

L'élagage des pendant

Pendant le sommeil, des connexions entre cellules nerveuses seraient plus ou moins affaiblies. Ainsi, les souvenirs sans importance seraient oubliés, ce qui favoriserait l'apprentissage. De surcroît, le cerveau économiserait de l'énergie.

Giulio Tononi et Chiara Cirelli

Chaque nuit, lorsque le sommeil nous rend aveugles, muets et quasi paralysés, notre cerveau travaille. Les neurones s'activent presque aussi souvent qu'en état de veille, pour une consommation d'énergie élevée. À quoi sert cette activité pendant un moment de supposé repos ?

Elle remplit probablement une fonction essentielle. Le premier élément qui le suggère est l'omniprésence du sommeil. Tous les animaux semblent dormir, malgré une vulnérabilité accrue face aux prédateurs. Les oiseaux, abeilles, iguanes et cafards dorment – de même que les drosophiles, comme nous l'avons montré avec d'autres chercheurs il y a plus de dix ans. L'évolution a entraîné des adaptations extraordinaires pour l'autoriser : ainsi, les dauphins et certains autres mammifères marins, qui doivent souvent remonter à la surface pour respirer, dorment « d'un hémisphère cérébral », pendant que l'autre reste éveillé.

Quelle est donc cette fonction du sommeil qui le rend si essentiel ? Quand nous sommes éveillés, des informations sont enregistrées dans notre cerveau sous la forme de modifications des connexions entre neurones. Il y a plus de 20 ans, nous

L'ESSENTIEL

- **Le sommeil doit avoir une fonction vitale, car il existe chez tous les animaux.**
- **Alors qu'on considère classiquement qu'il renforce les connexions neuronales codant les souvenirs, il pourrait en réalité les affaiblir. Les connexions impliquées dans les souvenirs importants seraient moins affaiblies que les autres.**
- **De cette façon, le sommeil préserverait les circuits cérébraux d'une saturation par les expériences quotidiennes et d'une consommation excessive d'énergie.**

© Frédéric Brodin

avons supposé que lorsque nous dormons, les milliards de connexions neuronales modifiées pendant l'éveil précédent s'affaiblissent – plus ou moins selon l'importance des souvenirs codés – et reviennent à un « état de base ». En conséquence, le sommeil permettrait d'enregistrer de nouveaux souvenirs tout au long de la vie sans que les réseaux cérébraux ne soient saturés ou ne détruisent des souvenirs anciens.

Une hypothèse controversée

Notre hypothèse va à l'encontre de celle de beaucoup de neurobiologistes. Certains soutiennent que la mémorisation durable est permise par le renforcement, lors du sommeil, des synapses (les zones de jonction entre les neurones) impliquées dans les souvenirs acquis récemment. Nous pensons que c'est l'affaiblissement des synapses associées aux souvenirs inutiles qui est à l'œuvre.

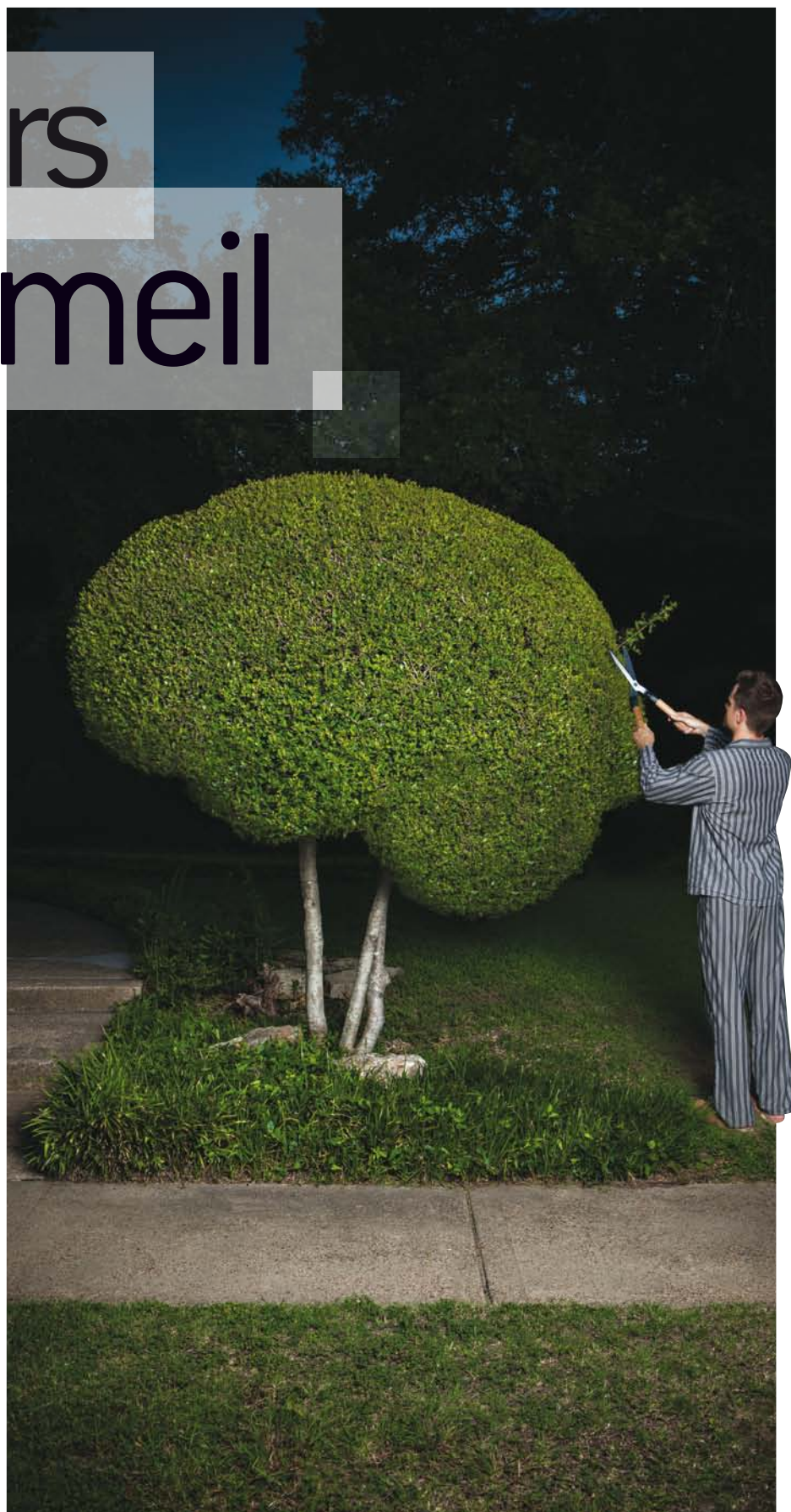
L'idée que le sommeil est important pour la mémoire remonte à près d'un siècle. Depuis, de nombreuses expériences ont montré qu'après une nuit de sommeil, voire juste un petit somme, les souvenirs

souvenirs le sommeil

nouvellement formés sont mieux ancrés qu'après un temps d'éveil identique. Cela vaut pour la mémoire déclarative, qui enregistre, par exemple, des listes de mots, ainsi que pour les mémoires perceptives et procédurales, où sont stockés les savoir-faire, tels que jouer d'un instrument de musique.

Les neurobiologistes ont alors cherché comment le cerveau traite ces souvenirs récents lors du sommeil. Au cours des 20 dernières années, des études menées chez les rongeurs et chez l'homme ont révélé une similitude de certains schémas d'activité neuronale pendant le sommeil et pendant l'éveil. Par exemple, quand un rat apprend à parcourir un labyrinthe, des neurones d'une aire cérébrale nommée hippocampe sont activés selon des séquences spécifiques. Lors du sommeil qui s'ensuit, ces séquences sont réactivées trop souvent pour que ce soit le fruit d'une activité cérébrale aléatoire ; en d'autres termes, le cerveau rejoue les scènes vécues pendant l'éveil.

Dès lors, de nombreux chercheurs ont supposé que le sommeil consolide les souvenirs en renforçant les synapses activées lors de l'enregistrement de l'information chez le sujet éveillé. L'idée est que, lorsque des neurones connectés s'activent



POURQUOI DORMONS-NOUS ?

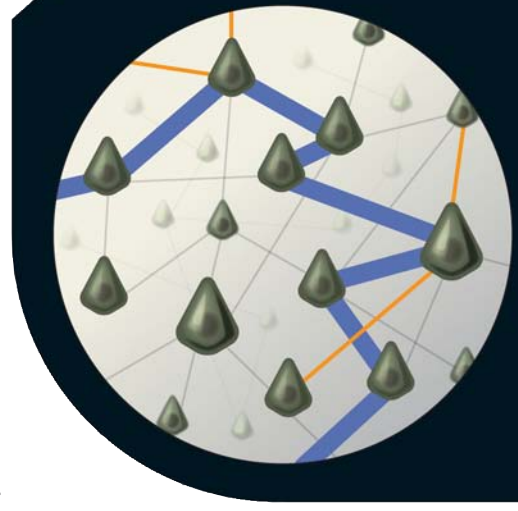
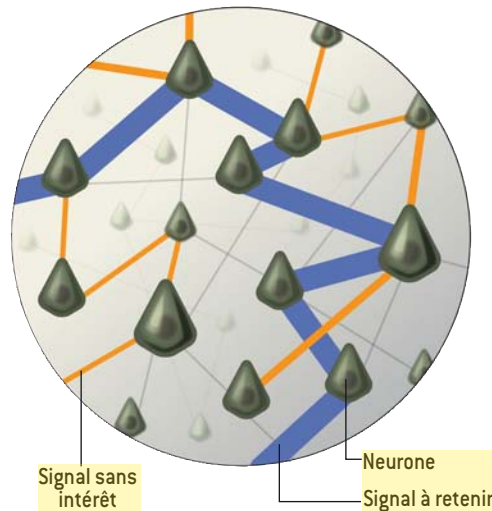
Lorsque nous sommes éveillés, des souvenirs se forment quand des neurones sont activés quasi simultanément, ce qui renforce leurs liaisons (*ci-dessous, à gauche*). Les neurobiologistes ont émis l'hypothèse que pendant le sommeil, la réactivation de ces circuits neuronaux renforce encore plus ces liaisons. C'est pourtant l'inverse qui se produirait (*à droite*) : une activation spontanée durant le sommeil affaiblirait les synapses (les zones de contact entre les neurones) de nombreux circuits. Selon les auteurs, cet affaiblissement ramènerait les synapses à leur niveau initial, ce qui économiserait de l'énergie et réduirait les contraintes sur les cellules nerveuses. Ce retour à un niveau de base, nommé homéostasie, représenterait la fonction première du sommeil.

Pendant le sommeil

L'activation spontanée supprime ou affaiblit sélectivement des liaisons neuronales (*ci-dessous; l'épaisseur des traits est caractéristique de la force des liaisons*). Celles qui sont sans intérêt sont plus affaiblies que les autres, ce qui permet de garder intacts les souvenirs importants.

En état d'éveil

Les circuits neuronaux s'activent en réponse à une stimulation environnementale, qu'elle soit digne d'intérêt (*en bleu*) ou non (*en orange*). Cette activation renforce les synapses connectant les neurones (*en vert*).



de façon répétée et quasi simultanée, les synapses transmettent de mieux en mieux les signaux. Ce renforcement sélectif, nommé potentialisation synaptique, serait le principal mécanisme cérébral de l'apprentissage. Un souvenir serait ainsi encodé dans les réseaux neuronaux par un ensemble de connexions renforcées – qui se renforceraient encore plus lorsque nous dormons.

Le renforcement jamais prouvé pendant le sommeil

Lors de l'éveil, le cerveau rejoue aussi les souvenirs, et le fait que cela renforce les synapses concernées est bien établi. En revanche, un tel renforcement pendant le sommeil n'a jamais été mis en évidence. Nous n'en sommes pas surpris, car selon nous, les connexions neuronales sont affaiblies – et non renforcées – par l'activité cérébrale du dormeur (celle qui rejoue les souvenirs comme celle qui semble aléatoire).

De multiples raisons indiquent qu'un fonctionnement correct du cerveau nécessite cet affaiblissement. D'abord, plus les synapses sont fortes, plus elles consomment d'énergie, et le cerveau ne dispose pas de réserves illimitées. Chez l'homme, il accapare environ 20 pour cent de la consommation énergétique de l'organisme, ce qui en fait l'organe le plus gourmand par unité de poids. Au moins les deux tiers de cette consommation alimentent l'activité synaptique. En outre, la construction et le renforcement de synapses sont exigeants pour les cellules, qui doivent fabriquer de multiples composants, tels des mitochondries (les centrales énergétiques des cellules), des vésicules synaptiques (qui transportent des molécules de signalisation) et différents types de protéines et de lipides nécessaires à la communication à travers les synapses.

En raison des contraintes sur les ressources, le cerveau ne peut continuer à renforcer les synapses jour et nuit pendant toute une vie. Nous ne doutons pas du rôle de la potentialisation dans l'apprentissage, mais juste du fait qu'elle se poursuive pen-

dant le sommeil. Au contraire, un affaiblissement synaptique ramènerait les circuits cérébraux à un niveau de renforcement et d'efficacité plus économe en énergie et moins exigeant pour les cellules. Nous avons nommé homéostasie synaptique cette hypothèse d'une restauration de l'état de base par le sommeil, qui rendrait au cerveau sa capacité d'apprentissage et d'adaptation lors des phases d'éveil ultérieures. Le prix à payer pour ce ré-étalonnage neuronal serait la déconnexion temporaire de l'environnement externe.

Les souvenirs triés

Reste à expliquer la façon dont le sommeil favorise l'apprentissage et la mémoire. Comment des synapses affaiblies peuvent-elles mieux enregistrer les compétences et les événements ? Pendant la journée, presque tout ce que l'on vit laisse une trace neuronale dans le cerveau et les événements importants, tels qu'une rencontre ou l'apprentissage d'un morceau de musique, ne représentent qu'une partie insignifiante