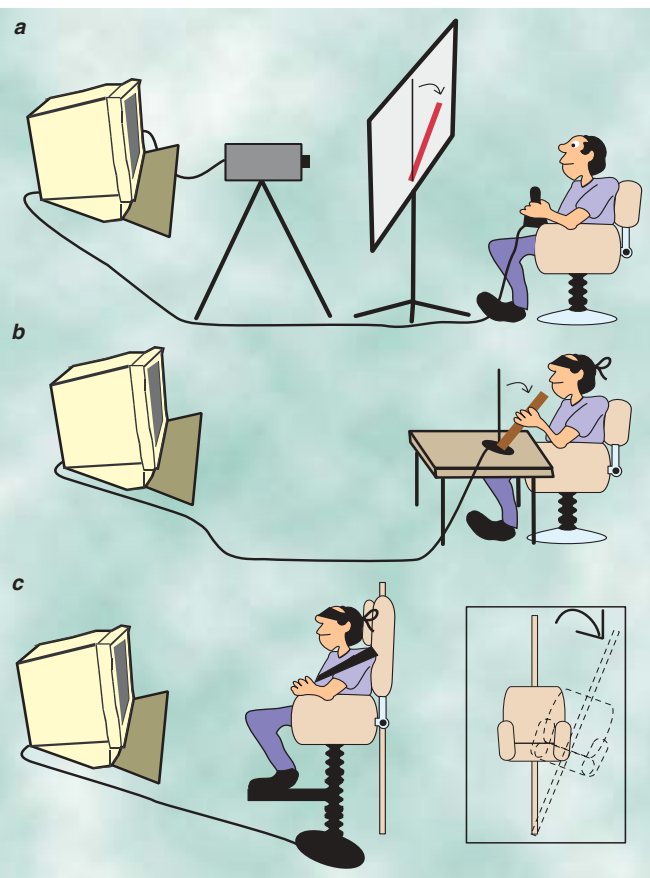


Une question de bon sens

Notre organisme perçoit mieux la direction verticale que les directions obliques.

Sur les manèges des fêtes foraines, tous nos sens sont soumis à rude épreuve. Notre sens de l'orientation aussi : quand nous n'avons pas la tête en bas, le manège penche à droite, puis à gauche, et encore à droite. On se sent bien plus à l'aise dès que le manège retrouve sa position de départ et nous, une orientation «normale». Nous venons de réaliser une expérience qui montre que les différents sens de notre organisme perçoivent mieux l'orientation verticale que les orientations obliques.

De façon générale, l'orientation d'un objet dans l'espace se définit par rapport à un axe de référence, et par l'angle qu'il forme avec cet axe. Deux orientations se distinguent parmi toutes celles de notre environnement : l'axe vertical, qui correspond à la direction de la force de gravitation à laquelle nous sommes soumis, et l'axe horizontal, qui est celui de l'horizon visuel. La combinaison de ces deux axes forme un



La direction verticale constitue une orientation de référence pour notre perception de l'espace, quel que soit le système perceptif étudié, comme le montrent ces trois expériences. Dans la première expérience qui explore le système visuel (a), le sujet observe une baguette projetée sur un écran ; puis, on la déplace et il doit la remettre dans la même orientation, à l'aide d'une manette. Dans la deuxième expérience qui explore le système haptique (b), le sujet a les yeux bandés et doit retrouver l'orientation initiale d'une baguette par le toucher. Dans la troisième expérience (c), le sujet est placé sur une chaise inclinable et doit retrouver l'inclinaison initiale de la chaise. Dans les trois cas, les sujets retrouvent plus facilement l'orientation verticale (toutes les données sont enregistrées sur ordinateur).

cadre de référence dans un espace bidimensionnel où toutes les autres orientations sont dites obliques.

L'orientation est une propriété spatiale perçue par les yeux (le système visuel), par la main (le système «haptique») ou encore par l'ensemble du corps (le système «somato-vestibulaire»). Nous avons réalisé trois expériences avec Marion Luyat (Université de Lille), Yvette Hatwell (Université de Grenoble), et le Centre de recherches du service de santé des armées de La Tronche, pour déterminer si l'orientation verticale est utilisée comme une norme de référence par ces trois systèmes pour définir les orientations obliques. Si l'orientation verticale est privilégiée, dans quelle mesure cette norme de référence verticale est-elle commune aux trois systèmes perceptifs ?

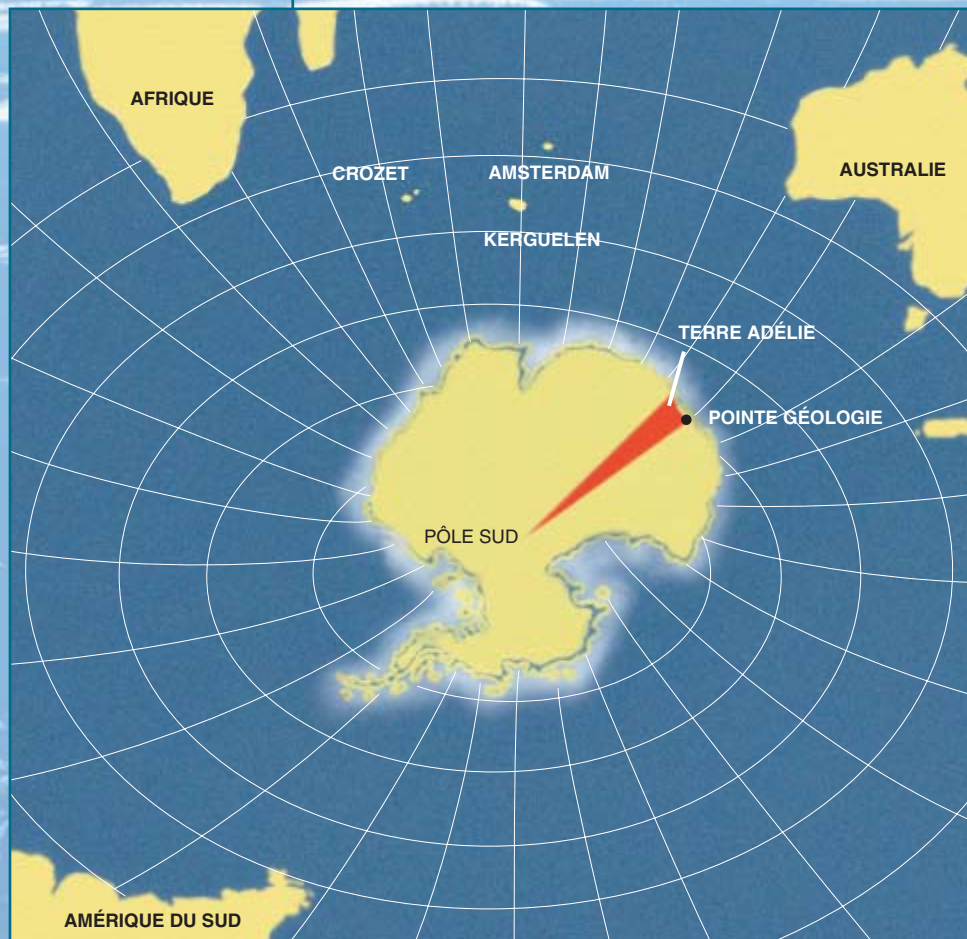
Dans les trois expériences, 36 adultes devaient retrouver soit l'orientation initiale d'une baguette, en la regardant ou en la touchant les yeux bandés, soit l'orientation de leur propre corps, par la perception «somato-vestibulaire», grâce à une chaise inclinable. Dans la première épreuve, visuelle, le sujet regarde une baguette lumineuse projetée sur un écran dans une pièce noire. La baguette prend différentes orientations, verticale ou obliques (-45 degrés, -30 degrés, -15 degrés, 15 degrés, 30 degrés et 45 degrés). Puis la baguette disparaît, et, après dix secondes, le sujet doit repositionner la baguette (déviée de plus ou moins 20 degrés par rapport à l'orientation testée) et lui rendre l'orientation qu'elle avait au début, à l'aide d'une manette.

Dans la deuxième épreuve, haptique, le sujet a un bandeau sur les yeux. Il explore avec sa main droite une baguette réelle, puis on la lui enlève. Dix secondes plus tard, on la lui redonne (déviée de plus ou moins 20 degrés) et il doit reproduire son orientation en utilisant seulement sa main droite (il a toujours les yeux bandés). Dans la troisième épreuve, somato-vestibulaire, le même sujet, dont les yeux sont bandés, est assis sur une chaise inclinable robotisée. On impose à la chaise une des inclinaisons testées, puis, quelques instants plus tard, on impose cette position avec un écart de plus ou moins 20 degrés ; le sujet, toujours assis sur la chaise, doit reproduire son inclinaison initiale, en orientant lui-même la chaise à l'aide d'une manette.

Pour chaque épreuve et pour chaque orientation, nous avons mesuré l'écart en degrés entre l'orientation initiale et celle reproduite par le sujet. Dans les trois épreuves, les personnes qui ont participé aux expériences retrouvent avec plus de précision l'orientation verticale que les six autres orientations obliques, ce qui était connu pour les systèmes visuel et haptique. En revanche, c'est la première fois que l'on montre que c'est aussi le cas pour le système somato-vestibulaire. Ainsi, les trois systèmes perceptifs semblent utiliser l'orientation verticale comme référence pour définir les orientations obliques. Par ailleurs, les sujets retrouvent plus facilement l'orientation verticale grâce à la vue, un peu moins avec le corps, et encore moins bien par le toucher.

Le système visuel semble donc plus efficace pour percevoir les orientations, que les systèmes somato-vestibulaire et haptique. En revanche, un sujet «doué» pour retrouver une orientation grâce à la vue ne l'est pas forcément quand il utilise les systèmes haptique ou somato-vestibulaire. Il semble qu'il n'y ait aucun lien, chez une même personne, entre la perception des orientations dans l'espace par les trois systèmes : l'efficacité de l'un des systèmes n'impose pas que les autres systèmes soient performants. Bien que l'orientation verticale soit une norme de référence pour chacun des trois systèmes de la perception, les mécanismes sous-jacents différencieraient d'un système à l'autre. De quoi faire tourner la tête des chercheurs pour quelques temps encore.

Édouard GENTAZ, Laboratoire cognition et développement de l'Université de Paris 5



autour de l'Antarctique

Avec 300 jours de pluie par an et autant de journées de vent, les îles qui entourent le continent antarctique sont des contrées éloignées, où les conditions climatiques sont difficiles. Après avoir imaginé découvrir un nouvel Eldorado dans ce pays du bout du monde, les explorateurs y ont trouvé des îles désolées : l'archipel des Kerguelen fut même nommé île de la Désolation. À la fin du XIX^e siècle, les navigateurs y ont exploité la baleine et d'autres animaux marins, jusqu'à menacer certains d'entre eux d'extinction (voir l'article d'introduction, *Les îles australes, laboratoires de l'évolution*, pages 32 à 35). On commence à prendre conscience de la richesse et de la fragilité de cet écosystème, où les quelques plantes et insectes spécifiques qui s'y développent ont acquis des mécanismes d'adaptation au froid (voir *La biodiversité dans les îles subantarctiques*, pages 36 à 41). Aujourd'hui, cette zone, encore épargnée par l'homme, constitue un réseau d'observatoires de l'environnement, où l'on surveille les populations d'espèces endémiques. Leur évolution reflète celle du climat et celle des ressources de l'océan, mais aussi l'influence croissante de l'homme.

Grâce aux progrès de l'imagerie par satellite et des modélisations, on suit la «santé» de l'océan avec des «bio-indicateurs» de l'équilibre local, tels que l'albatros (voir *Prédateurs marins et changements climatiques*, pages 42 à 45) ou le manchot royal, dont la survie dépend de la nourriture qu'il tire de l'océan (voir *Les manchots, auxiliaires des océanographes*, pages 46 à 50). Les espèces vivantes, animales et végétales, qui se développent spécifiquement dans cet écosystème, sont remarquablement adaptées aux contraintes de ces milieux extrêmes, mais tout intrus, qu'il soit végétal ou animal, risque de perturber un équilibre précaire et de menacer la survie de ces espèces (voir *Le chat dans l'écosystème subantarctique*, page 51). Aujourd'hui, ces ultimes frontières encore vierges attirent de plus en plus de touristes. La survie de la faune et de la flore de cette France lointaine dépend des précautions qui seront prises pour éviter l'introduction d'espèces étrangères qui risqueraient de faire disparaître ces espèces uniques et fragiles.



Les îles australes, laboratoires de l'évolution

PIERRE JOUVENTIN

Sur ces îles du bout du monde, les espèces animales et végétales ont évolué, en vase clos, à l'abri de l'influence humaine, du moins jusqu'à un passé récent : l'introduction volontaire ou accidentelle d'espèces continentales perturbe ces écosystèmes fragiles et originaux.



Les Terres australes et antarctiques françaises sont constituées de trois groupes d'îles dans le Sud de l'océan Indien (Kerguelen, Crozet et Amsterdam), ainsi que par la Terre Adélie, portion du continent antarctique revendiquée par la France. Seule la côte de l'Antarctique a été colonisée par quelques animaux et plantes : c'est sur l'archipel de Pointe Géologie qu'a été construite la base où l'on étudie les différentes facettes de l'écologie polaire et subpolaire.

Ces terres sont parmi les plus isolées des continents habités et elles constituent des sanctuaires où les perturbations humaines paraissent les moins sensibles. Ainsi, sur l'île Amsterdam a été placée une station de pompage de l'air qui sert de référence, de «zéro absolu» dans les études sur la pollution atmosphérique. Ces groupes d'îles, qui s'échelonnent de la zone polaire à la zone subtropicale, sont assez hétérogènes sur le plan climatique. Les trois archipels de l'océan Indien présentent la particularité d'être les seuls territoires d'outre-mer où n'habite aucune population humaine sédentaire. Les seuls habitants temporaires de ces terres lointaines sont des scientifiques ou des techniciens qui viennent y passer quelques mois, puis retournent en métropole dans leurs laboratoires ou leurs administrations d'origine. Ainsi, les Terres australes et antarctiques françaises ont des conditions climatiques variées, à l'image de l'histoire de leur colonisation.

À la recherche d'un nouvel Eldorado

Dès le Moyen Âge, les géographes supposent l'existence, de l'autre côté du monde habité, d'une masse continentale symétrique, la *Terra Australis Incognita* ; censée apporter de nouvelles richesses, elle fut le moteur des explorations dans l'hémisphère Sud. En réalité, la seule masse continentale découverte en 1820 est le glacial continent antarctique. Le Français Jules Dumont d'Urville explore les régions antarctiques et découvre des terres inconnues ; en 1840, il est le premier à mettre pied sur le continent antarctique qui devient la terre Adélie, du nom de son épouse. C'est la réalisation d'un rêve de conquêtes qui avait commencé dès 1522, lorsque le Portugais Juan Sebastian del Cano, un compagnon de Fernand de Magellan, avait aperçu l'île Amsterdam sur la route du retour. Cette île est

1. LE MANCHOT ADÉLIE est bien adapté à la plongée et au froid. Comme beaucoup d'oiseaux marins, il nidifie sur la côte du continent antarctique.

redécouverte par des marins hollandais, puis elle est oubliée jusqu'à ce que des commerçants de La Réunion demandent au gouvernement français d'en prendre possession, en 1843, ainsi que de sa voisine l'île Saint-Paul, afin qu'ils puissent exploiter les langoustes. En 1871, une famille réunionnaise s'installe sur l'île Amsterdam, mais elle en repart la même année abandonnant quelques bovins qui allaient se multiplier.

Le Malouin Nicolas Marion-Dufresne, capitaine de la Compagnie des Indes, voulait être le premier à explorer ce nouvel Eldorado, plus au Sud. Chargé de ramener à Tahiti un indigène qui avait suivi Louis Antoine de Bougainville jusqu'en France, il change de destination au décès de son passager, mais ne trouve que les îles Crozet. Dépit, il poursuit vers la Nouvelle-Zélande, où il est massacré par les Maoris, en 1772. Un mois après la mort de Marion-Dufresne, Yves de Kerguelen, officier de la Marine royale lancé dans cette «course au trésor», découvre l'archipel auquel on donnera son nom. À son retour à la Cour, il annonce un peu vite la découverte du fameux continent austral et de ses richesses entrevues. Il doit reconnaître son erreur après y être retourné deux ans plus tard et sa légèreté le conduit à la Bastille, d'où la Révolution française le sortira. L'explorateur anglais James Cook, alors qu'il est aussi en train de ramener un Tahitien chez lui, fait un crochet par l'île Kerguelen où il débarque à la fin de l'année 1776. Il en fait le tour... et la nomme île de la Désolation.

Les récits désillusionnés des découvreurs attirent pourtant une nouvelle vague d'aventuriers. Car l'abondance des éléphants de mer et des otaries dans ces îles subantarctiques vierges est devenue une source de profit à une époque où les villes s'éclairent à l'huile animale. Phoquiens et baleiniers, souvent d'origine américaine, affluent et, en quelques dizaines d'années, les animaux marins sont menacés de disparition : les otaries s'éteignent pour une centaine d'années et les baleines sont menacées d'extinction par cette chasse industrielle. L'exploitation s'arrête entre 1930 et 1950 selon les régions, car la mise au point d'une huile minérale fait chuter les cours de ces richesses fragiles. Bien qu'elles soient dépourvues de richesses, ces îles du bout du monde n'ont pu rester à l'abri de la recherche du profit, mais, du moins, ont-elles conservé jusqu'à nos jours un patrimoine biologique unique au monde.

Autour des années 1950, une base permanente est mise en place par la France dans chacun des trois groupes d'îles des Terres australes et antarctiques françaises ainsi que sur l'archipel. Aujourd'hui, la recherche scientifique est la principale activité à terre et la pêche l'activité dominante en mer, mais, comme hier, la pression est grande sur les richesses biologiques, non par les sociétés françaises qui observent des quotas, mais par les pêcheurs sous pavillon de complaisance qui écument les eaux internationales, voire françaises.

La souveraineté de l'État français sur les îles de l'océan Indien est assurée par l'administration des Terres australes et antarctiques françaises, dont le siège est maintenant situé à La Réunion. Cet organisme, qui dispose d'une autonomie administrative et financière, est placé sous la tutelle du Secrétariat d'État à l'Outre-mer. La station Dumont D'Urville, en terre Adélie, est gérée par l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires, un groupement d'intérêt public situé à Brest, dont la tutelle principale est le ministère de la Recherche.

L'Institut français pour la recherche et la technologie polaires constitue surtout une agence de moyens permettant aux laboratoires métropolitains de mener leurs recherches polaires et subpolaires en disposant de la lourde logistique nécessaire dans ces régions ; par exemple, un bateau ravitailleur de 120 mètres de longueur, le *Marion-Dufresne*, qui constitue aussi le plus grand navire océanographique français est à leur disposition. Dans chacun des quatre districts austraux (Kerguelen, Crozet, Amsterdam et terre Adélie), il existe une base à vocation scientifique. Depuis quelques années, l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires anime aussi la recherche arctique, s'appuyant en particulier sur la base Jean Corbell, au Spitzberg, qui accueille depuis longtemps les chercheurs français, et dont les bâtiments ont été récemment rénovés.

La plus connue de ces îles est Kerguelen : sa superficie, égale à 7 000 kilomètres carrés, est comparable à celle de la Corse et sa longueur de côtes à celle de la France. Plus modeste dans ses dimensions, l'archipel Crozet (500 kilomètres carrés) est unique par sa richesse en oiseaux marins : 36 espèces s'y reproduisent, dont six espèces d'albatros et on y trouve 60 tonnes d'oiseaux par kilomètre carré, sans compter les éléphants de mer et les otaries !

Un patrimoine biologique unique, mais fragile

Comment peut-on expliquer la présence dans ces contrées rudes de la plus forte biomasse au monde ? Ces îles subantarctiques constituent les seules terres où viennent se reproduire les oiseaux et les mammifères marins qui se nourrissent sur les immensités océaniques environnantes, c'est-à-dire dans un rayon de 3 000 kilomètres à la ronde. Cette immense zone océanique est particulièrement riche : d'une part, les eaux froides sont très poissonneuses – c'est notamment le cas de l'océan Austral – et, d'autre part, trois fronts océaniques constituent des zones de contact entre masses d'eau de températures différentes ; cette configuration délimite quatre milieux marins qui abritent des proies abondantes et variées. Aussi toutes ces espèces de prédateurs marins les exploitent-elles, non seulement en surface, mais aussi en profondeur, de jour comme de nuit.

Dans les écosystèmes continentaux qui nous entourent, la matière organique se déverse par les fleuves, les terres enrichissant les mers. Dans les îles australes, c'est l'inverse. Les millions d'oiseaux et de mammifères qui se nourrissent dans les océans viennent se reproduire à terre et ils fertilisent les sols par leurs déjections, leurs mues et leurs cadavres.

Outre cette originalité de fonctionnement de ces écosystèmes insulaires, la faune et la flore sont très particulières, car ces îles océaniques jaillies du fond de l'océan ne sont accessibles que par l'eau ou par l'air. Les animaux et les plantes apportés par la mer ou par le vent ont évolué dans l'isolement, aussi ces communautés originales sont constituées de nombreuses espèces endémiques, c'est-à-dire qui n'existent qu'en cet endroit du monde. Comme les îles Galápagos ou Hawaï, ces sommets de volcans sous-marins sont des laboratoires de l'évolution.

Cette originalité a pour contrepartie une extrême fragilité, car l'introduction de rats, de chats, de chiens, de chèvres, de cochons ou de lapins bouleverse les équilibres établis

depuis des millénaires et se transforme en catastrophe écologique. À Kerguelen par exemple, quelques chats ont été volontairement introduits dans les années 1950 pour chasser les rats et les souris qui avaient été introduits, involontairement cette fois, par les phoquiens et les baleiniers du XIX^e siècle. Dans ce monde froid et humide dépourvu d'arbres ou d'arbustes, ces chats domestiques ont eu des difficultés à s'acclimater, mais ils ont vite trouvé que les pétrels qui établissent leurs nids dans des terriers étaient plus faciles à attraper que les rongeurs.

Des chasseurs essayèrent sans grand succès de se débarrasser des félins redevenus sauvages. Aussi les chats se multiplièrent-ils : plusieurs milliers d'entre eux éliminèrent des millions de pétrels. Lorsque leurs proies eurent disparu, les chats ne dépérirent pas pour autant, car ils chassèrent les lapins introduits volontairement par les premiers navigateurs. Ainsi, un nouvel équilibre s'est mis en place, mais après disparition de plusieurs espèces endémiques. Heureusement, les populations de pétrels qui nidifiaient sur les îles avoisinantes ont échappé à l'extinction.

De plus, ces oiseaux marins ont une stratégie démographique beaucoup plus lente que la plupart des espèces continentales, dont les pontes nombreuses

compensent une prédation systématique à terre. Ainsi, les pétrels se reproduisent très lentement, pondant au mieux un œuf par an.

Comme l'a montré notre banque de données portant sur 25 espèces des Terres australes et antarctiques françaises et sur 30 années de suivi sans interruption de reproducteurs bagués, les oiseaux marins insulaires peuvent vivre entre 30 et 60 ans et attendre cinq à dix ans pour commencer à pondre ; leurs populations ne peuvent donc se renouveler rapidement. Dans sa vie qui dure une cinquantaine d'années, un couple d'albatros fuligineux à dos sombre (une espèce à peine plus grosse qu'une poule) pond 11 œufs. Du fait de cette démographie que l'on qualifie de «ralentie», les oiseaux des îles océaniques, qui n'ont jamais été reliées à un continent, sont particulièrement vulnérables aux prédateurs introduits.

La biodiversité grignotée par les rats

Quand on compare deux îles voisines du même archipel Crozet, de tailles similaires et présentant les mêmes possibilités de nidification pour les pétrels, on constate que neuf espèces manquent sur l'île où le rat noir a été introduit : les navires des phoquiens pouvaient

mouiller facilement, et ils ont introduit malencontreusement des rats. D'une part, ces rongeurs ont un régime alimentaire très opportuniste et ils sont de redoutables prédateurs des couvées et des petits oiseaux. D'autre part, on a récemment mis en évidence que leur impact sur toutes les îles océaniques a été considérable, réduisant souvent de moitié le nombre des espèces d'oiseaux dont beaucoup étaient endémiques. Introduits il y a plusieurs centaines d'années dans de nombreuses îles du Pacifique par les Polynésiens, ils y ont fait des ravages.

Récemment, la guerre américano-japonaise a favorisé ces bouleversements écologiques : les troupes installées dans des îlots inhabités ont introduit des rats dont l'aire de colonisation a encore augmenté. Les catastrophes provoquées par l'introduction involontaire de rats se sont produites sans même que l'homme ne réalise l'action des animaux qu'il amenait avec lui sur les îles colonisées. Le rat est un facteur important et jusqu'à présent méconnu de la réduction de la biodiversité.

Nous avons trouvé sur l'île Amsterdam les ossements fossiles d'un minuscule canard pourvu de robustes pattes et de moignons d'ailes : au cours des millénaires, il avait perdu sa capacité de voler. Il a disparu après l'arrivée de l'homme sans même avoir été remarqué ; il a récemment été décrit comme une nouvelle espèce, comme d'autres oiseaux de la même île.

On ne peut ressusciter les espèces disparues, mais peut-on arrêter une disparition programmée ? Sur le plateau de l'île Amsterdam, la plus proche des terres habitées et, par conséquent, celle que l'homme a le plus modifiée, nous avons découvert, en 1983, un albatros original, de plus de trois mètres d'envergure, dont la population était réduite à moins d'une dizaine de couples reproducteurs. En fait, ils étaient gênés dans leur nidification par la présence des vaches qui avaient été abandonnées un siècle auparavant par un éleveur ; elles s'étaient multipliées jusqu'à transformer l'île en un vaste pâturage. Les vaches furent éliminées d'une moitié de l'île où la végétation reprit ses droits en quelques années ; parallèlement une clôture fut installée pour enclore le troupeau. Aujourd'hui, la population d'albatros d'Amsterdam augmente régulièrement, mais la stratégie démographique de ce Grand Albatros, qui

2. PORT JEANNE D'ARC est une ancienne station baleinière, à Kerguelen : les premiers bouleversements écologiques apportés par l'homme dans les îles subantarctiques l'ont été par les baleiniers, puis par les phoquiens, soit directement par les chasses, soit indirectement par les espèces continentales introduites sur ces îles, telles que les rats, les chats ou les lapins.



Photographies : Pierre Louventin

pond un œuf unique tous les deux ans, est si lente que la croissance de la population est faible.

Les pétrels sont un autre exemple de restauration écologique. L'île Saint-Paul est éloignée de l'île Amsterdam d'une centaine de kilomètres. Elle a été fréquentée par les navigateurs depuis plusieurs siècles. Ses pétrels, dont une espèce est endémique, ont été quasiment détruits par les rats, mais, heureusement, un îlot rocheux où nidifiaient ces espèces leur a servi de refuge. Grâce à l'aide de la Communauté européenne et de l'administration des Terres australes et antarctiques françaises, l'île a été quadrillée par hélicoptère et un appât empoisonné, mais biodégradable, a été dispersé. Les rats et les lapins introduits ont été éliminés, en quelques jours pour les premiers et en plusieurs mois pour les seconds, le travail étant poursuivi avec des chiens dressés à cet effet. Connaissant le rythme lent de reproduction des pétrels, nous pensions qu'il faudrait plusieurs années pour que la population soit reconstituée. En fait, quelques jours seulement après l'éradication des rats, des pétrels tentaient de se reproduire sur l'île principale, démontrant ainsi que l'îlot rocheux où ils s'étaient réfugiés était saturé : chaque année sans doute, ceux qui ne parvenaient pas à trouver une place pour pondre sur l'îlot essayaient de revenir sur l'île, sans succès, car les rats se nourrissaient de leurs œufs et de leurs poussins.

Un parc national des îles australes ?

Ainsi, les îles australes, bien que remarquablement protégées par leur éloignement et par leurs rudes conditions climatiques, ne sont pas à l'abri des perturbations humaines. Paradoxalement, en raison de leur isolement passé, elles sont même beaucoup plus sensibles aux introductions d'espèces étrangères que les espèces protégées métropolitaines. On peut même suivre l'anthropisation accélérée de ces écosystèmes. Ces îles australes étant terres de science depuis un demi-siècle, nous disposons de longues séries d'observations sur la faune et sur la flore, et la banque de données évoquée précédemment n'a pas d'équivalent dans le monde.

Un programme d'observations à long terme vient d'être mis en place dans ces îles sous le contrôle du Programme Environnement, Vie et Société

du CNRS et de l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires. Les îles australes représentent un réseau unique au monde d'observatoires permanents de l'environnement. Parce que l'environnement doit être étudié sur le long terme, nous avons créé une zone atelier de recherches sur l'environnement antarctique et subantarctique, dont nous décrivons ici les activités : elle réunit plusieurs équipes qui travaillent dans les Terres australes et antarctiques françaises. Elle permet de surveiller les milieux aussi bien terrestres que marins et, notamment, l'océan Austral qui joue un rôle clé dans le climat de la Terre. Les prédateurs marins qui se reproduisent sur ces îles constituent des bio-indicateurs des ressources océaniques et il est possible, aujourd'hui, de les suivre en mer. Les premiers oiseaux suivis par satellite sur plusieurs milliers de kilomètres, l'ont été dans les îles australes. Le Programme Environnement, Vie et Sociétés est le plus ancien des programmes interdisciplinaires sur l'environnement. Il a pour mission de promouvoir, au sein du CNRS, une recherche interdisciplinaire sur l'ensemble des systèmes naturels ou artificiels où l'homme intervient ou est intervenu soit en les exploitant, soit en les aménageant.

Parce que les écologues qui cherchent à comprendre le fonctionnement des organismes et des milieux naturels ne peuvent rester spectateurs de la dégradation des derniers sanctuaires de



3. L'ÉTUDE DES ANIMAUX sur les îles subantarctiques est plus facile qu'ailleurs, car ils sont peu farouches : ici, après une prise de sang, un manchot royal est remis sur son œuf.

la planète, les scientifiques demandent la création d'un parc national français. Les trois groupes d'îles australes de l'océan Indien que nous avons décrites s'étendent sur 700 000 hectares, ce qui constitue une opportunité qui, à l'échelle de notre pays, ne se représentera ni par son ampleur ni par sa valeur patrimoniale. Les conflits d'usage y sont limités par l'absence de population autochtone et d'intérêts privés ; une seule administration gère ces domaines principalement consacrés à la recherche publique et où toutes les tentatives de développement à long terme ont échoué. À la demande de l'Australie, les îles Macquarie et Heard ont été classées sites du patrimoine mondial de l'humanité ; les îles australes françaises qui sont plus riches en qualité et en quantité d'espèces le seront-elles bientôt ?

Pierre JOUVENTIN est directeur de recherche au CNRS, à Montpellier, au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive.

P. JOUVENTIN et J.-P. ROUX, *Discovery of a new albatross*, in *Nature*, vol. 305, pp. 181, 1983.

T. MICOL et P. JOUVENTIN, *Restoration of Amsterdam Island, South Indian Ocean, following control of feral cattle*, in *Biological Conservation*, vol. 72, pp. 199-206, 1995.

P. JOUVENTIN, H. WEIMERSKIRCH, *Satellite tracking of Wandering albatrosses*, in *Nature*, vol. 343, pp. 746-748, 1990.

S.L. OLSON et P. JOUVENTIN, *A new species of small flightless duck from Amsterdam island, southern indian ocean (Anatidae : Anas)*, in *The Condor*, vol. 98, pp. 1-9, 1996.

P. JOUVENTIN, T. MICOL, Y. FRENOT et V. SARANO, *Dossier scientifique : Réserve naturelle des Terres Australes Françaises*. Comité Interministériel de l'Environnement Polaire, 1996.

T. WORTHY et P. JOUVENTIN, *The fossil Avifauna of Amsterdam Island, Indian Ocean*, in *Smithsonian contributions to paleobiology*, vol. 89, pp. 39-65, 1999.

La biodiversité dans les îles subantarctiques

YVES FRENOT • JEAN-LOUIS CHAPUIS • MARC LEBOUVIER

Les insectes et les plantes des îles subantarctiques sont rares et souvent spécifiques de ces régions. Grâce à divers mécanismes d'adaptation, ils résistent aux conditions climatiques rudes, mais toute nouvelle espèce introduite dans ces milieux est une menace pour leur survie.

Dans l'histoire de l'écologie et de la biogéographie, les îles bénéficient du statut privilégié d'archétype au même titre qu'un lac ou qu'une montagne. En raison de leur isolement, de la simplicité de leurs écosystèmes comparés à ceux des milieux continentaux, et de leur fragilité, les îles océaniques ont joué un rôle fondamental dans le développement des idées concernant l'écologie et l'évolution des espèces. Parmi les milieux insulaires, ceux situés dans la province subantarctique, entre le quarantième et le cinquantième parallèles Sud, intéressent particulièrement les biologistes : ils constituent des exemples extrêmes d'isolement.

L'archipel Crozet et les îles Kerguelen sont d'origine volcanique et abritent une flore et une faune originales et encore préservées. Toutefois, bien que la fréquentation humaine y soit récente et limitée, la biodiversité de ces îles est en pleine évolution, notamment en raison de l'impact croissant, qu'il soit direct ou indirect, des activités humaines. La richesse de ces îles réside dans la gamme des écosystèmes qui s'étend des écosystèmes naturels non modifiés à des milieux où l'influence de l'homme est notable.

Le nombre des espèces autochtones vivant dans les milieux terrestres subantarctiques est réduit. Ainsi, seules 22 plantes à fleurs poussent à Kerguelen et 16 à Crozet, sur l'île de la Possession. À titre de comparaison, la flore française métropolitaine compte près de 3 000 espèces. De même, chez les insectes, on dénombre 11 espèces de diptères à Crozet et seulement 6 à Kerguelen, mais plus de 6 500 espèces dans l'hexagone ! Chez les vertébrés terrestres, on ne rencontre aucun mammifère et seulement deux espèces d'oiseaux : le canard d'Eaton (*Anas eatoni*) et le bec en fourreau (*Chionis minor*). En revanche, ces

îles sont régulièrement fréquentées par de nombreuses espèces d'oiseaux marins et par trois mammifères marins, l'éléphant de mer (*Mirounga leonina*) et deux otaries à fourrure (*Arctocephalus gazella* et *Arctocephalus tropicalis*).

Les communautés terrestres sont relativement pauvres, mais l'endémisme est élevé : à Crozet, 90 pour cent des invertébrés sont propres à la région subantarctique de l'océan Indien et 55 pour cent ne sont présents que sur cet archipel. L'endémisme des espèces végétales est moins marqué puisque la majorité des espèces poussent dans la plupart des îles subantarctiques. Le lyallia (*Lyallia kerguelensis*), par exemple, est la seule plante supérieure réellement spécifique de Kerguelen (voir la figure 1).

Ainsi, les îles subantarctiques constituent la limite Sud de l'extension du territoire de nombreux organismes. Même si les conditions climatiques n'y sont pas extrêmes, les températures sont basses toute

l'année et représentent un facteur limitant pour le développement et pour la reproduction de nombreuses espèces d'invertébrés et de végétaux.

Les contraintes de l'environnement subantarctique, qui constituent de très fortes pressions de sélection, ont favorisé des adaptations morphologiques et physiologiques particulières. Ainsi, de nombreux insectes ne peuvent voler : l'aptérisme est particulièrement développé. Sur les 11 espèces de diptères autochtones présentes à Crozet, seules quatre sont aptes à voler, et les autres ont des ailes plus ou moins réduites. Le stade extrême de cette évolution est observé chez *Anatalanta aptera*, une mouche spécialisée dans la dégradation des fientes et des cadavres dans les colonies d'oiseaux marins : Philippe Vernon, à l'Université de Rennes, a montré que chez cette espèce dont les ailes ont totalement disparu, les muscles des ailes ont été remplacés, dans le thorax, par des réserves lipidiques qui lui permettent de résister à des périodes de jeûne prolongé, lorsque les colonies sont désertées par les oiseaux, en hiver.



J. E. Crafford

Sur ces îles, les oiseaux et les mammifères marins jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres en les approvisionnant d'énormes quantités de matières organiques d'origine océanique. Les invertébrés qui décomposent la matière organique dominent par le nombre de leurs espèces et par leur abondance ; leurs prédateurs sont quasi absents et les herbivores réduits à quelques charançons. Jusqu'à une période récente, aucun mammifère terrestre herbivore ou carnivore n'avait fréquenté ces îles.

Ces particularités rendent les communautés insulaires fragiles face aux perturbations susceptibles de se produire, notamment face à l'introduction d'espèces végétales et animales étrangères. L'évolution récente de la biodiversité des communautés terrestres, liée à l'arrivée d'espèces invasives risque d'entraîner de profondes modifications dans la structure et dans le fonctionnement de ces écosystèmes.

Au XIX^e siècle, les phoquiens et les baleiniers qui fréquentaient les archipels Crozet et Kerguelen ont introduit, volontairement ou par accident, de nombreux mammifères, sauvages ou domestiques. Si les porcs ou le vison d'Amérique ne se sont pas implantés, sept espèces (le chat, le mouton, le lapin, le rat noir, le renne et la souris) sont encore présentes dans ces îles, dont trois ont un impact notable sur le fonctionnement des écosystèmes locaux : le rat noir, surtout sur l'île de la Possession, le lapin et le chat, essentiellement à Kerguelen. Dans cet archipel, le plus touché par les mammifères introduits, toutes les îles ne sont pas soumises aux déprédations des sept espèces et, souvent, une à quatre de ces espèces seulement sont présentes sur le même espace. Certaines îles sont indemnes d'introductions ; elles constituent de ce fait des systèmes de référence, conférant à l'archipel de Kerguelen les qualités d'un « laboratoire » naturel où l'on peut étudier l'impact des espèces introduites.

La biodiversité végétale

Certains végétaux également se sont adaptés aux rudes conditions climatiques des îles subantarctiques. C'est notamment le cas du chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*), une espèce emblématique de ces régions, probablement héritée du Tertiaire. Albert-Jean Dorne et Serge Aubert du

Centre d'études nucléaires, à Grenoble, et Françoise Hennion de

l'Université de Rennes, étudient les mécanismes de la photosynthèse et le métabolisme du carbone de cette espèce de chou ; ils étudient également le rôle joué par certaines substances dans sa résistance aux stress environnementaux, notamment au gel.

Une étude récente de la flore introduite sur les îles Crozet et Kerguelen nous a permis de montrer que les phoquiens et les baleiniers ont apporté peu d'espèces végétales. En revanche, le nombre d'espèces étrangères qui se sont installées dans ces îles depuis l'établissement des bases permanentes, dans les années 1950-1960, a augmenté de façon spectaculaire. Aujourd'hui encore, le nombre des introductions ne cesse de croître. La quasi-totalité des espèces introduites appartient à la flore des régions tempérées de l'hémisphère Nord et, notamment, à la flore française. Toutes les espèces récemment introduites sont présentes sur les bases, mais celles qui ont colonisé l'ensemble des îles sont assez peu nombreuses. Citons le pâturin annuel *Poa annua*, une graminée aujourd'hui présente sur presque toutes les îles péri-antarctiques, ou le pissenlit *Taraxacum officinale*, à Kerguelen. Les espèces introduites étant essentiellement localisées sur les bases, on en conclut que les navires ravitailleurs, dont le fret provient essentiellement de France, constituent le principal vecteur de ces introductions.

Certaines pratiques facilitent l'établissement d'espèces étrangères. Ainsi, à proximité de la base Alfred Faure, à Crozet, on rejette en surface les eaux usées ce qui favorise le développement de nombreuses espèces nitrophiles. Ce n'est pas le cas à Kerguelen, où les effluents sont rejetés en mer. Aux introductions accidentelles s'ajoutent des introductions directement liées aux activités d'élevage, pratiquées à Kerguelen. Ainsi, dans les années 1910, lors de l'installation de la ferme de Port-Couvreux, 1 600 moutons en provenance des Malouines ont été implantés sur la presqu'île de la Grande Terre. Bien que cet élevage ait



1. QUELQUES VÉGÉTAUX ET INSECTES colonisent les îles autour de l'Antarctique. Ces espèces sont souvent endémiques et ont élaboré des mécanismes d'adaptation au froid. Ainsi, la mouche *Anatalanta aptera* (ci-dessus) a perdu sa capacité de voler, et les muscles des ailes ont été remplacés par des réserves lipidiques qui lui permettent de survivre en hiver, lorsque la nourriture est rare. Le charançon des îles Crozet, *Bothro-metopus randi*, est absent de Kerguelen (page de gauche, dessin de E. Crafford, in S. Afr. J. Antarct. Sci. (1986), reproduit avec l'autorisation des auteurs). Le lyallia, *Lyal-lia kerguelensis* (ci-contre) est une plante qui ne pousse que sur les îles Kerguelen.

Le lapin dans l'archipel de Kerguelen

Introduit en 1874 par des marins pour constituer une réserve alimentaire en cas de naufrage, le lapin occupe aujourd'hui la plus grande partie de l'île principale de l'archipel de Kerguelen et neuf autres îles. En l'absence de compétiteurs et de prédateurs efficaces, et malgré des conditions climatiques rigoureuses, le lapin s'est facilement adapté à son nouvel environnement. Quelques dizaines d'années après son introduction, son impact sur les communautés végétales alertait déjà les botanistes qui fréquentaient l'archipel. Le lapin, par le creusement de ses terriers, érode les terrains qu'il colonise et, en outre, il réduit notablement la richesse spécifique des communautés végétales. Quand certaines espèces végétales disparaissent, les insectes inféodés à ces plantes sont menacés également. De surcroît, le lapin perturbe aussi le peuplement de pétrels nidifiant dans des terriers : d'une part, il détruit les sites de reproduction et, d'autre part, il contribue au maintien de la population de chats. Introduit au début des années 1950, le chat a une répartition voisine de celle du lapin. Ils seraient entre 3 500 et 6 500 selon les estimations de Dominique Pontier, de l'Université de Lyon (voir page 51). Les chats survivent au cours de la mauvaise saison en se nourrissant de lapins, leur principale proie hivernale ; durant l'été ils prélèvent plusieurs centaines de milliers de pétrels.

Compte tenu des dégradations occasionnées par le lapin, le contrôle de la population a été envisagé dès 1955-1956 par l'introduction du virus de la myxomatose. Malgré l'absence de vecteurs de la maladie (puces et moustiques), le virus s'est propagé par contact, occasionnant une réduction importante de l'effectif en lapins. Toutefois, en raison de ce mode de transmission, la virulence des souches de myxomatose a rapidement diminué et les lapins sont devenus résistants à cette maladie : les populations de lapins se sont progressivement reconstituées. Au cours des années 1990, le virus de la myxomatose ne jouait plus qu'un rôle mineur dans la régulation des populations. Afin d'améliorer la circulation des virus à forte virulence, les biologistes ont introduit expérimentalement, sur une île de l'archipel, en 1988, *Spilopsyllus cuniculi*, une puce spécifique du lapin. Depuis quelques années, après une phase d'installation assez longue, ce parasite contribue effectivement à une meilleure transmission du virus de la myxomatose : la densité de lapins a

notablement diminué. Cette diminution semble insuffisante pour obtenir une réelle restauration écologique de ces îles.

Afin d'analyser la capacité de restauration des îles dégradées, un programme d'éradication du lapin a été lancé en 1992 sur l'île Verte, l'île Guillou et l'île aux Cochons. Après un état des lieux détaillé, le lapin a été éliminé par empoisonnement à l'aide d'un anticoagulant, le chlorophacinone, respectivement en 1992, 1994 et 1997-1999. Au cours des années suivantes, les biologistes ont étudié les réactions des communautés végétales et animales. On a d'abord confirmé l'impact considérable du lapin sur ces îles, où seuls quelques pieds de chou et d'azorelle avaient subsisté sur des falaises inaccessibles aux lapins. Avant intervention, la densité de lapins était proche de neuf par hectare sur les îles Verte et Guillou et de 16 sur l'île aux Cochons. Une seule opération d'empoisonnement a permis d'éradiquer totalement le lapin des deux premières îles, mais deux campagnes ont été nécessaires sur l'île aux Cochons. Ces opérations ont eu lieu en hiver, ce qui a permis de réduire au maximum leur impact sur les autres espèces subantarctiques, absentes à cette période de l'année.

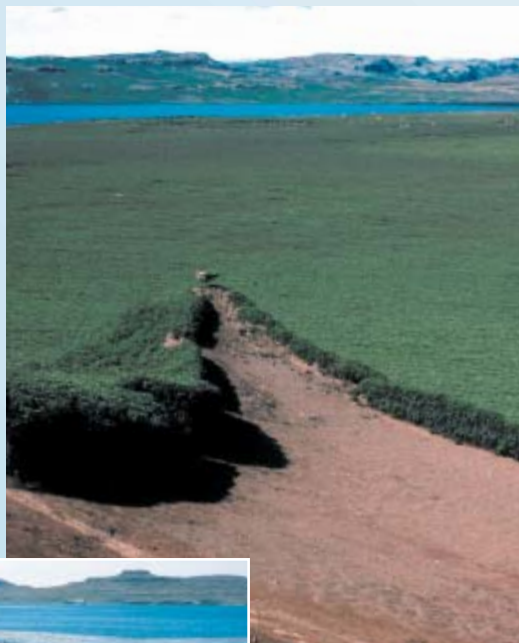
Sur les îles Verte et Guillou, l'élimination du lapin s'est traduite par une augmentation notable des différentes espèces végétales. Toutefois, la recolonisation par les espèces disparues est très lente, notamment en ce qui concerne le chou et l'azorelle qui atteignent leur maturité sexuelle après plusieurs années de croissance. Ainsi, après installation des premiers pieds de chou issus de graines arrivées sur les côtes de l'île Verte par flottage, quatre années ont été

nécessaires pour produire les graines qui seront à l'origine de la colonisation de zones intérieures de l'île. Sur l'île Guillou, où les falaises constituaient des refuges pour des pieds reproducteurs de chou, d'azorelle, ou d'autres espèces menacées par le lapin, la restauration des communautés végétales est plus rapide. Pour les communautés animales, aucune évolution notable n'a encore été observée, même si, sur l'île Verte, on constate une augmentation de la richesse spécifique des peuplements d'invertébrés et du nombre de couples reproducteurs de pétrels à terriers. Au cours de l'expérimentation, des perturbations d'ordre climatique ont modifié la recolonisation : l'augmentation des températures et surtout les sécheresses estivales récentes ont entraîné une mortalité importante des jeunes pieds de chou et de l'acaena. L'espace

ainsi libéré a été rapidement colonisé par le pissenlit.

Ces premiers résultats montrent que l'on peut restaurer les communautés originelles après éradication du lapin. Cependant ces processus sont lents et risquent d'être perturbés par les changements climatiques et par la compétition accrue entre plantes introduites et espèces locales.

Le chou de Kerguelen et l'azorelle (ci-contre) ne subsistent que sur les îles dépourvues de lapins. Sur les îles où le lapin est présent (ci-dessus) ces deux espèces ont presque disparu, laissant la place à de vastes prairies, où l'acaena forme l'essentiel de la végétation.



été abandonné et qu'aucune activité n'ait eu lieu depuis 1931, on observe encore aujourd'hui, autour des bâtiments en ruines, de nombreuses graminées introduites avec le fourrage de ces animaux. Dans les années 1970, des graminées fourragères ont été également semées sur quatre îles de l'archipel. Ces semis visaient à augmenter les ressources alimentaires des moutons et des mouflons, introduits respectivement en 1952 et 1957.

Jusqu'à présent, les espèces végétales introduites restent localisées et se disséminent peu ou lentement autour de leurs points d'introduction. Rares sont celles qui, aujourd'hui, constituent une réelle menace pour les espèces locales. Une exception toutefois : *Stellaria alsine*, une petite plante des milieux humides, apparue à Crozet au début des années 1990. Aujourd'hui, elle s'étend sur la base Alfred Faure en de larges taches où elle a totalement éliminé les autres plantes. On la rencontre également, plus ponctuellement, à plus de quatre kilomètres de la base. Cette espèce, qui produit de nombreuses graines facilement dispersées par le vent et qui peut se reproduire par fragmentation des rameaux, semble constituer une menace pour les tourbières et autres communautés des habitats humides de l'île de la Possession.

Depuis 1996, nous avons suivi l'influence du climat sur la floraison des espèces végétales introduites sur les bases de Crozet et de Kerguelen. Nous avons montré que certaines d'entre elles trouvent dans le climat subantarctique des conditions qui limitent leur reproduction. Ainsi, l'achillée *Achillea ptarmica* n'a pas fleuri à Crozet depuis 1982, date de sa première observation ; en 1998, elle a présenté quelques bouquets floraux. La houlque laineuse, *Holcus lanatus*, produit plus ou moins de graines d'une année sur l'autre. Ces espèces, aujourd'hui cantonnées à des sites restreints, car elles ne produisent pas assez de graines, pourraient, si la température locale s'élevait ne serait-ce que de quelques dixièmes de degrés, augmenter considérablement leur production de graines et, par conséquent, leur pouvoir de dissémination : elles menaceraient alors la flore locale.

Chez les insectes, nous disposons de modèles originaux qui, du fait du petit nombre d'espèces et de la simplicité des écosystèmes, permettent d'aborder plus facilement qu'ailleurs les relations entre espèces autochtones



2. LA FERME DE PORT-COUVREUX est construite en 1911 par les frères Bossières, armateurs au Havre, pour y développer l'élevage du mouton. En 1913, plus d'un millier de bêtes en provenance des îles Malouines sont débarquées, mais elles ne survivent pas. Avec ces animaux, du fourrage a probablement été importé et, aujourd'hui encore, la végétation autour des anciens bâtiments est dominée par des graminées introduites.

et espèces introduites. Ainsi, l'importation des moutons à Port-Couvreux s'est accompagnée de l'introduction d'un petit carabe, *Ooptyx soledadinus*, originaire lui aussi des îles Malouines. Il fait partie des très rares prédateurs de Kerguelen s'attaquant aux insectes. Il n'a fallu que 30 ans pour que la mouche autochtone *Anatalanta aptera* disparaisse de Port-Couvreux, et seul *Ooptyx* subsiste aujourd'hui dans ce secteur. L'aptérisme de l'entomofaune locale, frein aux échanges rapides entre les milieux, contribue vraisemblablement à fragiliser ces insectes face à l'introduction d'un prédateur efficace tel qu'*Ooptyx* qui n'a lui-même qu'un seul ennemi, la souris.

Quand les insectes importés menacent la flore locale

Comme pour les espèces végétales, un réchauffement climatique favoriserait le développement de certains insectes. C'est le cas par exemple de la mouche bleue, *Calliphora vicina*, introduite à Kerguelen dans les années 1970. Après être restée cantonnée, les premières années, aux bâtiments chauffés de la base de Port-aux-Français, cette espèce parvient aujourd'hui à se reproduire à l'extérieur, et elle occupe désormais une grande partie de l'Est de l'archipel. Pendant le printemps et l'été australs 1997-1998, les conditions météorologiques ont été plus chaudes et moins pluvieuses, et nous avons constaté que le nombre de *Calliphora* a décuplé et que sa période d'activité a

augmenté d'un mois par rapport aux années antérieures. Cette année-là, la compétition entre la mouche étrangère *Calliphora* et la mouche autochtone *Anatalanta*, dont les larves exploitent les mêmes ressources alimentaires (fientes, cadavres...), a été particulièrement forte.

Le cas du papillon des plantes crucifères, *Plutella xylostella*, est également démonstratif. Cette espèce, très commune dans les régions tempérées, a sans doute été importée régulièrement dans toutes les îles subantarctiques avec les légumes frais qui sont apportés pour nourrir le personnel des bases. Jusqu'à présent, aucune infestation des crucifères locaux n'a été observée dans les îles françaises, mais, à Marion, une île subantarctique sud-africaine, *Plutella* a été observée sur le chou de Kerguelen dès 1986 et le réchauffement climatique des années 1980-1990 a contribué à son extension sur cette île. Les chenilles de ce papillon représentent aujourd'hui une menace sérieuse pour le chou de Kerguelen, sur l'île Marion.

Nombre de critères montrent que la biodiversité des communautés terrestres subantarctiques est en pleine évolution, sous l'effet conjugué des changements climatiques et de la fréquentation humaine qui risque de s'accroître encore à l'avenir. L'augmentation de la demande touristique pour cette région du monde démontre que le public, amateur de terres vierges et protégées, a su reconnaître dans ces territoires des milieux exceptionnels par l'originalité de leur faune, de leur flore, ainsi que par la beauté de leurs paysages.



Photographies : Yves Frenot - CNRS / IFREP

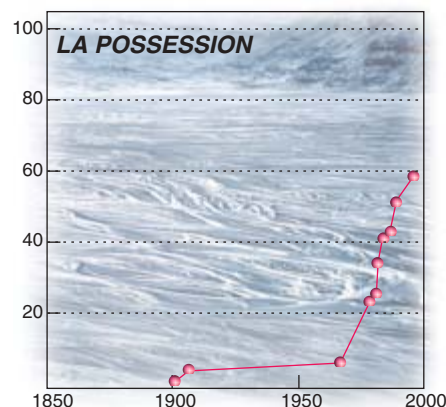
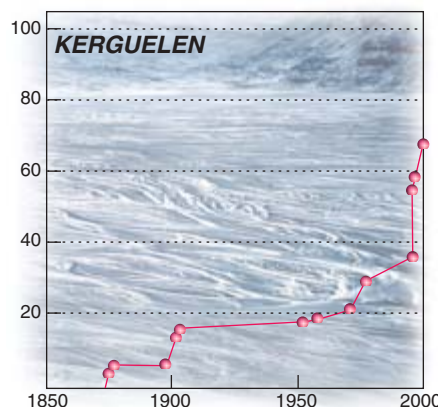
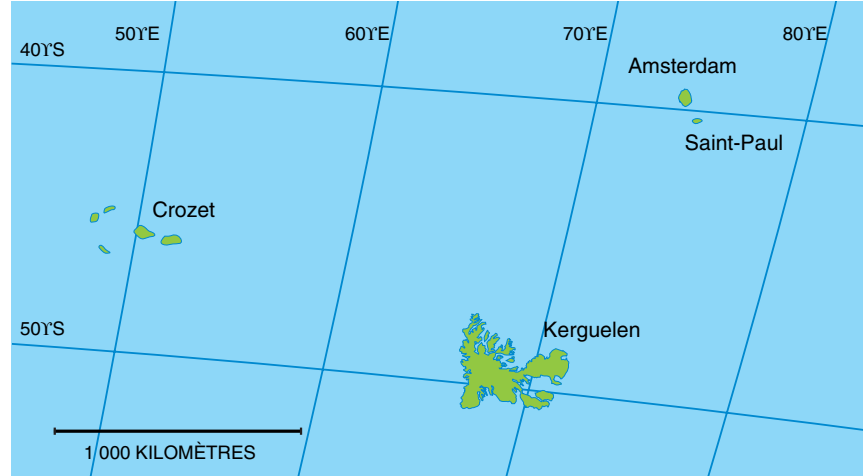
3. LES ESPÈCES VÉGÉTALES des îles subantarctiques sont peu nombreuses : une vingtaine, contre 3 000 en France. Ce sont essentiellement le chou de Kerguelen (*ci-dessus*), la graminée *Festuca contracta* (*en haut à droite*), abondante à Kerguelen, ou *Lycopodium saururus* (*ci-contre*), qui pousse dans les zones humides et sur les plateaux rocheux. Elles sont menacées par les espèces étrangères introduites par bateau. À Crozet, pissenlit, petite oseille et graminées introduites (*ci-dessous*) font des taches de couleurs inhabituelles dans ces paysages.



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 phoquiers 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 phoquiers, 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 LÉBOUVIER 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.

