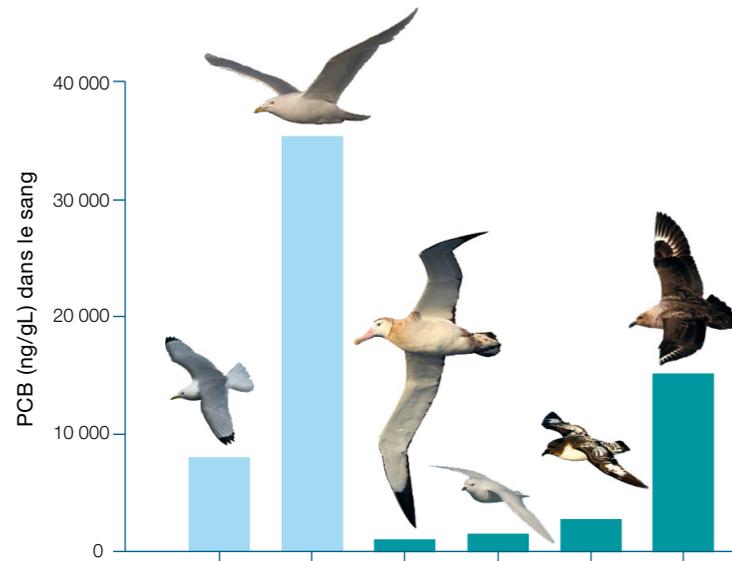
OLIVIER CHASTEL

Chaque nouvel oiseau capturé est bagué pour permettre son suivi les années suivantes.



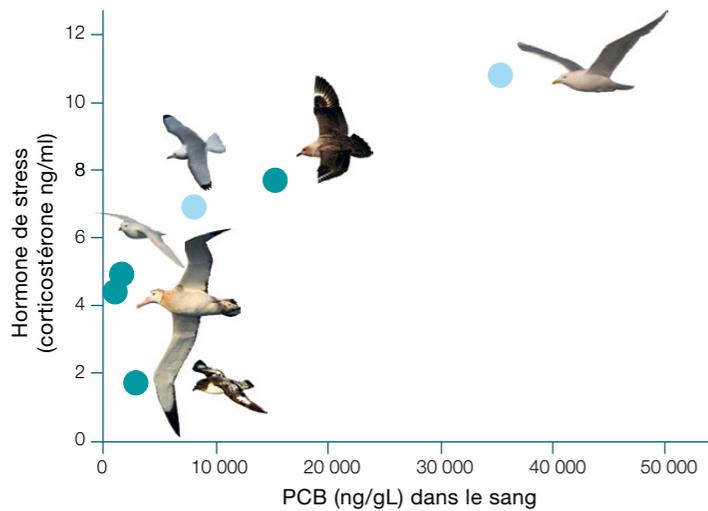
PIERRE BLÉVIN

Un poussin de skua antarctique dans son nid de gravier, l'autre œuf éclora-t-il?



#### PCB, LES DEUX PÔLES EN BALANCE.

La comparaison du taux sanguin des PCB chez deux espèces arctiques (mouette tridactyle et goéland bourgmestre, en bleu) et quatre espèces antarctiques (grand albatros, pétrel des neiges, damier du Cap, skua antarctique, en vert) montre que seul ce dernier, qui mange œufs et poussins des autres oiseaux, présente un niveau de contamination comparable aux oiseaux arctiques.



#### LES TAUX ÉLEVÉS DE PCB STIMULENT LES HORMONES DU STRESS.

Chez les espèces arctiques (en bleu) et le skua antarctique, les taux élevés de PCB s'accompagnent de concentration sanguine de corticostérone élevées, hormone normalement sécrétée en période de stress. Les autres espèces antarctiques (en vert), peu contaminées, fabriquent moins cette hormone.

ment aux espèces arctiques. Pour les métaux lourds, de très fortes concentrations de mercure sont trouvées chez les espèces subantarctiques situées à un niveau trophique élevé (grand albatros, pétrels géants). En Terre Adélie (zone antarctique), la contamination par le mercure observée chez les skuas antarctiques, et les pétrels des neiges, bien que significative, est plus modeste.

Chez le grand albatros et le pétrel des neiges, une forte contamination par les PCB semble spécifiquement stimuler la production de corticostérone, l'hormone de stress. Ce phénomène est général et se retrouve également chez les espèces de l'Arctique (voir *Les taux élevés de PCB stimulent les hormones du stress*, ci-contre). Quelles sont les conséquences ? Les individus les plus contaminés par les PCB sont probablement plus sensibles à des conditions stressantes, telles que la baisse de disponibilité des ressources alimentaires, et seraient alors plus prompts à abandonner leur nid. Autre exemple de perturbation endocrine révélé par le projet PolarTOP, une contamination par le mercure entraîne chez les pétrels des neiges une diminution de la sécrétion de l'hormone lutéinisante (LH) qui joue un rôle clé pour le démarrage de la nidification. Ceci explique en partie l'absence de reproduction observée chez les individus les plus contaminés par le mercure. Nous avons également examiné les effets du mercure sur une autre hormone, la prolactine, essentielle pour l'expression des comportements parentaux. Chez le pétrel des neiges, une forte contamination par le mercure est associée à un déclin significatif des taux de prolactine qui explique la faible assiduité à cou-

### Les polluants affectent la reproduction

ver l'œuf par les individus les plus contaminés. En croisant les données écotoxicologiques avec un suivi démographique à long terme (bagueage), nous avons pu mettre en évidence chez les skuas antarctiques et les grands albatros les plus contaminés, un impact à long terme des POPs et du mercure qui affectent la capacité de se reproduire et le succès reproducteur (couvaison et élevage du poussin). Nous avons alors modélisé les données de terrain dans le cadre d'une future augmentation des niveaux de mercure en Antarctique, scénario prédit par de nombreuses études internationales. Il apparaît alors que l'augmentation de la contamina-

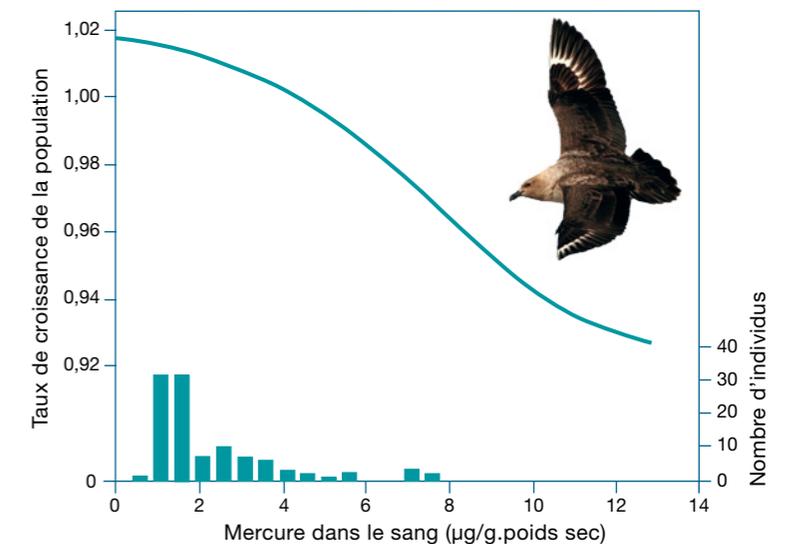


PIERRE BLEVIN

tion par le mercure sera associée à un déclin hautement probable des populations d'oiseaux marins antarctiques.

Le programme a donc apporté des éléments cruciaux pour dresser un premier état des lieux de la contamination par les polluants organiques persistants et les métaux lourds chez les oiseaux des Terres australes et antarctiques françaises. Ce projet a aussi permis de mettre en évidence que des concentrations même modérées de mercure ou de POPs sont assorties de la perturbation du fonctionnement de certaines hormones (corticostérone, LH, prolactine). Ces travaux mettent également en évidence que l'exposition à ces contaminants affecte significativement la valeur sélective des individus (suppression de la reproduction, altération des comportements parentaux, déclin de la fécondité à long terme) et altérant la dynamique même des populations. La traduction des indices environnementaux (climat, ressources) en réponses écologiques (date de ponte) se réalise via une cascade de processus hormonaux, qui déterminent probablement le degré d'adaptation aux modifications de l'environnement. Dans ce cadre, l'exposition à certains polluants tels que les POPs et le mercure pourrait entraîner une plus grande

**SKUA, CHRONIQUE D'UN DÉCLIN ANNONCÉ.** En combinant l'évolution probable du taux de mercure dans le sang et le suivi démographique des oiseaux bagués, il apparaît que l'augmentation de la pollution par le mercure et autres contaminants entraînera une diminution importante de la population de skuas antarctiques en Terre Adélie, dont la diminution du taux de croissance (courbe) se traduit par une chute du nombre d'oiseaux (histogramme).





TIMOTHÉ POUPART



JJ HARRISON (JJHARRISON89@FACEBOOK.COM)

### Grand albatros.

Avec 3,60 m d'envergure et un poids pouvant dépasser 10 kg, le grand albatros, *Diomedea exulans*, est le plus grand des oiseaux marins. Exploitant au mieux les vents des 40<sup>èmes</sup> rugissants, il parcourt sans effort des milliers de kilomètres au-dessus de l'océan Austral, des confins des tropiques à l'Antarctique. Grâce à son odorat développé, il localise facilement calmars et poissons dans l'immensité marine et suit assidûment les bateaux de pêche dont les lignes de pêche lui sont souvent fatales. Dans les Terres australes et antarctiques françaises, le grand albatros se reproduit en colonies sur les îles Crozet et Kerguelen. Son cycle reproducteur est très long, puisqu'il faut plus d'un an pour mener à bien l'incubation de l'œuf puis l'élevage d'un seul poussin. Les adultes qui peuvent vivre 60 ans ne se reproduisent qu'une fois tous les deux ans, à partir de l'âge de 6 à 10 ans. Cette espèce est en déclin dans les terres australes françaises et sur l'ensemble de son aire de répartition.

sensibilité aux facteurs de stress (modification des habitats, baisse des ressources alimentaires, dérangement) et altérer les capacités des individus à y faire face. De façon générale, les polluants, en perturbant le bon fonctionnement de mécanismes hormonaux majeurs pourraient contraindre les capacités d'adaptation des oiseaux marins aux bouleversements que connaît aujourd'hui l'Antarctique, tels que ceux engendrés par le changement climatique.

## Des capacités d'adaptation limitées

Dans les années à venir, l'accent sera mis sur l'étude des mécanismes complexes d'interactions entre les polluants et les systèmes hormonaux liées à la reproduction et au stress. C'est le cas en particulier pour certains POPs émergents tels que les composés perfluorés (PFC), récemment détectés chez les animaux antarctiques, et dont la prévalence augmente fortement chez les oiseaux marins polaires. Si ces composés perfluorés constituent désormais les polluants les plus présents chez l'homme,



PIERRE BLEVIN

les conséquences physiologiques, comportementales et démographiques de l'exposition aux PFC sont quasi-inconnues chez les animaux sauvages. Au Centre d'Études Biologiques de Chizé, les travaux sur la prévalence et les effets des PFC chez les oiseaux marins polaires sont d'ores et déjà engagés, notamment avec le soutien du CNRS et de l'IPEV. ■

Écrit en collaboration avec Céline Clément, médiatrice scientifique, membre du bureau d'APECS France, association des jeunes chercheurs et éducateurs travaillant dans les régions polaires.

### Skua antarctique.

Le skua antarctique, *Catharacta maccormicki*, est un oiseau robuste, au bec puissant et au plumage brun, avec des bandes blanches sur les ailes. Contrairement à la majorité des oiseaux marins, les femelles sont plus grandes que les mâles. Il niche sur les côtes antarctiques et, dans les Terres australes et antarctiques françaises, n'est présent qu'en Terre Adélie. Les deux œufs sont pondus entre des rochers durant l'été austral et couvés pendant un mois. Les poussins quittent le nid à l'âge d'un mois et demi. La maturité sexuelle est atteinte à l'âge de 6 ans et les adultes peuvent vivre 35 ans. Très agressif envers ses congères et l'homme, il défend âprement son territoire. Les skuas reproducteurs s'alimentent de poissons, d'œufs et de poussins de manchots et sont charognards. Après la reproduction, les skuas entreprennent une migration spectaculaire et hivernent au large de l'Alaska, du Groenland et du Japon. Ils deviennent alors cleptoparasites, dérobant le fruit de la pêche d'autres oiseaux.

### Pour en savoir plus

- *Mondes Polaires, hommes et biodiversités, des défis pour la Science*. 2012. Éditions du Cherche Midi / CNRS, 173 p.
- *Récit d'un hivernage en Antarctique*. Pierre Blévin, TA 64 blog : <http://pierre.ta64.tf/>
- *Polychlorinated biphenyl (PCB) exposure and adrenocortical function in seven polar seabirds*. Tartu S, Angelier F, Bustnes JO, Moe B, Hanssen SA, Herzke D, Gabrielsen GW, Verboven, N, Verreault J, Labadie P, Budzinski H, Wingfield JC, Chastel O. 2015. *Environmental Pollution* 197, 173-180. (en anglais)

## Menace chimique sur les oiseaux antarctiques



[www.lecerclepolaire.com](http://www.lecerclepolaire.com)