

La plasticité du cerveau

On a longtemps pensé que le cerveau cessait de se développer chez l'Homme vers ses vingt ans. Mais si la plasticité du centre nerveux diminue avec l'âge, elle reste effective jusqu'à la fin de la vie. Même à un âge avancé, de nouveaux neurones et de nouvelles connexions peuvent toujours se former.



Environ 90 % de nos connexions cérébrales se mettent en place entre notre naissance et notre majorité.

Tous les humains possèdent un réseau de neurones comparable, avec les mêmes trajectoires de l'information et les mêmes types neuronaux dans des zones identiques du cerveau. Ce schéma de base est inscrit dans nos gènes et se forme par l'interaction avec l'environnement. Celui-ci stimule et renforce certains trajets mis en œuvre pour traiter les informations, alors que d'autres, non utilisés, dépérissent. Il y a quinze ans, on pensait encore qu'on naissait avec un nombre fini de neurones. Mais on sait maintenant que notre cerveau continue de se modeler bien après les premières années de

la vie, et qu'il s'adapte aux stimulations de notre environnement.

L'ENFANCE, UNE PÉRIODE CLÉ

Chaque zone du cerveau possède pendant l'enfance une période de grande plasticité où elle est particulièrement réceptive aux stimulations extérieures. Le terme de « plasticité » indique que le cerveau des enfants est plus enclin à se réorganiser rapidement, à former de nouvelles connexions, à en éliminer d'autres. Les progrès de l'imagerie cérébrale ont démontré que tous les apprentissages s'expliquent par de telles réorganisations. Les

stimulations (vision, audition d'une langue, goût...) se traduisent par la pousse et l'allongement de dendrites, et parfois le grossissement de neurones ou des astrocytes qui les entourent.

Le cerveau grossit beaucoup dans les premières années de la vie d'un être humain. Le cerveau d'un enfant est très malléable, et de nouvelles expériences viennent constamment imprimer leur marque. Ainsi, chez de jeunes virtuoses qui passent beaucoup de temps à répéter sur leurs instruments de musique, certaines régions du cortex cérébral sont plus développées que chez les autres enfants. On observe le même phénomène chez certains athlètes de haut niveau. Le fait de s'entraîner quotidiennement provoque chez eux un développement accru des régions cérébrales impliquées dans les comportements moteurs. Cette plasticité a été observée grâce à l'imagerie médicale.

À l'âge de six ans, le cerveau fait déjà 90 % de sa taille finale. Il atteindra sa taille adulte seulement au moment de la puberté. La maturation cérébrale se poursuit ensuite jusqu'à l'adolescence tardive. La quasi-totalité des connexions des neurones se mettent en effet en place entre la naissance et la majorité. À vingt ans, le rythme des connexions qui s'établissent diminue, et certaines cellules de notre cerveau commencent à mourir. La capacité d'apprentissage et d'acquisition de nouvelles aptitudes physiques ou mentales baisse à mesure que la personne vieillit. Pour autant, le cerveau d'un adulte reste performant. On a longtemps pensé qu'il était incapable de produire de nouveaux neurones et que le nombre de cellules composant le cerveau baissait irrémédiablement. La théorie a volé en éclats il y a peu de temps : si la plasticité du cerveau est particulièrement importante chez les jeunes enfants et diminue effectivement avec l'âge, elle reste effective jusqu'à la fin de la vie.

LA NEUROGENÈSE CHEZ L'ADULTE

En 1998, les scientifiques ont pu mettre en évidence la naissance de nouveaux neurones dans le cerveau humain adulte. Cette neurogenèse aurait lieu jusqu'à un âge très avancé, supérieur à soixante-dix ans. La neurogenèse

est la production de nouveaux neurones à partir de la différenciation de cellules souches qui peuvent former tous les types de neurones. Cette neurogenèse n'est pas observée dans toutes les zones du cerveau. Elle a été démontrée pour le moment dans le bulbe olfactif et une région de l'hippocampe qui joue un rôle essentiel dans le processus de mémorisation, le gyrus dentelé. Le devenir des neurones de l'hippocampe nouvellement formés à l'âge adulte a été bien étudié chez l'Homme et chez l'animal. Ces neurones vont ainsi passer par tous les stades de la différenciation. D'abord immatures, ils vont ensuite acquérir toutes les caractéristiques des neurones et former des synapses, qui permettent la communication entre neurones. Ils sont alors totalement matures et impossibles à distinguer des neurones environnants un mois environ après leur formation. Il est encore difficile de mesurer l'importance de la formation de ces nouveaux neurones. Leur génération compense-t-elle la mort des cellules existantes ? On ne peut pas l'affirmer pour le moment, mais le fait est

qu'on ne cesse de revoir à la baisse l'ampleur de cette mort neuronale naturelle au cours du vieillissement. C'est plutôt chez le fœtus et chez le tout jeune enfant que des neurones meurent en masse, parce qu'ils ne forment pas de connexions appropriées, mais sans doute très peu chez l'adulte, sauf dans le cas de pathologies comme la maladie d'Alzheimer ou la maladie de Parkinson. L'idée d'une diminution importante des

neurones durant la vie est donc fautive. Le nombre de neurones au cours du vieillissement normal pourrait se révéler quasiment stable ; c'est plutôt la qualité des liaisons entre les neurones qui est responsable de la baisse fonctionnelle.

NOUVELLES CONNEXIONS NEURONALES

Au même titre que de nouvelles cellules apparaissent, la régénération nerveuse est tout à fait possible dans un cerveau adulte. Même à un âge avancé, de nouvelles connexions continuent de se mettre en place, et des neurones se créent dans certaines parties du cerveau. On sait aujourd'hui que le cerveau a une capacité à remodeler son organisation

**LE CERVEAU EST
MALLÉABLE ;
DE NOUVELLES
EXPÉRIENCES VIENNENT
CONSTAMMENT
IMPRIMER LEUR
MARQUE.**

en interaction avec son environnement. C'est là tout l'objet de la plasticité du cerveau adulte. Cela explique que l'on puisse encore apprendre une langue étrangère à cinquante ans, même si c'est beaucoup plus difficile que de l'apprendre pendant l'enfance. C'est aussi grâce à cette plasticité qu'un patient dont le cerveau a été altéré par un accident vasculaire cérébral va pouvoir récupérer plus ou moins ses facultés. Avec la rééducation (kinésithérapie, orthophonie...), des neurones voisins de la zone lésée vont petit à petit prendre en charge les fonctions des neurones détruits. Cette plasticité est rendue possible par des mécanismes moléculaires et cellulaires identiques à ceux

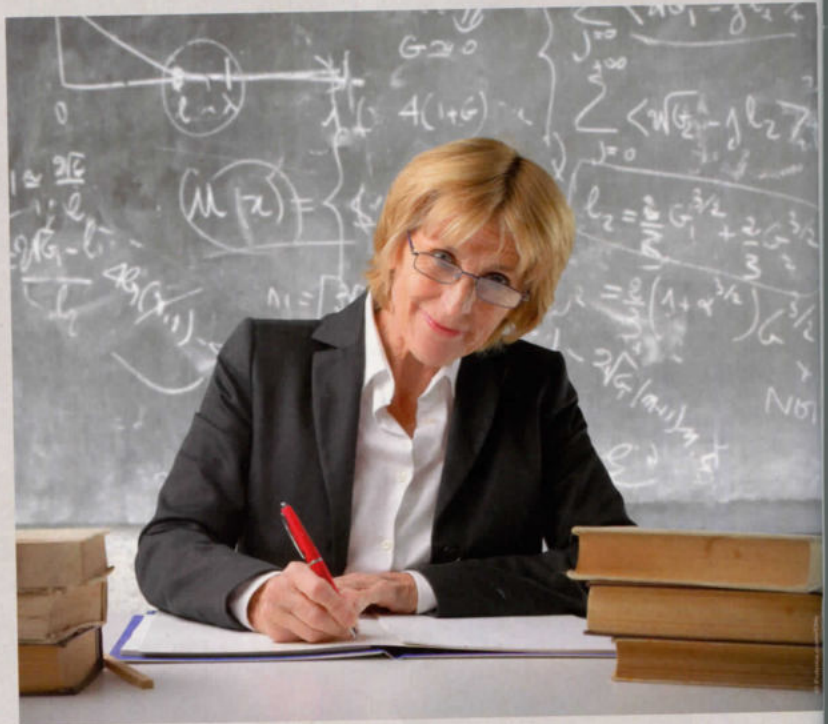
de l'embryogenèse et qui peuvent se réactiver tout au long de la vie. Si le cerveau adulte conserve cette plasticité, comment s'expliquent le déclin des capacités cognitives et les pertes de mémoire même sans maladie que l'on observe souvent chez les personnes âgées ? Sans doute par une diminution de la qualité et de la quantité des connexions neuronales. En vieillissant, le cerveau devient moins plastique. La gaine de myéline, l'isolant qui entoure les axones des neurones, se détériore, ce qui engendre un ralentissement de la propagation des messages nerveux. Les neurones perdent également de leurs ramifications, et les cellules de soutien aux neurones se développent pour compenser le vide laissé par la dégradation des neurones. Mais cette compensation ne peut être totale, et le cerveau se recroqueville petit à petit dans la boîte crânienne. Autre phénomène d'importance du vieillissement, le cerveau souffre de la dégradation de l'irrigation sanguine. Des vaisseaux sanguins éclatent, d'autres sont bouchés par des caillots. Leur paroi s'épaissit, ce qui ralentit la

circulation sanguine. Ces phénomènes sont sans gravité lorsqu'ils affectent de petits vaisseaux sanguins. Mais ils ont des effets graves quand des artères sont touchées. L'obstruction d'une artère cérébrale, qui prive une région entière du cerveau de sang et donc d'oxygène, déclenche en quelques minutes une mort massive de neurones. C'est ce qu'on appelle une « attaque cérébrale ».

**SI ON STIMULE SON
CERVEAU, DE NOUVELLES
CONNEXIONS
NEURONALES SE CRÉENT.
MAIS SI ON DÉLAISSE
CERTAINES ACTIVITÉS,
LES CONNEXIONS
RÉGRESSENT.**

PEUT-ON ENTREtenir SON CERVEAU ?

La plasticité s'opère dans les deux sens. Si on stimule le cerveau par notre environnement, des connexions continuent de se créer. Mais si, au contraire, on délaisse certaines activités, ces connexions régressent. Si on ferme artificiellement l'œil d'un animal, au bout de quelque temps, l'œil occulté perd la vue. Les neurones concernés n'étant plus sollicités, ils disparaissent ou sont utilisés par le cerveau pour d'autres fonctions. Concernant l'entretien du cerveau, on ne peut trancher sur des exercices spécifiques pour chaque âge. L'idéal est de lire régulièrement et de se cultiver dès l'en-



La création de nouveaux neurones et de nouvelles connexions est effective même chez les personnes d'âge avancé, qui peuvent continuer à apprendre.

fance. On aura ainsi plus de facilité à trouver des mots de remplacement au moment où commenceront à survenir les trous de mémoire, entre cinquante-cinq et soixante-cinq ans. En vieillissant, il faut continuer à faire travailler son cerveau comme un muscle, en variant le type de stimulation avec des exercices de mémoire, mais pas uniquement, pour ne pas hyperstimuler certaines zones au détriment des autres. Sortir, discuter, aller au théâtre, au cinéma : ces activités sociales sont importantes pour entretenir les connexions des neurones. Au même titre qu'on fait travailler sa mémoire ou sa logique, il faut continuer à bouger pour stimuler les neurones liés aux comportements moteurs en choisissant une activité physique adaptée à son âge. Qu'il s'agisse d'activités motrices ou intellectuelles, l'essentiel est de trouver des pratiques qui donnent du plaisir. On a observé que, chez les gens déprimés, les nouveaux neurones étaient moins nombreux à se former. Par ailleurs, mieux vaut privilégier une alimentation variée et équilibrée. On évitera ainsi les risques d'altérer la qualité des artères et donc celle des échanges entre la circulation sanguine et le cerveau.



En vieillissant, il faut continuer à faire travailler son cerveau comme un muscle, en variant le type de stimulation, avec des exercices de mémoire.

À RETENIR

- Nous possédons tous un réseau de neurones comparable, avec les mêmes trajectoires de l'information et les mêmes types neuronaux dans des zones identiques du cerveau.
- Le cerveau d'un enfant est très malléable, et de nouvelles expériences viennent constamment imprimer leurs marques. Chaque zone du cerveau présente une période de plasticité et est réceptive aux stimulations extérieures.
- Entre la naissance et la majorité, le cerveau humain établit la majorité des connexions neuronales.
- Mais la plasticité du cerveau reste effective jusqu'à la fin de la vie. La neurogenèse s'observe même chez les sujets âgés. Des neurones se créent dans certaines parties du cerveau, et de nouvelles connexions continuent de se mettre en place.
- Le déclin des capacités cognitives et les pertes de mémoire chez les personnes âgées sont dus à un ralentissement de la vitesse de propagation des messages et à une irrigation sanguine moindre.
- En vieillissant, il faut continuer à faire travailler son cerveau comme un muscle, en variant le type de stimulations, intellectuelles ou physiques.

Sommes-nous plus intelligents que nos ancêtres ?

Depuis l'apparition des premiers hommes, l'humanité a connu un développement unique. Mais l'homme moderne est-il supérieur à ses prédécesseurs ? L'intelligence de l'homme continue-t-elle d'évoluer ou bien au contraire a-t-elle atteint un pic et se trouve-t-elle sur une phase descendante ?

Le volume du cerveau a quadruplé depuis la séparation entre l'homme et les singes, il y a quatre millions d'années. Et depuis l'apparition du genre Homo, la taille de notre cerveau n'a cessé d'augmenter. Mais l'homme moderne est-il plus intelligent que ses prédécesseurs ? Notre intelligence continue-t-elle d'évoluer, l'homme sera-t-il plus intelligent demain ?

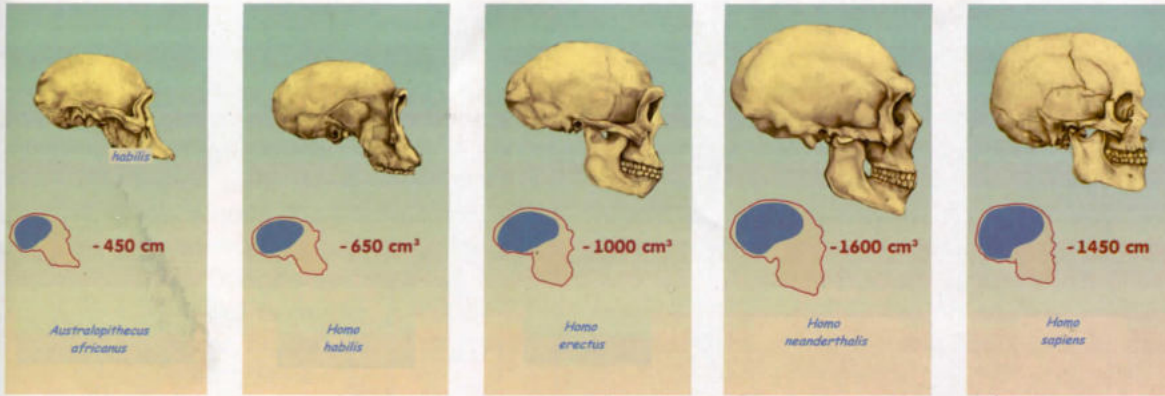
UN CERVEAU ÉVOLUÉ !

Que pouvait-il bien se passer dans la tête des premiers hommes ? À quoi pensaient nos ancêtres lorsqu'ils partaient chasser, construisaient un feu ou effectuaient des migrations de plusieurs centaines de kilomètres par génération ? Difficile de répondre à ces questions. Les paléontologues sont capables de mesurer les volumes des crânes fossiles retrouvés, mais il est impossible de reconstituer l'anatomie de leur cerveau pour percer le secret de leurs pensées. Une chose reste néanmoins certaine : depuis l'apparition des premiers hommes, la taille de notre cerveau n'a jamais cessé d'augmenter. Il y a 4 millions d'années, les australopithèques affichent une capacité cérébrale comprise entre 410 cm³ et 450 cm³ selon les espèces. Celle d'Homo habilis, probablement un descendant d'une espèce d'australopithèque, devient plus importante, de l'ordre de 650 cm³. Il présente conjointement des caractères primitifs et d'autres plus évolués. La capacité crânienne de l'Homo

erectus, varie entre 780 cm³ pour les plus anciens (-1,7 million d'années) jusqu'à 1 250 cm³ pour les plus récents (-500 000 ans). La taille du cerveau continue ensuite d'évoluer au fil des millénaires pour atteindre un volume de 1 450 cm³ en moyenne chez Homo sapiens. Le maximum atteint chez les hominés est à mettre au crédit des hommes de Neandertal, avec une moyenne de 1 600 cm³. Mais le rapport entre intelligence et taille du cerveau n'est pas évident. L'homme de Neandertal possède certes le plus gros cerveau chez les hominés, mais les chercheurs ont démontré que ses capacités cognitives n'ont jamais dépassé, voire égalé, celles d'Homo sapiens. Par conséquent le succès, d'un point de vue évolutif, ne dépend pas de la taille du cerveau. Les animaux avec de gros cerveaux n'ont d'ailleurs pas remplacé les petits mais se sont simplement ajoutés à eux, élargissant ainsi la distribution des tailles existantes.

L'INTELLIGENCE S'EST DÉVELOPPÉE PAR PALIERS

Chez les ancêtres de l'homme, seuls les facteurs biologiques, et notamment génétiques, contrôlent le développement du cerveau. Et l'augmentation de la taille de notre cerveau a permis l'explosion du nombre de nos cellules nerveuses. La population de neurones s'est multipliée et les connexions interneuronales sont passées de 250 millions à un million de milliards. Selon le prix Nobel de médecine Christian de Duve, c'est



L'augmentation du volume du cerveau a permis l'explosion du nombre de nos cellules nerveuses. Mais taille du cerveau et intelligence ne sont pas pour autant liées !

cette « transformation historique » qui fait la différence entre le singe et l'homme.

Mais il y a environ 60 000 ans, la biologie et l'organisation du cerveau cessent de se modifier. C'est plutôt le développement de la culture et de la conscience qui ont permis le développement de notre cerveau. Grâce à l'usage des outils, la capacité à modifier son environnement, le langage, la bipédie, le développement de structures et de relations sociales complexes, l'utilisation du cortex préfrontal est une des caractéristiques fondamentales de l'espèce *Homo sapiens*.

Pour William Calvin, neurophysiologiste à l'université de Washington, notre intelligence est principalement née du perfectionnement de certaines fonctions cérébrales, comme le langage. Cette capacité aurait permis à l'homme de devenir beaucoup plus ingénieux et prévoyant que les grands singes. « *Le langage est la principale caractéristique de l'intelligence humaine, analyse-t-il. Sans syntaxe, c'est-à-dire sans un arrangement ordonné des idées exprimées, nous serions à peine plus intelligents qu'un chimpanzé* »...

La plupart des paléanthropologues estiment que l'homme moderne est devenu beaucoup plus intelligent et a développé la modernité il y a 30 000 ans pendant le paléolithique supérieur. Par paliers successifs, l'intelligence d'*Homo sapiens* s'est développée et lui a permis de coloniser la planète entière en l'espace de quelques

**L'INTELLIGENCE
D'HOMO SAPIENS
S'EST DÉVELOPPÉE
PAR PALIERS ET
LUI A PERMIS DE
COLONISER LA
PLANÈTE EN QUELQUES
DIZAINES DE MILLIERS
D'ANNÉES.**

dizaines de milliers d'années. En effet, force est de le constater : le savoir de l'homme ne cesse de grandir ; les technologies ne cessent de s'améliorer au profit de la santé, de la communication. Mais technologie et progrès sont-ils synonymes d'intelligence ? L'homme des années 2000 est-il plus intelligent que ses prédécesseurs ?

**L'INTELLIGENCE
HUMAINE EST-ELLE
EN TRAIN DE
RÉGRESSER ?**

Certains pensent en tout cas tout à fait le contraire ! Gerald Crabtree, professeur américain de biologie du développement à l'université de Stanford en Californie, défend justement

l'idée que l'homme devient de moins en moins intelligent. Dans un article intitulé Notre intellect fragile, publié en novembre 2012 dans la revue *Trends in Genetics*, le chercheur suggère que les performances de notre cerveau sont sur le déclin après avoir atteint leur maximum il y a environ 2 000 ans. « Je parie que si un citoyen moyen de l'époque d'Athènes de 1 000 ans avant Jésus-Christ apparaissait soudainement parmi nous, il ou elle figurerait parmi les plus brillants et les plus intelligents, avec une bonne mémoire, un large éventail d'idées et une vue claire des questions importantes », explique le professeur Crabtree dans son article.



Pour appuyer sa théorie, le scientifique se base sur le grand nombre de gènes, entre 2 000 et 5 000, impliqués dans les facultés intellectuelles de l'homme. Ces derniers, comme tous les gènes que comporte notre ADN, sont fragiles, c'est-à-dire qu'ils peuvent subir des mutations et ne plus coder pour la même information.

En tenant compte de la fréquence des mutations délétères dans le génome, Gerald Crabtree estime qu'en l'espace de 3 000 ans, soit environ 120 générations, chaque homme a subi au moins deux mutations qui ont altéré la stabilité de nos capacités cognitives et de nos émotions.

Mais alors, comment l'homme a-t-il acquis ses capacités cognitives uniques, et quand ce déclin a-t-il commencé ? « *Le développement de nos capacités intellectuelles et l'optimisation des milliers de gènes impliqués dans l'intelligence ont probablement eu lieu au sein de divers groupes, avant la sortie d'Afrique de nos ancêtres* », répond Gerald Crabtree. Pendant cette période, le scientifique estime que l'intelligence était un facteur critique

pour la survie, ce qui a entraîné une intense pression de sélection. Autrement dit, seuls les individus les plus intelligents étaient capables de survivre en se protégeant des dangers. Ensuite, la donne a commencé à changer quand la population s'est densifiée, lors de l'invention de l'agriculture. La sélection s'est alors focalisée, selon Crabtree, sur la résistance aux mala-

dies engendrées par l'urbanisation et beaucoup moins sur l'intelligence. Et de nos jours, la pression sélective ne se fait plus sur nos capacités intellectuelles. « *Un chasseur-cueilleur qui ne concevait pas correctement une solution pour fournir de la nourriture ou un abri mourait probablement avec sa progéniture*, poursuit Gerald Crabtree, *alors qu'un cadre moderne de Wall Street qui fait une erreur conceptuelle similaire recevra un bonus substantiel et sera un partenaire plus attirant. Clairement, la pression sélective sur l'intelligence appartient au*

passé ». Pour Gerald Crabtree, il n'y a pas de doute, dans nos sociétés modernes l'homme perdrait donc peu à peu ses « gènes de l'intelligence ».

L'USAGE DES OUTILS, LE LANGAGE, LA BIPÉDIE, LES RELATIONS SOCIALES ONT FAVORISÉ LE DÉVELOPPEMENT DE NOTRE CORTEX PRÉFRONTAL.



L'homme moderne est devenu beaucoup plus intelligent et a développé la modernité au moment du paléolithique supérieur.

L'INTELLIGENCE, COMME L'HOMME, ÉVOLUE

Mais pour de nombreux spécialistes, cette thèse avancée par le scientifique américain est loin d'être vérifiée, et le déclin cérébral de l'homme ne serait que pure conjecture.

D'autres résultats contestent d'ailleurs les travaux de Gerald Crabtree. En comparant les résultats aux mêmes tests de QI de plusieurs générations d'Américains, James Flynn avait démontré auparavant que ce QI était en constante élévation. Le même constat a été vérifié dans quatorze pays développés, dont la France. Les uns attribuent ce qu'on appelle désormais « l'effet Flynn » à des causes biologiques, comme l'amélioration de l'alimentation, de la santé, et les autres, à l'élévation générale du niveau d'instruction. Mais cet « effet Flynn » ne se retrouve pas dans toutes nos compétences. L'homme progresserait en effet sur sa logique mais régresserait dans ses capacités verbales ou en mathématiques. Nos capacités cognitives ne seraient donc pas simplement supérieures à celles de nos ancêtres. Certaines d'entre elles ont certes évolué... mais d'autres ont régressé. L'homme d'hier devait sans doute sa survie à son



Notre intelligence a évolué, elle tend vers l'abstraction, alors que celle d'hier était sans doute plus pratique.

sens pratique pour survivre dans un univers hostile. Aujourd'hui, notre intelligence tend plus vers l'abstraction. Mais là encore, les résultats font débat, notamment parce que la mesure de l'intelligence reste une chose relativement difficile et que les tests de QI sont largement décriés par les scientifiques comme n'étant qu'un volet d'une intelligence humaine qui se veut multiple. De tous les animaux à système nerveux central,

l'homme est aujourd'hui celui qui a le cerveau le plus développé et performant. Beaucoup de scientifiques estiment que ce qui a conduit à l'évolution du cerveau de l'homme et du primate, c'est la complexité de notre monde social et des interactions qui ont lieu entre les individus. Un monde complexe qui n'est pas sur le point de disparaître et qui devrait encore stimuler de nombreux neurones !

À RETENIR

- Chez les ancêtres de l'homme, seuls les facteurs biologiques, et notamment génétiques, contrôlent le développement du cerveau.
- L'augmentation de la taille de notre cerveau a permis l'explosion du nombre de nos cellules nerveuses. Les connexions entre les neurones sont passées de 250 millions à un million de milliards.
- L'amélioration de l'alimentation, de la santé ou l'élévation générale du niveau d'instruction ont permis à l'homme moderne de développer son intelligence.
- La plupart des paléoanthropologues estiment que l'homme moderne est devenu beaucoup plus intelligent et a développé la modernité au moment du paléolithique supérieur.
- Gerald Crabtree, professeur américain de biologie du développement, suggère que les performances de notre cerveau sont sur le déclin après avoir atteint leur maximum il y a environ 2 000 ans.
- Beaucoup de scientifiques estiment que ce qui a conduit à l'évolution du cerveau de l'homme et du primate, c'est la complexité de notre monde social et des interactions qui ont lieu entre les individus.