

la réconciliation entre transfert horizontal et évolution ne vise pas seulement à les faire cohabiter, mais à les faire s'enrichir l'un l'autre. Loin d'oblitérer la possibilité de construire une histoire du vivant en utilisant la phylogénie, le transfert horizontal lui apporte précisément ce qui lui manquait.

Beaucoup de possibilités issues de ces idées restent à exploiter. Par exemple, toute forme d'hérédité non verticale est susceptible d'apporter le même type d'information: la transformation, mais aussi l'hybridation, l'introgession, la symbiose, ou encore les transferts de parasites ou d'organismes symbiotiques (*voir l'encadré page 58*)... De plus, si les macroorganismes transfèrent probablement moins leurs gènes, ils portent eux-mêmes souvent des microbes parasites ou symbiotiques qui, eux, se transfèrent d'un individu à l'autre ou transfèrent leurs gènes. Ces microbes sont donc eux-mêmes des sources potentielles d'information sur l'histoire des plantes ou des animaux. Tout récemment, une équipe de l'institut de technologie du Massachusetts a ainsi détecté, à l'aide de notre méthode, les transferts de bactéries du microbiote intestinal des mammifères au cours de leur histoire.

Les transferts nous renseignent aussi sur les relations géographiques et écologiques



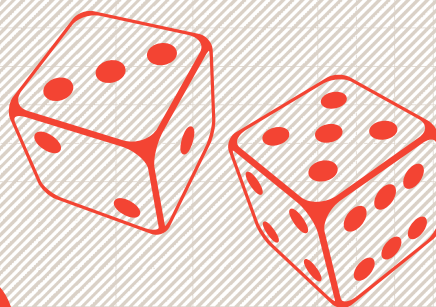
Pour la construction des arbres, le transfert de gènes est un nouveau registre fossile



entre espèces ou populations passées, puisqu'un transfert nécessite une proximité entre le donneur et le receveur. Trois docteurs dans notre équipe explorent certains de ces aspects: pour étudier l'histoire des populations humaines sur la base des échanges de gènes entre leurs parasites, pour établir des chronologies de diversification ou pour retrouver des lignées encore inconnues. D'autres équipes dans le monde commencent aussi à utiliser ces méthodes de réconciliation avec des objectifs variés. Ces recherches menées parallèlement mèneront-elles à une nouvelle crise? Nul ne le sait encore... ■

Les lois du HASARD

- 120 pages pour découvrir les lois du hasard en mathématiques, biologie, physique, etc
- En vente chez votre marchand de journaux ou sur boutique. pouirlascience.fr





L'ESSENTIEL

> Durant le sommeil, les sens perdent le contact avec l'extérieur et les mouvements du corps s'estompent. Les activités cérébrales de base étant interrompues pendant plusieurs heures, un animal qui dort constitue une proie facile.

> Chez certains animaux, ce problème est résolu par

leur capacité à dormir avec la moitié de leur cerveau, tout en restant vigilants avec l'autre. Cet entre-deux porte le nom de sommeil unihémisphérique.

> L'étude du sommeil unihémisphérique aide à comprendre le sommeil et sa fonction, voire les troubles du sommeil humain.

L'AUTEUR



GIAN GASTONE MASCETTI
neurophysiologiste
à l'université de Padoue,
en Italie, et professeur
émérite.

Ne dormir que d'un demi-cerveau

Dauphins et phoques partagent avec d'autres animaux une remarquable capacité : dormir avec un seul hémisphère de leur cerveau, tandis que l'autre reste éveillé. Un demi-sommeil qui présente bien des avantages.

L'une des caractéristiques les plus frappantes des organismes vivants, tant animaux que végétaux, est la façon dont leur physiologie et leur comportement se sont adaptés pour suivre l'alternance du jour et de la nuit. Chez les animaux, une horloge cérébrale synchronisée avec les signaux de l'environnement engendre des changements biologiques variant sur un cycle d'environ vingt-quatre heures – des rythmes circadiens (du latin *circa* et *diem*, signifiant respectivement « environ » et « un jour »).

Le cycle éveil-sommeil est un rythme circadien typique. L'éveil est caractérisé par une activité sensorielle et locomotrice ; au cours du sommeil, les sens perdent le contact avec leur environnement et les mouvements sont atténués. Cette perte périodique de conscience apparaît de façon évidente sur les enregistrements électroencéphalographiques (EEG) : le sommeil profond s'y traduit par des oscillations lentes et de grande amplitude. L'éveil, en

revanche, s'y manifeste par des oscillations rapides et de faible amplitude. Cependant, le sommeil demeure en grande partie un mystère. Pourquoi un animal se déconnecte-t-il ainsi de son environnement en interrompant ses activités sensorielles et motrices de base pendant plusieurs heures, période durant laquelle il devient plus vulnérable aux prédateurs ? La question se pose avec plus d'acuité chez les mammifères aquatiques, qui ont besoin comme les autres mammifères de respirer et de maintenir la température de leur corps durant leur sommeil.

Fait remarquable, chez certains animaux ce problème a été résolu par le développement d'une capacité de dormir avec la moitié de leur cerveau tout en restant éveillés avec l'autre – un comportement connu sous le nom de sommeil unihémisphérique à ondes lentes. D'autres encore s'engagent dans un sommeil unilatéral dans certaines circonstances, mais mettent leurs deux hémisphères au repos si nécessaire. Des mammifères marins, des oiseaux et >

> 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