

> peut-être des reptiles entrent ainsi dans un état mi-éveillé mi-endormi, gardant parfois un œil ouvert pendant ces intervalles. Et comme nous le verrons, on a même découvert récemment une forme similaire de sommeil unihémisphérique chez les humains.

Le demi-sommeil offre aux chercheurs une fenêtre fascinante sur le sommeil. En effet, tandis que l'on étudie l'hémisphère dormant, l'autre peut servir de contrôle lors des expériences. Et si l'on comprenait la capacité qu'ont certains animaux de vivre normalement malgré un tel manque relatif de sommeil, peut-être aurait-on des idées pour mieux traiter les troubles du sommeil humain, qui, souvent, affectent davantage l'un des deux hémisphères du cerveau.

ENDORMI, MAIS PAS TOUT À FAIT

L'étude du sommeil unihémisphérique a démarré en 1964. John Lilly, un chercheur américain controversé, remarqua que les dauphins n'ont qu'un seul œil fermé au cours de leur repos quotidien; il suggéra alors que ces mammifères marins étaient capables de dormir en utilisant un seul côté du cerveau. Lilly supposa que quand ils dorment, les dauphins sont encore en mesure d'observer et écouter leur environnement. Mais des expériences ultérieures ont été nécessaires pour déterminer ce qui se passe dans le cerveau des cétacés.

Les cétacés – baleines, dauphins et marsouins – font toujours l'objet d'études sur le sommeil unihémisphérique. Ces animaux conservent deux caractéristiques physiologiques de leurs ancêtres qui vivaient sur la terre ferme: des poumons pour respirer et des mécanismes qui maintiennent une température corporelle presque constante dans l'eau (thermorégulation). Et il semblerait que dormir d'un seul hémisphère cérébral leur ait permis de garder ces traits en milieu aquatique.

Depuis la fin des années 1970, Lev Mukhametov, de l'Institut d'écologie et d'évolution A. N. Severtsov, à l'Académie russe des sciences, et ses collègues ont examiné, plus profondément que Lilly ne l'avait fait, ce qui se passe dans le cerveau des cétacés. L'équipe de Lev Mukhametov a beaucoup étudié le sommeil chez les grands dauphins (les dauphins du genre *Tursiops*). Dans les enregistrements EEG, les chercheurs ont constaté qu'un hémisphère du cerveau des animaux était dans un état de sommeil lent, tandis que l'autre était éveillé. Ils n'ont que rarement observé le sommeil dans les deux hémisphères (ce qu'on appelle le sommeil bihémisphérique à ondes lentes), et ils n'ont enregistré aucun signe clair de sommeil paradoxal, type de sommeil très largement associé au rêve.

Pendant le sommeil unihémisphérique, la moitié éveillée du cerveau d'un dauphin

contrôle la nage et la remontée en surface pour respirer. Comme Lilly l'avait supposé sur la base d'une observation sommaire, l'œil ouvert de l'animal, lié à l'hémisphère cérébral éveillé – celui du côté opposé –, permet à un dauphin d'être attentif à d'éventuels prédateurs et de nager à l'unisson avec ses compagnons, tandis que l'autre moitié du cerveau est au repos. En 1999, Dawn Goley, à l'université d'État de Humboldt, aux États-Unis, a observé – tout comme Guido Gnone, de l'Aquarium de Gênes, en Italie, et ses collègues en 2001 – que lorsque les dauphins nagent en groupe, l'œil ouvert d'un membre du groupe assure le contact visuel avec les autres. Si un partenaire se déplace de l'autre côté, l'activité des yeux s'inverse.

Les dauphins sont également confrontés à des eaux froides qui les exposent à d'importantes pertes de chaleur. Garder un hémisphère du cerveau éveillé pendant le sommeil permettrait à ces animaux de maintenir leur température en remuant fréquemment les nageoires et la queue de façon à nager et évoluer près de la surface. Ces observations ont été rapportées en 2004 par Praneshri Pillay et Paul Manger, tous deux alors à l'université du Witwatersrand, en Afrique du Sud.

On sait que chez les cétacés et d'autres animaux, le cycle global sommeil-éveil est régi par les interactions de multiples structures cérébrales, dont le tronc cérébral, l'hypothalamus et le télencéphale basal. Ce qui régule plus précisément le sommeil unihémisphérique reste une énigme, mais on dispose de quelques indices. Ainsi, en 2012, David Kedziora et ses collègues, à l'université de Sydney, ont élaboré un modèle mathématique du sommeil unihémisphérique destiné à représenter les habitudes de sommeil des dauphins.

Dans ce modèle, les sous-structures de l'hypothalamus de chaque hémisphère – les noyaux ventrolatéraux préoptiques – s'échangent des messages qui régulent le moment du sommeil de chaque hémisphère. Il en ressort que des signaux inhibiteurs transmis entre les deux hémisphères seraient capables d'autoriser l'un des deux côtés à dormir pendant que l'autre reste éveillé. Des structures profondes du cerveau, telles que les commissures postérieures du tronc cérébral, seraient également impliquées (les commissures postérieures sont très grandes chez les dauphins, d'où leur rôle supposé dans la gestion de ce sommeil atypique). Le modèle de l'université de Sydney offre aux neuroscientifiques une piste pour explorer les mécanismes du sommeil unihémisphérique.

Les cétacés ont évolué à partir d'un ancêtre terrestre commun avec les hippopotames et d'autres mammifères à sabots. Le passage d'un milieu terrestre à un milieu aquatique s'est fait

progressivement et a peut-être comporté une phase semi-aquatique qui a entraîné des ajustements physiologiques et comportementaux importants. Par conséquent, le comportement de sommeil des cétacés représente un exemple singulier d'adaptation à un nouvel environnement qui démontre un compromis entre le besoin de sommeil et celui de survivre.

D'autres animaux font des compromis similaires. Ainsi, chez les phoques (la famille des phocidés) sont apparues diverses solutions évolutives au problème étroitement lié de la

respiration et du sommeil dans l'eau et sur la terre ferme. Par exemple, les phoques du Groenland et les éléphants de mer évitent complètement le sommeil unihémisphérique.

Le cas des otaries à fourrure du Nord (*Callorhinus ursinus*, de la famille des otariidés), cependant, est différent. En 2017, Oleg Lyamin, de l'Institut d'écologie et d'évolution A. N. Severtsov, a signalé que contrairement aux dauphins, qui semblent rarement présenter un sommeil bihémisphérique et peut-être jamais un sommeil paradoxal (à mouvements oculaires rapides), ces otaries exhibent plusieurs types de sommeil. Notamment, elles pratiquent les sommeils unilatéral, bilatéral et paradoxal, qu'elles soient en milieu aquatique ou à terre.

Lorsqu'elles sont dans l'eau et qu'elles dorment d'un sommeil unihémisphérique, les otaries à fourrure adoptent une position qui leur permet à la fois de dormir, de respirer et de surveiller les prédateurs qui s'approchent : elles s'allongent sur un côté avec une nageoire dans l'eau et remuent continuellement celle-ci tout en gardant leurs trois autres nageoires dans l'air afin de réduire les pertes de chaleur. Ce faisant, elles maintiennent leurs narines hors de l'eau, de façon à respirer. L'hémisphère cérébral du côté opposé à celui de la nageoire mobile (et de l'œil ouvert) est éveillé, ce qui permettrait à l'otarie de réaliser des commandes motrices pour nager et maintenir sa posture. Sur la terre ferme, le sommeil unihémisphérique permettrait à ces animaux de repérer d'éventuels prédateurs et de se coordonner avec leurs compagnons, mais cela ne les aiderait pas en matière de contrôle de la respiration, de régulation de la température corporelle ou de coordination des mouvements.

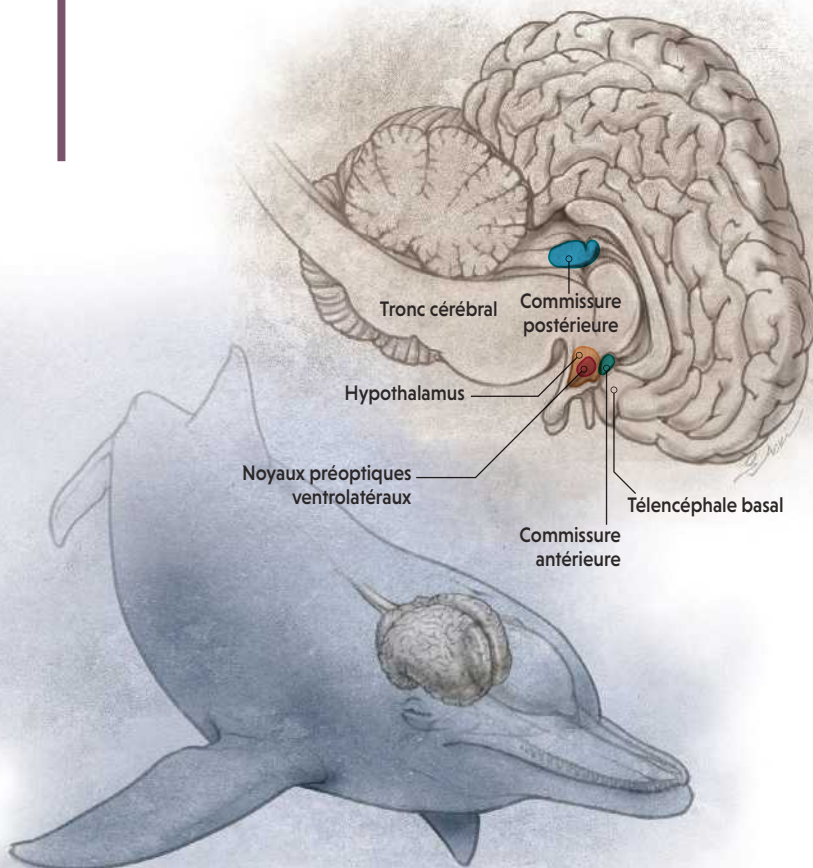
UN ÉQUILIBRE ENTRE REPOS ET VIGILANCE

Certains oiseaux aussi assurent un équilibre entre les besoins de repos et de vigilance en s'engageant dans un sommeil unihémisphérique (parfois, le sommeil unilatéral est combiné à du sommeil bilatéral et à du sommeil paradoxal). En 1996, Jadwiga Szymczak, alors à l'université Nicolaus Copernicus, en Pologne, a enregistré la présence d'ondes lentes dans l'électroencéphalogramme d'un seul hémisphère cérébral chez le merle noir. Et en 2001, Niels Rattenborg, alors à l'université d'État de l'Indiana, aux États-Unis, et ses collègues ont constaté la même chose chez des pigeons.

De façon similaire, Niels Rattenborg avait constaté en 1999 que les canards colverts étaient attentifs aux éventuelles menaces en dormant unilatéralement. Chez les individus qui gardaient un œil ouvert quand ils étaient en périphérie d'un groupe, la part de sommeil >

À MOITIÉ ALLUMÉ, À MOITIÉ ÉTEINT

Diverses régions du cerveau, dont le tronc cérébral, l'hypothalamus et le télencéphale basal, interagissent pendant le cycle sommeil-éveil. Chez les dauphins, une coordination minutieuse entre les hémisphères gauche et droit du cerveau permet à un côté de dormir pendant que l'autre se repose. Selon un modèle conçu en 2012 à l'université de Sydney, les noyaux ventrolatéraux préoptiques de l'hypothalamus de chacun des deux hémisphères s'échangeraient des messages, lesquels détermineraient quel côté doit dormir pendant que l'autre reste vigilant. Les commissures postérieures du tronc cérébral faciliteraient également ce processus de communication.



> unihémisphérique était une fois et demie plus élevée que chez ceux occupant une position plus centrale. Ces canards « sentinelles » ouvraient l'œil du côté extérieur au groupe. Mark Elgar, aujourd'hui à l'université de Melbourne, en Australie, rapportait dans une étude de 1989 que la vigilance diminue lorsque le groupe s'agrandit et lorsque l'animal se rapproche de son centre.

Durant leurs longs voyages sans escale, les oiseaux migrateurs utilisent également diverses stratégies de sommeil. En 2016, Niels Rattenborg, désormais à l'institut Max-Planck d'ornithologie à Seewiesen, en Allemagne, et son équipe ont étudié les sommeils unilatéral et bilatéral chez les frégates du Pacifique (*Fregata minor*) pendant leurs vols au-dessus de l'océan, qui duraient jusqu'à dix jours. Lors d'un épisode de sommeil unilatéral, l'EEG a montré l'éveil de l'hémisphère cérébral du côté opposé à celui d'un virage en vol, indiquant que l'œil ouvert regardait où le groupe se dirigeait. De plus, Thomas Fuchs, alors à l'université d'État de Bowling Green, aux États-Unis, a découvert en 2006 que la grive à dos olive (*Catharus ustulatus*) compense le manque de sommeil pendant le vol de nuit en augmentant la durée totale de son sommeil grâce à des microsiestes pendant la journée ou, lorsqu'elle est perchée, en fermant un œil.

ET NOUS AUTRES HUMAINS ?

Quant aux humains, ils n'ont pas de sommeil unihémisphérique classique, mais ils ont parfois l'expérience de quelque chose qui s'en rapproche. Masako Tamaki et ses collègues, à l'université Brown, aux États-Unis, ont réalisé des enregistrements EEG sur des personnes passant la nuit dans un environnement qui leur était non familier. Les résultats, publiés en 2016, montraient des ondes lentes indicatives de sommeil profond dans l'hémisphère droit et des ondes lentes superficielles dans l'hémisphère gauche, signe d'une plus grande vigilance. D'ailleurs, l'hémisphère gauche était plus facilement excité par des stimulus extérieurs que le droit. Cette asymétrie, dénommée « effet de la première nuit », disparaît la deuxième nuit. Elle semble préserver la vigilance dans un endroit non familier, et rappelle celle des mères qui se réveillent facilement lorsqu'elles entendent des pleurs ou d'autres bruits identifiés comme provenant de leurs bébés.

Nous autres humains ressentons parfois le manque de sommeil après la première nuit hors de chez soi. Mais les autres animaux qui dorment toujours d'un demi-cerveau semblent bien adaptés à leur routine. Ceux qui présentent un sommeil unilatéral passent moins de temps à dormir que ceux qui s'engagent dans le sommeil bilatéral ou dans le sommeil

paradoxal. Leur capacité de nager, de voler, de s'alimenter ou d'interagir avec leurs congénères n'en est pas moins intacte.

Les dauphins, par exemple, sont éveillés près des deux tiers de leur journée. Le reste du temps, ils dorment d'un sommeil unilatéral, les

Chez les humains, l'« effet de la première nuit » se rapproche du sommeil unilatéral

deux hémisphères s'échangeant du temps de sommeil. Pourtant, leur cerveau et leur corps semblent bien récupérer, malgré l'absence de sommeil paradoxal. En 1997, Lev Mukhametov et ses collègues rapportaient que les dauphins dont on étudiait le sommeil semblaient toujours en bonne santé. En captivité, où les scientifiques pouvaient les observer de près, les dauphins apprenaient et mémorisaient des tâches complexes.

Quant aux frégates, leur durée totale de sommeil était fortement réduite pendant le vol, mais cela ne les empêchait pas de maintenir un niveau élevé d'attention et de bonnes performances de vol au cours de leurs longs voyages. De même, les canards colverts sentinelles perdent du sommeil, mais sans que cela altère leur comportement. D'autres guetteurs les relaieront le jour suivant.

Le sommeil unihémisphérique continue de fasciner les chercheurs parce qu'il illustre les diverses stratégies apparues au fil de l'évolution pour que les animaux aient leur dose quotidienne de repos. L'intérêt suscité par les expériences de terrain a même fait de cette particularité un outil de laboratoire pour explorer le rôle du sommeil dans le développement du cerveau juste après la naissance.

Ainsi, en 1999, mon groupe au département de psychologie générale de l'université de Padoue, en Italie, a découvert que des poussins de poule (*Gallus gallus*) venant de naître dormaient beaucoup plus avec l'hémisphère gauche au cours de la première semaine suivant leur éclosion. Durant cette période, ils utilisaient préférentiellement ce même hémisphère lors de l'apprentissage de stimulus – des motifs

BIBLIOGRAPHIE

O. I. Lyamin et al., **Sleep in the northern fur seal**, *Current Opinion in Neurobiology*, vol. 44, pp. 144-151, 2017.

N. C. Rattenborg et al., **Evidence that birds sleep in mid-flight**, *Nature Communications*, vol. 7, article 12468, 2016.

G. G. Mascetti, **Unihemispheric sleep and asymmetrical sleep : Behavioral, neurophysiological, and functional perspectives**, *Nature and Science of Sleep*, vol. 8, pp. 221-238, 2016.

D. J. Kedziora et al., **Physiologically based quantitative modeling of unihemispheric sleep**, *Journal of Theoretical Biology*, vol. 314, pp. 109-119, 2012.

O. I. Lyamin et al., **Cetacean sleep : An unusual form of mammalian sleep**, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 32(8), pp. 1451-1484, 2008.