

L'énergie de l'air

Les manchots utilisent l'air de leur système respiratoire et celui que contient leur plumage pour améliorer leur flottaison et leurs performances en plongée.

Friands de poissons, les manchots royaux plongent jusqu'à 300 mètres de profondeur pour capturer leurs proies. Longtemps inaccessibles, les prouesses sous-marines de ces oiseaux sont depuis peu révélées par des appareils enregistreurs miniatures fixés sur ces animaux et qui transmettent des informations sur leur profondeur, leur vitesse ou leurs accélérations. Par exemple, on a récemment découvert qu'en plongée, la température corporelle des manchots royaux diminue dans les organes qui ne sont pas sollicités par la locomotion : ils restent en apnée huit minutes alors que le volume de leurs poumons n'autorise, en théorie, que quatre minutes. L'équipe d'Yvon Le Maho, du Centre d'écologie et de physiologie énergétiques de Strasbourg, en collaboration avec celle de Katsufumi Sato, de l'Institut polaire japonais, a utilisé de tels appareils pour mettre en évidence le déroulement des plongées et pour révéler le rôle de l'air emprisonné dans les poumons et dans le plumage.

Les manchots descendent vers les profondeurs à une vitesse de deux mètres par seconde en battant vigoureusement des ailerons. Ils doivent lutter contre la poussée d'Archimède qui tend à les faire remonter en surface : l'air emmagasiné augmente leur flottaison. À mesure de la descente, la pression de l'eau environnante augmente : le volume de l'air emprisonné diminue, augmentant la densité de l'animal jusqu'à ce que la poussée d'Archimède soit compensée. Au-dessous d'un certain palier, la descente continue passivement sans battement d'ailerons. Les battements ne reprennent qu'au moment de la chasse quand les manchots poursuivent leurs proies.

La chasse terminée ou bien l'oxygène épuisé, les manchots remontent vers la surface. La première partie de cette remontée nécessite des battements pour rejoindre la profondeur où la poussée d'Archimède est suffisante pour qu'ils remontent sans effort, soit environ -135 mètres pour les manchots royaux et -73 mètres pour les manchots Adélie. Au-dessus de cette profondeur critique, l'air qui est resté dans leurs poumons ou qui est emprisonné dans les plumes les aide à remonter sans qu'ils aient à mouvoir leurs ailerons. Si la première partie de la remontée est verticale, la seconde partie de l'ascension – passive – est inclinée, et ils remontent plus len-

tement qu'au début. Ce comportement éviterait les accidents de décompression, qui peuvent se produire quand les plongées sont rapprochées, comme cela a lieu, par exemple, chez les pêcheurs de perles qui plongent en apnée.

Les biologistes ont calculé que, chez les manchots royaux et chez les manchots Adélie, l'air enfermé dans le système respiratoire ou sous le plumage favorise la remontée passive et économise l'énergie des animaux qui, ainsi, peuvent rester plus longtemps immergés que s'ils devaient consommer de l'énergie pour la remontée. Les appareils enregistreurs ont révélé que plus les oiseaux plongent profondément, plus la remontée passive commence tôt (les battements d'ailerons s'arrêtent tôt lors de la remontée) : on peut en déduire qu'ils adaptent la profondeur de leur plongée à la quantité d'air emmagasiné et qui servira à la remontée passive. Ces observations indiquent que les manchots adaptent leur flottaison aux performances requises, c'est-à-dire à la durée et à la profondeur de la plongée en apnée.

Oxygène en orbite

Un satellite d'observation de la magnétosphère a révélé qu'un immense nuage d'atomes ionisés entoure la Terre lors des orages magnétiques.

A chaque tempête solaire, le Soleil pare la chevelure magnétique de la Terre d'une couronne d'oxygène. Le satellite IMAGE, lancé il y a deux ans par la NASA afin d'étudier la magnétosphère terrestre, a été témoin du phénomène et a pris la première photographie complète de cette couronne. L'ampleur du phénomène – la couronne entoure toute la planète – confirme le rôle de l'atmosphère terrestre dans les orages magnétiques.

Les atomes d'oxygène concernés, qui proviennent de la plus haute couche de l'atmosphère, l'ionosphère, sont en quelque sorte expulsés de l'atmosphère par le vent solaire, ce flux permanent de particules venant du Soleil et constitué essentiellement d'électrons, de protons et d'atomes d'hélium ionisés. À proximité de la Terre, le vent solaire est dévié par le champ magnétique terrestre et circule en spirale autour des lignes de champ. Quand il pénètre dans l'ionosphère, ce courant de particules chauffe l'atmosphère. Lors d'une tempête solaire, le vent solaire est brusquement plus dense ou plus rapide. L'échauffement est alors si important que des atomes d'oxygène de l'ionosphère sont éjectés dans l'espace.

Une fois éjectés de l'ionosphère, les atomes d'oxygène ne sont plus excités par le courant de particules et n'émettent pas de lumière. Comment peut-on alors les détecter ? Les précédentes sondes embarquées à bord de satellites les récoltaient sur leur passage. Le satellite IMAGE a pu observer le phénomène dans sa globalité en détectant les atomes d'oxygène après leur interaction avec le peu d'atmosphère neutre présente à cette altitude. Dans l'ionosphère, les atomes d'oxygène sont présents sous forme d'ions O^+ . Après leur éjection due au chauffage, ils rencontrent des atomes neutres de l'atmosphère ou des ions du vent solaire. Quand les ions oxygène captent un électron, ils se neutralisent et sont, dès lors, insensibles au champ magnétique terrestre : ils suivent une trajectoire rectiligne. Un satellite rencontre ainsi des atomes neutres d'oxygène qui proviennent de toutes les régions emplies par les ions originaires de l'ionosphère. En analysant les trajectoires des atomes recueillis par IMAGE, les physiciens ont trouvé la région dont ils proviennent et ont cartographié la répartition des atomes : comme le



Nicolas Chatelein

Les manchots adaptent leur flottaison grâce à l'air présent dans leurs poumons et à celui qui est emprisonné dans leur plumage (on voit ici des bulles d'air s'échapper du plumage).