



Évolution

Le plus étrange des oiseaux

Ewan Fordyce et Daniel Ksepka

L'ESSENTIEL

■ Les manchots

ne peuvent voler, mais ils sont d'excellents nageurs et plongeurs. On cherche à savoir comment ils ont développé de telles caractéristiques et comment certains se sont adaptés aux froids extrêmes.

■ Des fossiles récemment découverts permettent de reconstituer leur évolution, révélant que certains traits se sont développés sous un climat chaud.

■ Bien qu'ils aient survécu à 60 millions d'années de changements climatiques, les manchots risquent de succomber au réchauffement actuel.

Novembre en Antarctique. La débâcle estivale de la banquise a commencé. Bientôt les manchots empereurs iront pêcher. Ils passeront l'été à glisser dans l'océan Austral glacial, plongeant à des profondeurs de plus de 300 mètres à la recherche de poissons, de calmars et de krill pour se gaver avant d'entreprendre leur longue et pénible migration hivernale vers les terres où ils se reproduiront. Pour se reposer ou lorsque vient le temps de regagner leur colonie, ils se lancent hors de l'eau pour revenir sur la glace. Ce bref moment entre la mer et la glace est le seul instant où les manchots ressentent ce qui va de soi pour la plupart des oiseaux : être en suspension dans l'air.

que les chances des manchots de survivre face au réchauffement climatique actuel sont minces. La biologie et la répartition géographique de ces oiseaux traduisent une interaction complexe de la dérive des continents, du changement climatique et de la sélection naturelle au cours de dizaines de millions d'années – ce qui rend les manchots vulnérables.

Les paléontologues connaissent des manchots fossiles depuis plus de 150 ans, mais les premiers restes découverts n'étaient que de petits fragments fournissant peu d'informations sur les oiseaux dont ils provenaient. Le tout premier fossile de manchot identifié était un os unique découvert dans le calcaire de Nouvelle-Zélande

L'étonnante adaptation des manchots à des conditions extrêmes est le fruit d'une lente évolution, qui se déroule depuis plus de 60 millions d'années.

De fait, les manchots empereurs et les autres manchots sont des oiseaux bizarres. Comme tous les oiseaux, ils ont des plumes, des ailes et un bec, et ils pondent des œufs. Mais une série de caractéristiques les distinguent de leurs compagnons à plumes. Au fil de l'évolution, leurs ailes se sont transformées en nageoires. Leur « smoking » les camoufle des prédateurs : lorsqu'ils nagent, leur dos noir vu de dessus se confond avec le fond de la mer, et leur ventre blanc, vu de dessous, se confond avec la surface. Leurs os très denses facilitent le plongeon en fournissant du lest ; leurs pattes, courtes et épaisses, dirigent leur corps sous l'eau et leur confèrent ce dandinement amusant lorsqu'ils marchent sur terre. Grâce à ces caractéristiques et à d'autres, les manchots sont des maîtres du monde marin, et certains de leurs représentants – dont les manchots empereurs – ont conquis l'un des environnements les plus extrêmes de la planète.

Depuis longtemps, les paléontologues s'interrogent sur l'origine de ces oiseaux et sur la façon dont ils se sont répandus dans tout l'hémisphère Sud. Les découvertes de fossiles faites au cours de la dernière décennie nous ont aidés à reconstituer l'évolution des manchots. Il s'avère que nombre de leurs spécificités sont apparues dans des conditions bien plus douces que les grands froids auxquels on associe les manchots. Cette histoire évolutive suggère

par un Maori. Ce fossile arriva dans les mains du paléontologue anglais Thomas Huxley (1825-1895). Huxley identifia ce reste comme l'astragale (un os du pied) d'un manchot disparu plus grand que le manchot empereur, la plus imposante des espèces actuelles avec une taille de près de un mètre et une masse de 40 kilogrammes. Il surnomma ce manchot fossile *Palaeudyptes antarcticus*, qui signifie « ancien bon plongeur du Sud ». Dans les décennies suivantes, d'autres restes de manchots géants ont été mis au jour en Nouvelle-Zélande et au-delà. Mais, comme l'astragale identifié par Huxley, ils étaient tous fragmentaires et difficiles à interpréter.

Des fossiles vieux de 62 millions d'années

L'enregistrement fossile des manchots s'améliora à la fin des années 1970 lorsque l'un de nous (Ewan Fordyce) trouva par hasard un os de patte brisé, dépassant d'une falaise de grès près de Waimate au Sud de la Nouvelle-Zélande. En fracturant par petites touches la roche environnante, E. Fordyce découvrit d'autres os d'un grand manchot qui avait vécu il y a 27 millions d'années. Ce squelette partiel fournissait de nouveaux indices sur l'anatomie des anciens manchots, mais il était encore trop dégradé pour révéler leurs origines. Ce n'est que dans les années 1980

Frans Lanting

et 1990 que des fossiles exploitables furent découverts : plusieurs spécimens, retrouvés dans la région de Walpara en Nouvelle-Zélande, ont révélé les tout premiers stades connus à ce jour de l'évolution des manchots. Ces restes, qui datent de 62 à 58 millions d'années, suggèrent que les premiers manchots ressemblaient à des cormorans, avec leur long bec effilé et leurs ailes flexibles. Cependant, un examen plus approfondi révèle qu'ils présentaient des traits typiques des manchots. Par exemple, les os supérieurs de leurs ailes étaient plats et larges comme ceux des manchots actuels ; leur astragale était court et large, et leurs os, dans leur ensemble, étaient plus denses que ceux des oiseaux volants.

Après avoir analysé ces fossiles de protomanchots, E. Fordyce et ses collègues les classèrent dans deux espèces d'un nouveau genre, *Waimanu* (« oiseau d'eau » en maori). La plus grande de ces deux espèces, *Waimanu manneringi*, avait une taille approchant celle du manchot empereur, soit plus de 0,9 mètre, tandis que l'autre, *Waimanu tuatahi*, mesurait probablement environ 0,75 mètre, soit un peu plus que le manchot à œil jaune actuel. Aucune de ces espèces ne semble avoir été capable de voler – en revanche, toutes deux excellaient dans la propulsion sous l'eau.

Ces deux spécimens sont les manchots les plus anciens et les plus archaïques connus. Ils sont aussi parmi les plus anciens

représentants des oiseaux actuels. Ces manchots ont vécu peu après l'événement catastrophique qui a mis fin au Crétacé, il y a 65 millions d'années, et qui a condamné les dinosaures et de nombreux autres animaux.

Selon certains experts, cet événement aurait éliminé presque tous les oiseaux, hormis une poignée de lignées. Un tel scénario impliquerait que la lignée des manchots et d'autres lignées d'oiseaux modernes ont évolué rapidement, dans les quelques millions d'années qui ont suivi l'extinction de masse, à partir d'une unique souche ancestrale. L'étude des fossiles et l'analyse génétique des oiseaux actuels nous font pencher pour une autre explication : de nombreuses lignées d'oiseaux

UNE LONGUE HISTOIRE ÉVOLUTIVE

Les fossiles et les analyses de l'ADN des manchots actuels indiquent que ce groupe d'oiseaux est apparu alors que les dinosaures peuplaient encore la Terre. Les plus vieux manchots fossiles connus, découverts en Nouvelle-Zélande, datent de 58 à 62 millions d'années. L'événement catastrophique qui a entraîné l'extinction des dinosaures et des autres prédateurs terrestres et marins a permis aux manchots de prospérer dans les eaux tempérées entourant un minicontinent submergé, la Zélandia. Par la suite, il y a environ 50 millions d'années, les manchots ont commencé à se répandre à travers tout l'hémisphère Sud, probablement grâce à une innovation évolutive clef : un échangeur de chaleur nommé le plexus artériel huméral, qui permettait à ces oiseaux de maintenir leur température corporelle dans les eaux froides. Au fil de leur dispersion, les manchots ont développé une immense diversité de tailles et de formes – beaucoup plus importante que celle des manchots actuels. Quelques espèces de cette longue histoire évolutive et leurs relations sont représentées sur l'arbre phylogénétique ci-contre.



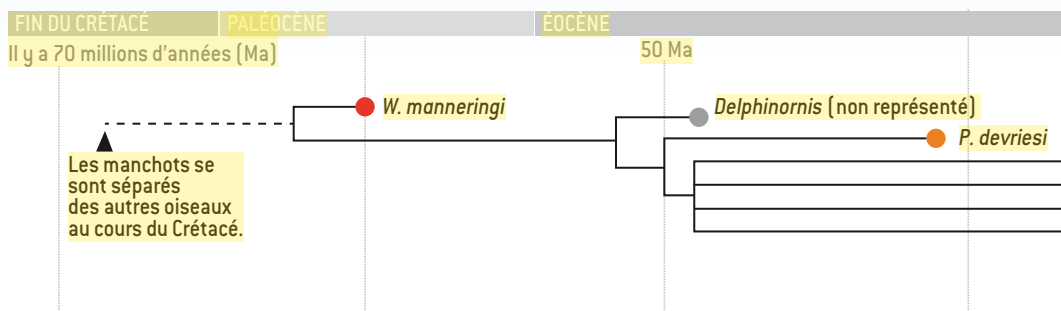
Waimanu manneringi

Perudyptes devriesi



Lcadyptes salasi

Palaeudyptes gunnari



actuels – dont celle des manchots – sont apparues avant ce désastre épique et lui ont survécu.

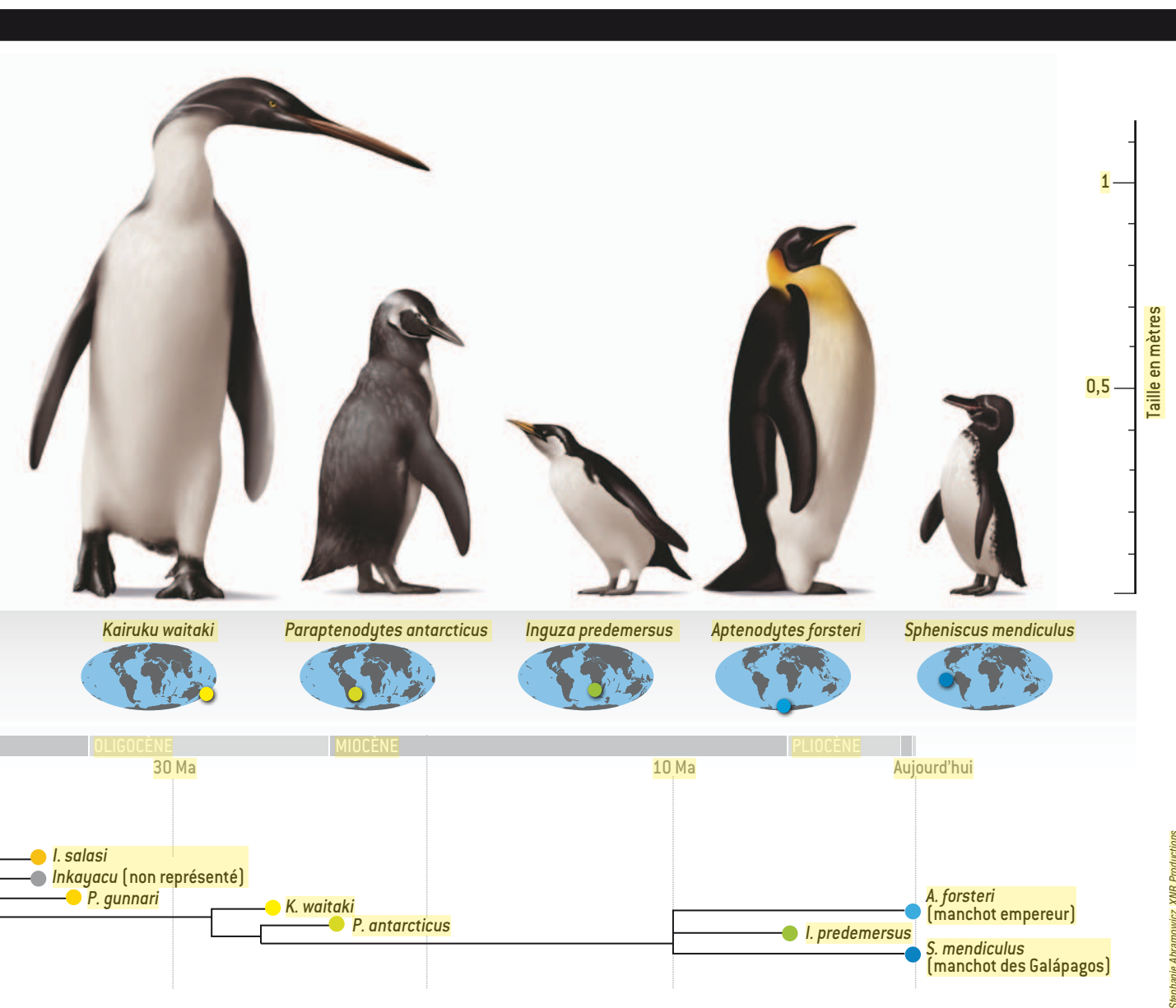
Zélandia, paradis des oiseaux marins

Le fait que les plus anciennes traces de manchots ont été trouvées en Nouvelle-Zélande n'est probablement pas une coïncidence. De nombreux manchots vivent aujourd'hui près des côtes de ce pays. Jusqu'à ce que les hommes arrivent, il y a moins de 1000 ans, ces îles constituaient un paradis tempéré pour les oiseaux de mer, en marge du Pacifique Sud et de l'océan Austral. Exempte de mammifères pré-

dateurs terrestres, cette région offrait de l'espace pour la reproduction des colonies et une nourriture abondante dans les mers environnantes.

L'étude géologique de la région suggère qu'elle était aussi favorable au mode de vie des oiseaux de mer à la fin du Crétacé, quand les manchots apparurent – quoique pour des raisons quelque peu différentes. La Nouvelle-Zélande actuelle est en effet la plus vaste région exposée d'un mini-continent submergé nommé Zélandia, qui s'est séparé de l'ancien supercontinent Gondwana il y a environ 85 millions d'années. Ainsi libérée, la Zélandia a dérivé vers le Nord-Est dans le Pacifique, transportant végétaux et animaux – y compris

les dinosaures – jusqu'à sa destination actuelle, environ à mi-chemin entre le pôle Sud et les tropiques. À mesure que la Zélandia dérivait, elle se refroidissait et s'enfonçait. Des mers peu profondes recouvrirent la région, un large plateau continental se formant autour des terres émergées. Malgré son isolement des autres masses de terre, la Zélandia ne sortit pas indemne de l'extinction de la fin du Crétacé. Beaucoup de ses organismes marins et terrestres périrent dans la catastrophe. Cependant, ce qui était mauvais pour ces animaux était bon pour les manchots. Les reptiles marins tels que les mosasaures et les plésiosaures ayant été anéantis, les premiers manchots pouvaient traverser



Stephanie Abramowicz, XMR Productions

■ LES AUTEURS



Ewan FORDYCE est paléontologue à l'Université Otago, en Nouvelle-Zélande.



Daniel KSEPKA est paléontologue à l'Université d'État de Caroline du Nord, aux États-Unis.

■ POUR INFO

Jeudi 14 mars, Yvon Le Maho et le paléontologue Philippe Taquet, président de l'Académie des sciences, reviendront sur l'évolution passée des manchots et sur leur avenir face au changement climatique dans l'émission **La marche des sciences**, sur France Culture de 14h à 15h. www.franceculture.com

à la nage les eaux entourant la Zélandia sans craindre concurrents ou prédateurs.

Ayant acquis leurs caractéristiques aquatiques en Zélandia, les manchots ont vite étendu leur domaine, se dispersant sur des milliers de kilomètres et dans de nouvelles zones climatiques. Les fossiles de l'espèce péruvienne *Perudyptes devriesi* montrent que les manchots sont arrivés à proximité de l'équateur il y a environ 42 millions d'années. En d'autres termes, ils se sont établis dans l'un des lieux les plus chauds au cours d'une des périodes les plus chaudes de l'histoire de la planète. À cette époque, la température au Pérou était d'environ 29,5°C, et la température moyenne des océans dépassait la température actuelle de 10,8 à 14,4°C. À peu près au même moment, des manchots géants tels que *Anthropornis nordenskjöldi* vivaient sur l'île Seymour, en Antarctique. Il y a 37 millions d'années, les manchots s'étaient répandus sur presque toutes les grandes terres de l'hémisphère Sud.

Une adaptation au froid... en pays chaud

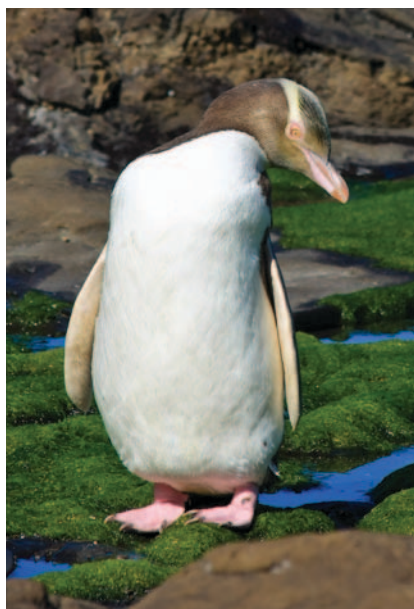
Pourquoi les manchots, après s'être cantonnés à la Zélandia pendant des millions d'années, se sont-ils brusquement répandus dans tout l'hémisphère Sud, il y a environ 50 millions d'années ? Récemment, l'un de nous (Daniel Ksepka) a découvert un indice important, une caractéristique longtemps négligée à la surface des os de nageoires qu'il est facile de négliger parmi toutes les marques associées aux muscles et aux tendons. D. Ksepka fut le premier à remarquer ces sillons en 2006, tandis qu'il étudiait les nageoires de manchots congelés dans le sous-sol du Muséum d'histoire naturelle américain à New York à la recherche de relations entre les marques sur les os fossiles et l'anatomie de la nageoire. Simultanément, Daniel Thomas, spécialiste des manchots, menait des recherches similaires à l'Université d'Otago, visant notamment à comprendre comment a évolué la capacité des manchots à réguler leur température.

En comparant leurs notes, D. Ksepka et D. Thomas ont remarqué que ces sillons se forment en un point où un groupe d'artères et de veines s'appuient sur l'humérus. Ces vaisseaux sanguins constituent un échangeur de chaleur à contre-courant nommé le plexus artériel huméral, qui permet

aux manchots de limiter les pertes de chaleur par les nageoires et de maintenir leur température corporelle dans l'eau froide. Chez les manchots actuels, le sang chaud quittant le cœur est refroidi par ce plexus avant d'atteindre l'extrémité de la nageoire, et le sang froid revenant des nageoires est réchauffé avant d'atteindre le cœur.

Cette découverte offre un éclairage quelque peu surprenant sur l'origine de la thermorégulation des manchots. Les espèces actuelles ayant la capacité de supporter un froid extrême, on pourrait penser que le plexus est le fruit de l'adaptation évolutive à un environnement très froid. Mais les fossiles suggèrent tout autre chose. La présence de tels sillons sur des restes de manchots vieux de 49 millions d'années, tels que *Delphinornis*, un manchot de petite taille de l'Antarctique, montre que l'apparition de cette caractéristique remonte au moins à cette époque. Cependant, les premiers manchots *Waimanu* de Zélandia, qui ont vécu il y a 58 millions d'années, ne présentent aucune trace de cette caractéristique. Le plexus doit donc avoir évolué entre-temps, quand la Terre était bien plus chaude qu'elle ne l'est aujourd'hui. À cette époque, l'Antarctique était dépourvu de couches de glace permanentes et offrait plutôt un environnement forestier tempéré ; la Zélandia était encore plus chaude.

Quel avantage évolutif un plexus conservateur de chaleur a-t-il pu procurer aux premiers manchots, dans ce monde aussi chaud qu'une serre ? Si les températures à la surface de la mer étaient élevées, les premiers manchots recherchaient probablement leur nourriture plus en profondeur, dans des régions riches en nutriments et donc propices à la présence de proies en quantité, dont des poissons et des calmars. Cette pêche en eaux plus froides comportait un risque, cependant. La chaleur corporelle étant plus vite perdue dans l'eau que dans l'air, si la température de l'eau est inférieure à sa température corporelle, un animal à sang chaud – tel un plongeur humain – peut être victime d'hypothermie même dans des mers chaudes. Les manchots à sang chaud risquaient de subir le même sort dans ces eaux froides – malgré leurs couches de graisse isolantes et leurs plumes imperméables. En réduisant les pertes de chaleur par les nageoires, le plexus artériel huméral leur aurait permis de maintenir plus longtemps leur chaleur corporelle dans des eaux froides.



1. UN MANCHOT À ŒIL JAUNE ou manchot antipode (*Megadyptes antipodes*) de Nouvelle-Zélande.