

et dépourvues de porosité ne permettant pas au gaz de s'accumuler temporairement). Les sources situées au cœur des vieux continents, enfin, sont les plus prometteuses : leurs flux sont les plus intenses, leur accessibilité est optimale et, qui plus est, on sait que dans les rares cas étudiés par forage, il existe des accumulations transitoires pouvant être exploitées sans que l'on ait à récupérer les flux en surface, opération techniquement plus délicate.

Des études nécessaires

Ainsi, nous savons maintenant que l'hydrogène existe dans la nature en quantités suffisantes pour envisager une production de ce qui représentera une nouvelle source d'énergie. Nous avons pu définir, en particulier en milieu intracontinental, quelques guides de prospection : les dépressions circulaires, les grandes failles. Mais de nombreuses questions demeurent. Comment récupérer efficacement cet hydrogène ? Comment en repérer des accumulations, plus facilement exploitables ? Quels sont ses flux, de manière plus quantitative ? Quels

De l'hélium aussi

L'hélium, gaz qui s'est révélé être présent en quantités exploitables pour la première fois en 1903 (avec le forage de Dexter au Kansas), constitue aujourd'hui un marché important et stratégique, principalement en lien avec l'électronique. Or les rares gisements d'hydrogène naturel étudiés en milieu continental présentent des concentrations d'hélium supérieures à celles de la plupart des gisements de méthane, l'unique source de l'hélium produit aujourd'hui. Les concentrations associées à l'hydrogène continental sont d'environ 1 à 2 %, soit trois à six fois supérieures au seuil à partir duquel une exploitation industrielle est rentable. L'hélium contribuerait donc aussi à valoriser l'exploitation de l'hydrogène naturel.

sont les meilleurs moyens de prospection ? Les flux de surface pourront-ils alimenter une production industrielle d'hydrogène ?

Toutes ces questions sont ouvertes aujourd'hui, et seuls des efforts pluridisciplinaires de recherche et développement permettront d'y répondre assez précisément – même si certains sites pilotes, au Kansas et au Mali, sont déjà en état de produire des petites quantités d'hydrogène.

On l'a vu, l'exploitation de l'hydrogène naturel présenterait de nombreux avantages environnementaux. Mais cette perspective pourrait se heurter à des obstacles tels que des lobbies industriels présents sur d'autres niches du marché énergétique, ou les changements d'organisation de nos sociétés que cette énergie décentralisable nécessiterait. L'humanité aura-t-elle le désir d'explorer plus avant le potentiel de l'hydrogène naturel afin de déterminer si les promesses d'aujourd'hui peuvent devenir réalité ou si cette source d'énergie ne pourra être que marginale ? Ce n'est qu'en investissant et en travaillant sur ce sujet que nous saurons si l'hydrogène naturel fera ou non partie de l'aventure humaine. ■

Dans l'interêt de la science

mathieu vidard | **la tête au carré 14:05-15:00**

france inter
franceinter.fr



L'étonnante plasticité du cerveau adolescent

Jay Giedd

À l'adolescence, le cerveau humain se reconfigure très vite. Ces transformations sont une source de risques, mais aussi d'avancées fulgurantes en matière de cognition et d'adaptabilité.

Les mots «cerveau» et «adolescent» vous semblent contradictoires? La plaisanterie est commune. Certains neuroscientifiques sont allés jusqu'à expliquer les comportements risqués, agressifs ou déconcertants des adolescents comme la conséquence d'un cerveau dysfonctionnel.

C'est pourtant à une tout autre conclusion que sont parvenues les recherches des dix dernières années. Le cerveau des adolescents n'est pas défectueux. Ce n'est pas non plus un cerveau adulte à moitié fini. Il a été façonné par l'évolution pour fonctionner différemment de celui d'un enfant ou d'un adulte.

Tout d'abord, le cerveau des adolescents est étonnamment modifiable. Il reconfigure ainsi ses réseaux de communication internes pour répondre aux défis auxquels il est confronté. Cette souplesse particulière, ou plasticité, est une arme à double tranchant. Elle permet aux adolescents d'effectuer des progrès fulgurants dans le domaine de la pensée et de la socialisation, mais elle les expose aussi à des comportements dangereux et à des troubles mentaux graves,

L'ESSENTIEL

■ Des études par IRM

montrent que le cerveau adolescent a une capacité étonnante à reconfigurer ses connexions internes pour s'adapter à son environnement.

■ Les adolescents ont des comportements à risque car leur système limbique, impliqué dans les émotions, se développe plus tôt que leur cortex préfrontal, qui contrôle les impulsions.

■ Mieux comprendre leur cerveau aiderait à interagir avec eux et à distinguer les comportements normaux et pathologiques.

Tina Empere, ClouderRemix ; Monica Cotto ; illustration : Harry Campbell ; photographie : Ethan Hill

du fait de la transformation continue de leur cerveau.

Les études récentes indiquent que la tendance des adolescents à prendre des risques résulte d'une différence de maturité entre deux régions majeures du cerveau : d'une part, le système limbique, qui donne naissance aux émotions et qui parvient vite à un stade très actif après la puberté, et, d'autre part, le cortex préfrontal, impliqué dans le jugement et le contrôle des impulsions mais qui n'arrive à maturité que plus tardivement. Cette dernière région subit en effet des modifications importantes au moins jusqu'à l'âge de 20 ans.

Mieux comprendre ce décalage peut aider les parents, les enseignants, les conseillers – et les adolescents eux-mêmes – à dédramatiser. Des comportements tels que la prise de risque, la recherche de sensations fortes et l'éloignement de ses parents pour se rapprocher de ses semblables ne traduisent pas des problèmes cognitifs ou émotionnels. Ils résultent du développement normal du cerveau et sont une composante ordinaire de l'apprentissage des adolescents.

L'AUTEUR



Jay GIEDD dirige le département de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent à l'université

de Californie à San Diego, aux États-Unis. Il est aussi professeur à l'université Johns Hopkins et rédacteur en chef de la revue *Mind, Brain, and Education*.

Quand une fille de 15 ans se démarque des goûts vestimentaires, musicaux ou politiques de ses parents, ce n'est pas le signe d'une maladie mentale. De même, lorsqu'un garçon de 16 ans saute sur sa planche à roulettes sans casque ou relève les défis absurdes lancés par ses amis, le risque ne doit pas être sous-estimé, mais il résulte plutôt d'un manque de réflexion et de la pression de ses semblables que d'un désir de se blesser.

En revanche, d'autres agissements sont plus inquiétants, notamment quand ils sont empreints d'agressivité. Une meilleure connaissance du cerveau des adolescents aidera à différencier un comportement pathologique d'un autre qui nous semble inhabituel, mais qui est normal pour cet âge. Ainsi, nous pourrions sans doute atténuer les multiples difficultés auxquelles ils sont confrontés : addictions, maladies sexuellement transmissibles, accidents de la route, grossesses non désirées, homicides, dépressions, suicides...

Certains parents sont surpris d'entendre que le cerveau d'un jeune de 16 ans n'est pas identique à celui d'un enfant de 8 ans. Les chercheurs ont d'ailleurs eu du mal à identifier les différences. Enveloppé d'une

membrane solide comme du cuir, baignant dans un liquide protecteur et entièrement entouré d'os, le cerveau est bien protégé contre les chutes, les attaques de prédateurs... et la curiosité des scientifiques !

L'IRM dévoile le cerveau adolescent

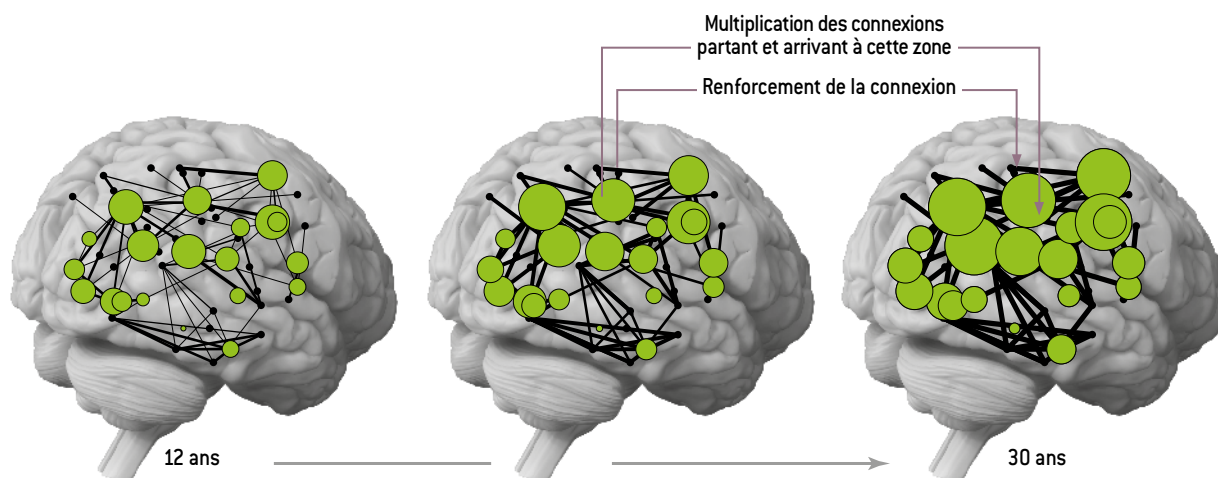
Les techniques d'imagerie ont ouvert une fenêtre sur notre encéphale, mais certaines, telles la tomographie aux rayons X ou la tomographie par émission de positrons, émettent des rayonnements ionisants, ce qui limite leur utilisation chez les jeunes pour des raisons éthiques. En revanche, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) est un outil sûr et précis pour analyser l'anatomie et la physiologie du cerveau, quel que soit l'âge. Cet outil a fait émerger une idée dominante : le cerveau des adolescents ne parvient pas à maturer en grossissant, mais en augmentant ses connexions internes et en se spécialisant dans la réponse aux défis extérieurs – par exemple la vie en société.

Sur les images d'IRM, l'augmentation de la connectivité entre les régions cérébrales se traduit par des quantités

LA MATURITÉ VIENT EN DÉVELOPPANT SES RÉSEAUX

La modification la plus importante qui se produit dans le cerveau d'un adolescent n'est pas la croissance des aires cérébrales, mais l'intensification des communications entre les groupes de neurones. Les chercheurs ont analysé cette évolution en appliquant la théorie des graphes aux données de l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Ils ont montré qu'entre 12 et 30 ans

les connexions se renforcent entre diverses régions du cerveau ou assemblées de neurones (*lignes noires s'épaississant*). En outre, certaines zones deviennent davantage connectées (*cercles verts s'agrandissant*). Ces modifications aident le cerveau à se spécialiser dans les tâches auxquelles il est confronté, depuis la réflexion abstraite jusqu'à la vie en société.



AUGMENTATION DES COMMUNICATIONS ENTRE LES RÉGIONS CÉRÉBRALES AU FIL DU TEMPS

Illustration : David Kilpack (cerveaux), Jan Christiansen (diagrammes) Source : E. L. Dennis et al., *NeuroImage*, vol. 64, janvier 2013