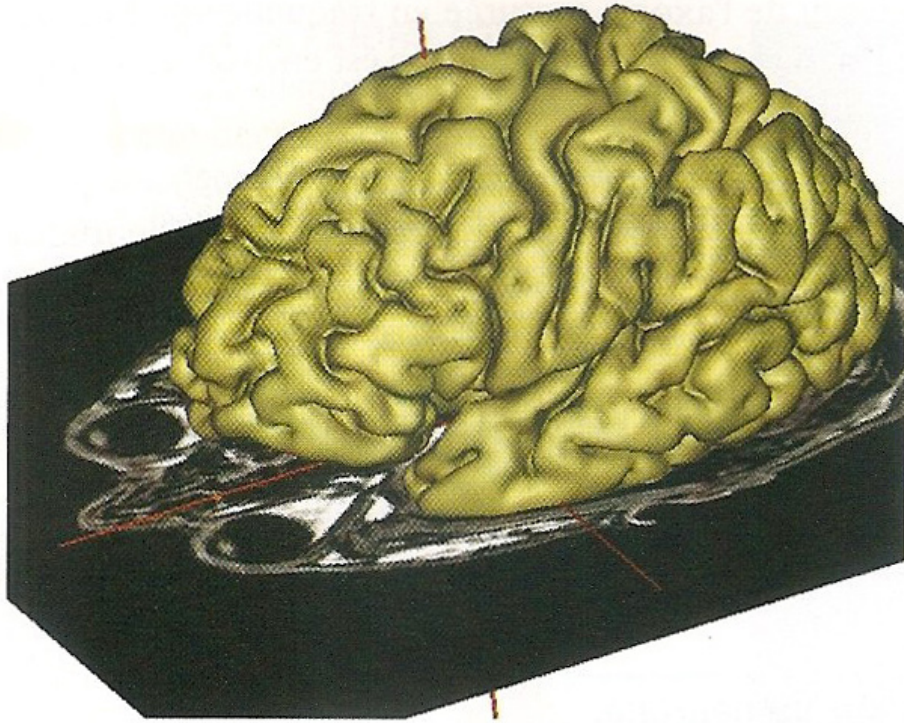
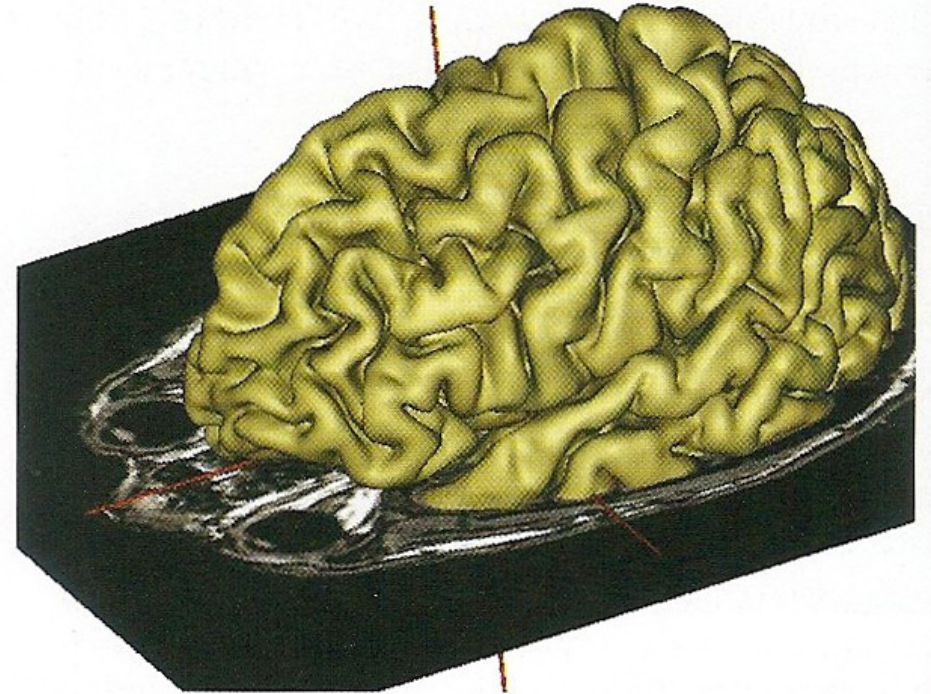


III. La plasticité cérébrale

A Nous n'avons pas tous le même cerveau !



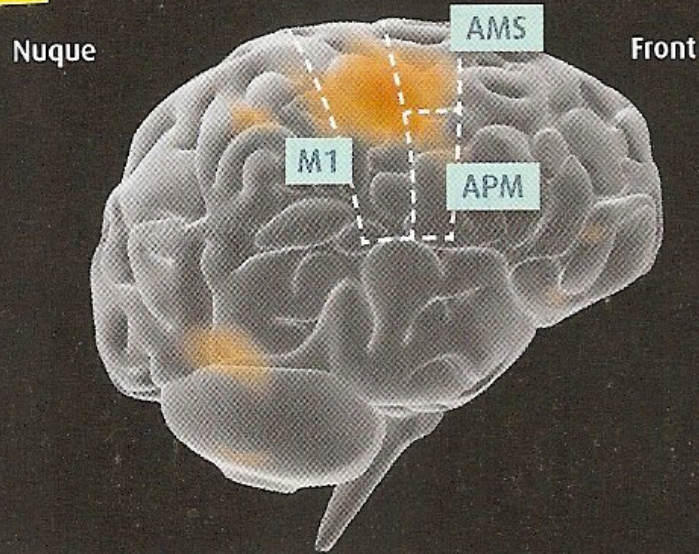
Ces deux IRM 3D de l'hémisphère gauche du cerveau ont été obtenues chez deux sujets différents, ne présentant pas de pathologie particulière.



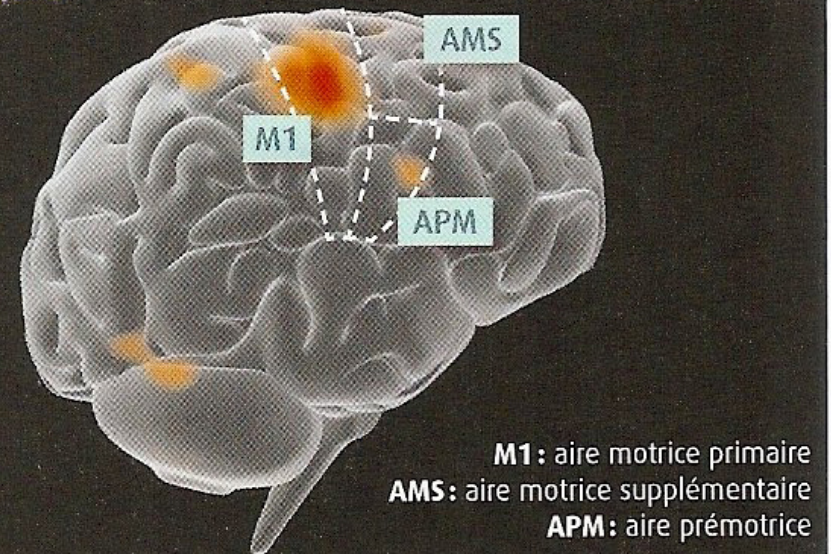
Ces images ont été réalisées avec le même imageur, en suivant le même protocole. Elles révèlent des différences anatomiques non négligeables.

Doc. 1 Une variabilité anatomique.

Amateurs



Professionnels



2 Analyse par IRMf de l'activité du cortex cérébral chez des violonistes amateurs ou professionnels.

Seize violonistes (8 amateurs et 8 professionnels) auxquels on a demandé d'exécuter les mouvements de la main gauche d'un concerto pour violon de Mozart ont été soumis à une analyse par IRMf. Sur les cartes d'activation des différentes zones du cortex moteur qui ont été obtenues, on observe que, comparés aux amateurs, les musiciens professionnels présentent une augmentation de l'activation de l'aire motrice primaire. Chez les amateurs, l'activation du cortex est plus diffuse et elle est étendue à d'autres aires corticales.

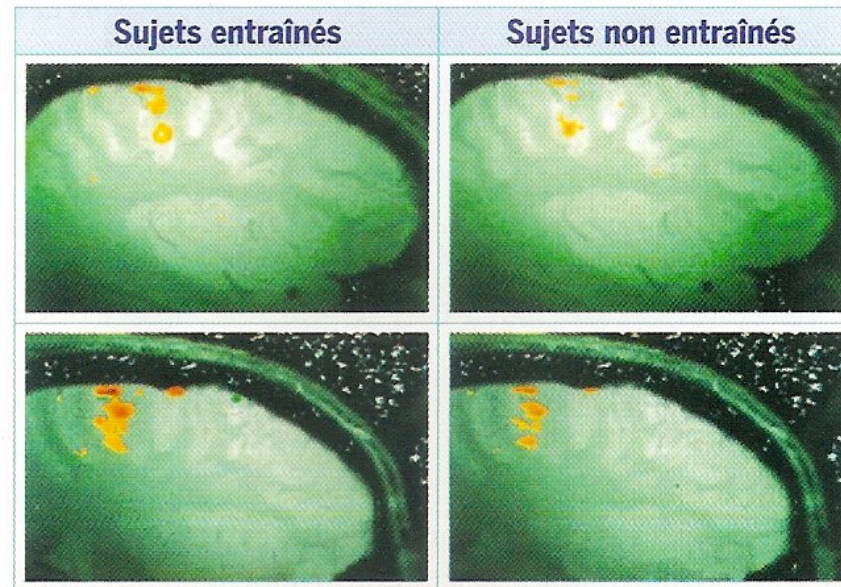
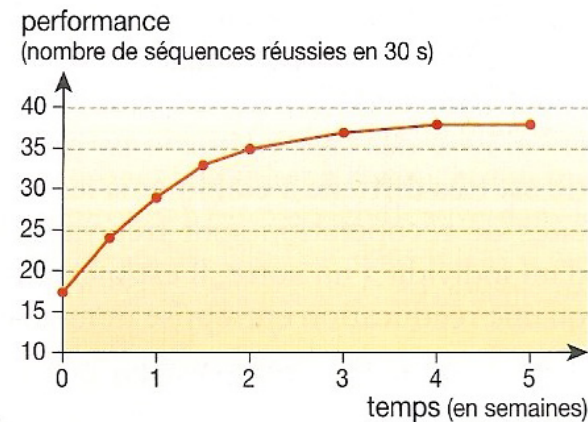
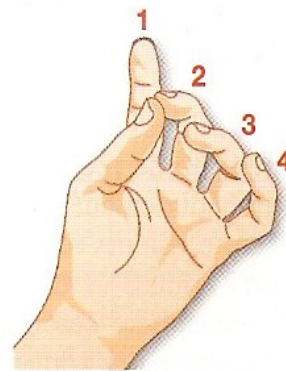
Des chercheurs ont réalisé l'expérience suivante dont le but est de caractériser l'effet de l'entraînement dans l'exécution d'une tâche motrice.

- La tâche, moins facile qu'il n'y paraît, consiste à taper successivement sur le pouce les quatre autres doigts de la main, dans un ordre bien précis, par exemple la séquence 4, 1, 3, 2, 4 (doigts numérotés de 1 à 4, de l'index à l'auriculaire). L'entraînement consiste à réaliser quotidiennement cette tâche avec précision, le plus rapidement possible, pendant 10 à 20 minutes.

Le graphique ci-contre montre l'amélioration de la performance au cours de cinq semaines d'entraînement (nombre de séquences réalisées en 30 secondes, moyennes sur 10 sujets).

- L'exploration par IRMf (ci-contre) compare l'activité du cortex cérébral associée à l'exécution de cette tâche chez des sujets qui suivent l'entraînement (1^{re} colonne) avec des sujets non entraînés (2^e colonne). Dès la 3^e semaine d'entraînement quotidien, des différences significatives apparaissent (1^{re} ligne). Malgré l'arrêt de l'entraînement, ces différences s'accroissent et deviennent maximales 8 semaines après (2^e ligne) : ainsi, il apparaît qu'un entraînement est susceptible d'étendre durablement la représentation corticale du cortex moteur associée à la tâche exécutée.

IRMf : coupes sagittales (l'avant est à droite).



Doc. 4 L'effet de l'entraînement s'inscrit dans le cortex moteur.

Récupération des fonctions cérébrales après une lésion

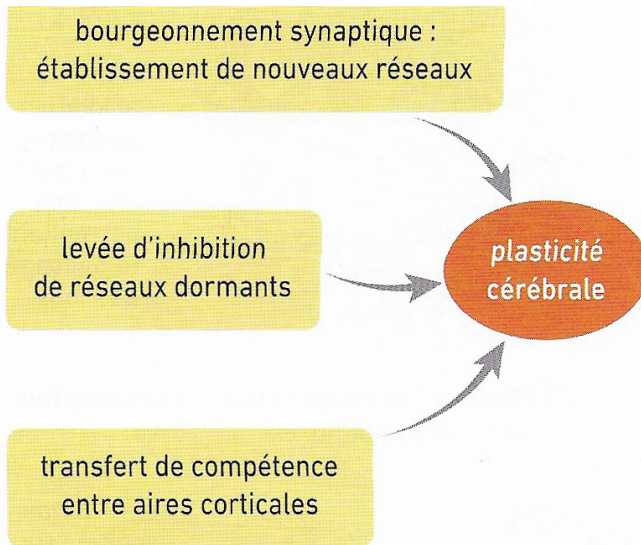
- Les accidents vasculaires cérébraux (AVC, touchent plus de 140 000 personnes chaque année en France et sont la première cause de handicap acquis chez l'adulte. La prise en charge doit être rapide car les dommages cérébraux peuvent être irréversibles. Même si un pronostic est très difficile à établir et les capacités de récupération très variables d'un individu à un autre, une rééducation entreprise immédiatement favorise la récupération.

Cette rééducation dépend des atteintes du patient et fait intervenir une équipe de professionnels spécialisés (kinésithérapeutes, ergothérapeutes*, médecins, infirmières, orthophonistes*, etc.). La stimulation des fonctions sensori-motrices et cognitives se fait grâce à la combinaison de différentes approches. Les outils numériques et le matériel robotisé sont des aides précieuses pour favoriser la mise en mouvement des différentes parties du corps à mobiliser (logiciel informatique, bras robotisé, exosquelette*, réalité virtuelle, etc.).



A Utilisation d'accompagnement robotisé pour une rééducation motrice.

Récupération des fonctions cérébrales après une lésion

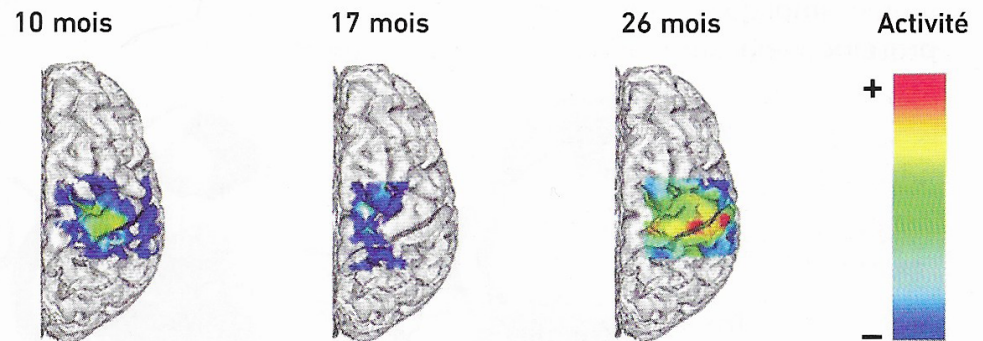


B Quand le cerveau se réorganise.

- Après amputation d'une main, on constate que la représentation du cortex moteur correspondant disparaît. Elle est cependant regagnée progressivement quelques mois après une greffe et bien avant la récupération fonctionnelle des mouvements de la main greffée. Les zones actives, diffuses au départ, se déplacent peu à peu pour occuper leur position normale : petit à petit, le cerveau intègre les muscles greffés dans le cortex moteur.

Si l'on sait aujourd'hui que certaines zones profondes du cerveau sont capables de générer de nouveaux neurones, on sait aussi que la récupération ne repose pas sur le remplacement des neurones détruits. Les mécanismes à l'œuvre sont de mieux en mieux connus :

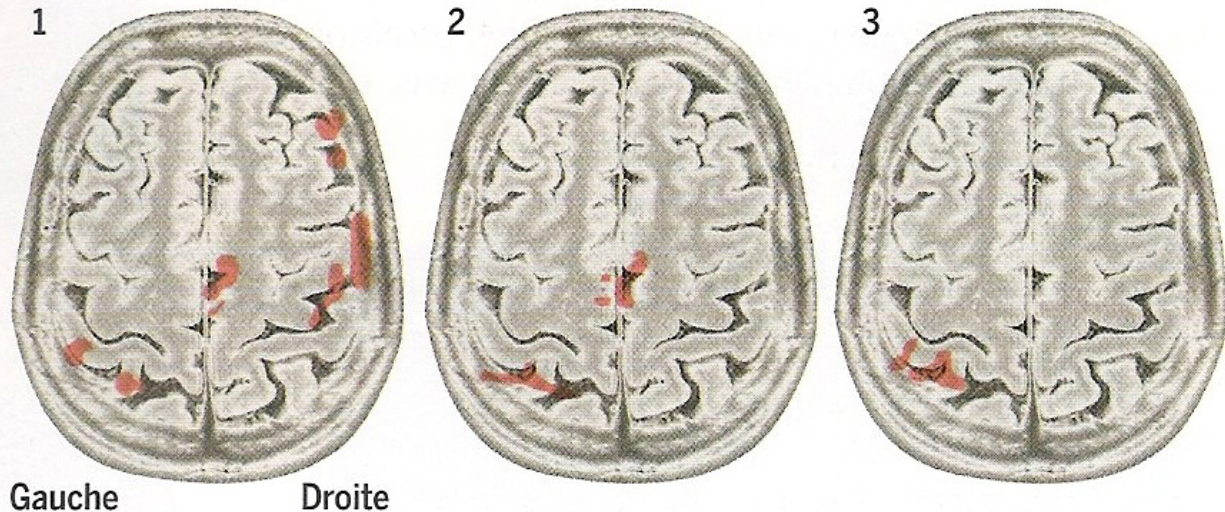
- de nouvelles synapses s'établissent entre des neurones qui n'étaient pas connectés : c'est ce que l'on appelle le bourgeoisement synaptique ;
- des réseaux de neurones existants mais jusque-là inhibés* sont activés ;
- certaines aires corticales peuvent suppléer les zones déficientes. Notamment, une aire éloignée de l'aire atteinte, située dans l'hémisphère opposé mais de même fonction, peut assurer le rôle précédemment joué par la région atteinte.



C Activité du cortex moteur (hémisphère droit) correspondant aux muscles assurant la mobilité de l'index gauche dans les mois suivant la greffe d'une main. (d'après Vargas et al, 2009)

Récupération après une lésion du cortex moteur

Les accidents vasculaires cérébraux (AVC) touchent 100 000 nouvelles personnes chaque année en France. Après un AVC, il subsiste souvent dans le cerveau une « zone morte », qui peut fréquemment être la cause d'une paralysie (voir page 378). Dans les semaines et les mois qui suivent un AVC, on constate cependant dans tous les cas une récupération spontanée du déficit : 80 % des patients récupèrent la capacité de marcher, mais l'utilisation fonctionnelle de la main est plus délicate (15 à 30 % des cas). Même si un pronostic est très difficile à établir et si les capacités de récupération sont très variables d'un individu à un autre, il est bien établi qu'une rééducation entreprise immédiatement favorise la récupération.

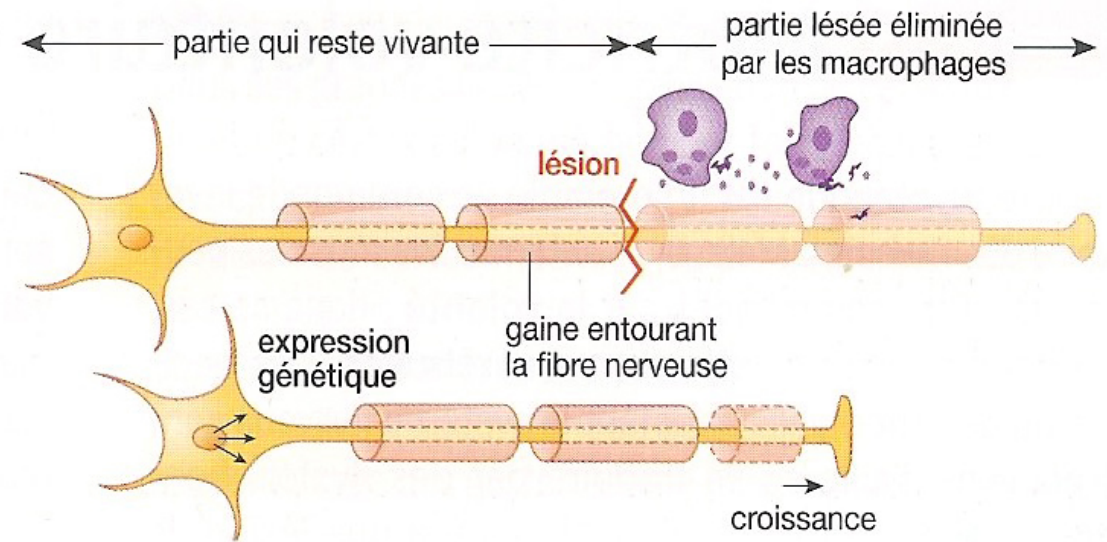


Les images ci-dessus correspondent des **IRMf** obtenues chez un patient pendant la période de récupération suivant un AVC ayant affecté l'hémisphère gauche. En 1, immédiatement après l'AVC, des mouvements de rééducation de la main droite activent plusieurs territoires cérébraux, principalement dans l'hémisphère non touché. En 2, puis 3 (3 mois après l'AVC) l'activation se focalise et ne concerne plus que l'hémisphère cérébral initialement touché : ainsi, il apparaît qu'au cours de la rééducation, des zones du cerveau non affectées prennent temporairement « le relais » pendant une période où le cerveau se réorganise. (L'orientation de ces coupes transversales de la partie supérieure du cerveau est telle que les aires motrices sont situées dans la moitié inférieure des images.)

Les observations montrent que le cortex peut se réorganiser de façon à suppléer les fonctions perdues à la suite d'une lésion.

Doc. 1 Après une lésion cérébrale limitée, une récupération est souvent possible.

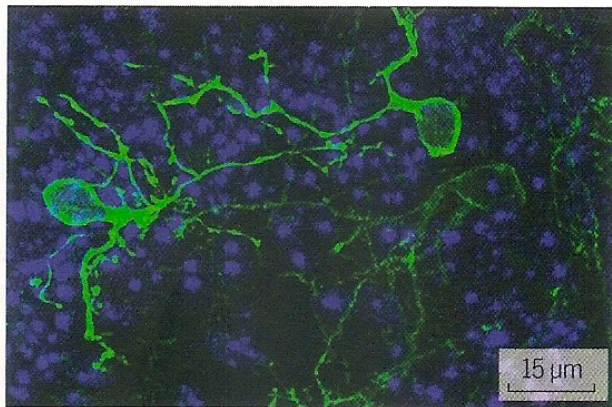
Il est bien connu qu'un neurone est capable de reconstituer une fibre lésée. Seule la partie comportant le corps cellulaire est capable d'une telle régénération. La croissance de la fibre peut s'effectuer sur plusieurs centimètres et les fibres régénérées peuvent rétablir des connexions synaptiques avec leur cible. Cependant, cette régénération, courante en ce qui concerne les **nerfs périphériques**, n'a jamais été observée dans les centres nerveux. Notons qu'il n'y a pas, ici, production de nouveaux neurones.



Doc. 3 Une régénération limitée aux neurones périphériques.

On a longtemps cru que les neurones ne se renouvelaient pas et qu'une inexorable diminution de leur nombre expliquait les symptômes du vieillissement. On sait depuis peu que ces idées sont fausses. En effet, des **cellules souches** pouvant se différencier en nouveaux neurones ont été découvertes dans le cerveau d'un homme adulte. On sait aussi que ces neurones ont la possibilité de migrer, d'établir de nouveaux contacts synaptiques et de s'intégrer dans un réseau déjà existant. Cependant, leur nombre reste faible et leur intervention dans le remplacement d'un tissu lésé n'est pas établie. Par ailleurs, le développement de méthodes rigoureuses pour compter le nombre de neurones a conduit à la conclusion que la chute du nombre de neurones n'est pas significative dans le vieillissement normal. En revanche, elle l'est dans le cas d'une dégénérescence massive à l'origine des maladies dites neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson).

Ainsi, il se confirme que la régénération du système nerveux est difficile : les neurones sont donc un capital qu'il convient de préserver !



Nouveaux neurones âgés de 3 semaines (en vert) venant de s'intégrer dans le cerveau d'une souris adulte.

Doc. 5 La production de nouveaux neurones.

Production de nouveaux neurones

Les **cartes motrices** sont différentes entre deux individus. Ces différences ne sont pas innées mais **s'acquièrent** au cours du développement, de l'apprentissage des gestes et de l'entraînement : c'est la **plasticité du cortex moteur**.

Cette plasticité cérébrale explique aussi les **capacités de récupération** du cerveau après des lésions du cortex moteur. Les capacités de **remaniements se réduisent tout au long de la vie**, ainsi que **le nombre de neurones**. C'est donc un capital à préserver et entretenir.

Schéma bial

