

pleines de liquide, nommées les ventricules latéraux. Arturo Alvarez-Buylla et ses collègues de l'Institut Rockefeller ont montré que certaines cellules filles de ces cellules souches migrent jusqu'au bulbe olfactif, où elles prennent les caractéristiques des neurones environnants.

Puisque les nouveaux neurones ressemblent aux neurones d'origine dans ces deux aires cérébrales, ils se comportent vraisemblablement comme eux. Comment le prouver ? En étudiant les effets de l'environnement sur l'anatomie du cerveau et sur l'apprentissage.

Au début des années 1960, Mark Rosenzweig et ses collègues de l'Université de Berkeley améliorèrent les conditions spartiates d'élevage de rongeurs, en les plaçant dans de très grandes cages avec d'autres rongeurs. Les animaux pouvaient explorer un environnement continuellement renouvelé, tourner dans des roues et jouer avec divers objets.

Cette amélioration des conditions de vie a des conséquences étonnantes : les animaux jouissant d'une vie plus agréable ont un cerveau légèrement plus lourd que les animaux enfermés dans de petites cages, certaines de leurs structures cérébrales sont plus épaisses, leurs concentrations en neurotransmetteurs (des molécules qui assurent la communication entre les neurones) sont différentes, les connexions entre neurones sont plus nombreuses, avec davantage de ramifications sur les axones. De surcroît, ils réussissent mieux aux tests d'apprentissage : ils apprennent, par exemple, plus facilement à se repérer dans un labyrinthe.

Depuis ces expériences, les neurobiologistes ont acquis la conviction qu'une amélioration de l'environnement des rongeurs adultes agit sur les connexions neuronales, augmentant la puissance du cerveau. Toutefois, pendant des années, personne n'a admis que la production de nouveaux neurones dans le cerveau adulte pouvait expliquer l'augmentation des performances.

Les récentes explorations de la neurogenèse ont montré que des modifications de l'environnement agissent sur la neurogenèse de l'adulte. En 1997, nous avons montré que des souris adultes élevées dans de très bonnes conditions ont plus de nouvelles cellules granulaires dans le gyrus denté (60 pour cent de plus) que les animaux témoins génétiquement identiques.

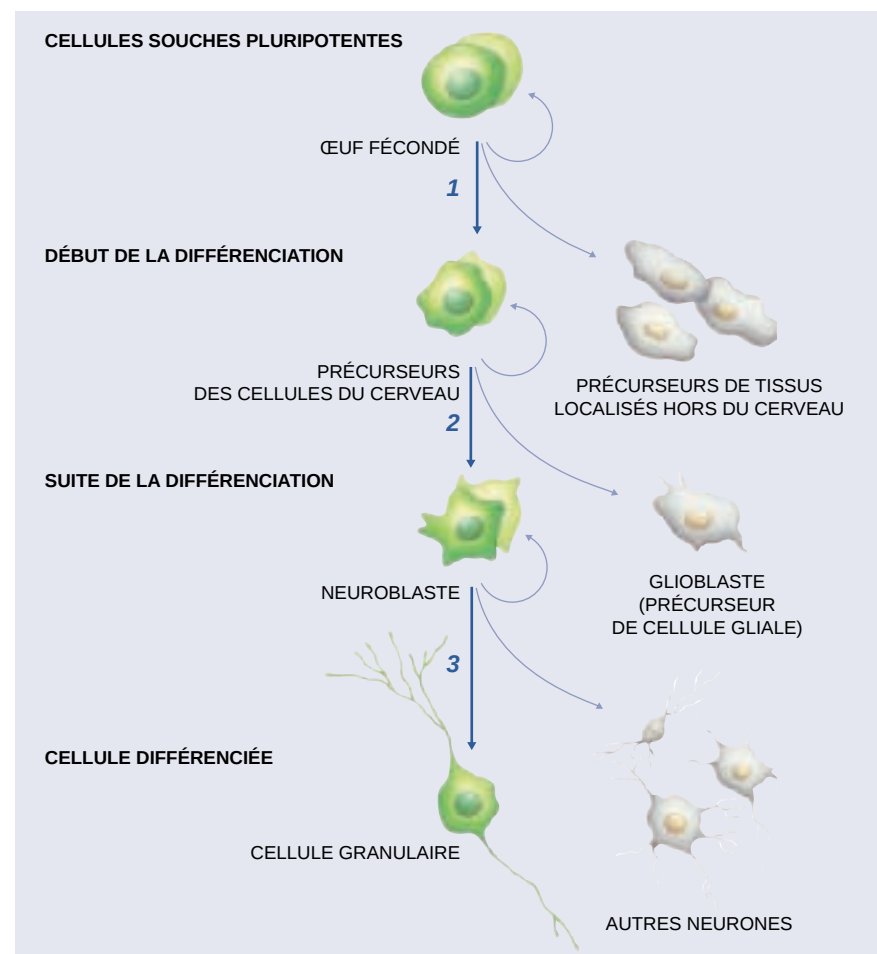
Leurs capacités d'apprentissage sont également meilleures (dans le test, elles devaient retrouver leur chemin en sortant d'une piscine). L'amélioration de l'environnement facilite la neurogenèse et les performances d'apprentissage même chez les souris très âgées, dont la production de neurones est bien inférieure à celle des adultes jeunes.

Nous ne prétendons pas que les nouveaux neurones sont les seuls responsables des améliorations comportementales constatées, car les modifications des connexions et celles du micro-environnement chimique dans les aires cérébrales concernées y participent certainement aussi. Inversement, il serait très surprenant que ni cette production massive de neurones ni la préservation de la neurogenèse chez l'adulte au cours de l'évolution ne jouent un rôle.

La maîtrise de la neurogenèse

Si les neurones régulièrement produits dans le cerveau humain adulte sont fonctionnels, la maîtrise de leur différenciation aiderait à la régénération des neurones lésés. Hormis l'amélioration de l'environnement, d'autres facteurs semblent influencer sur la neurogenèse.

Celle-ci se déroule en plusieurs étapes, parmi lesquelles la prolifération des cellules souches, la sélection d'une lignée, la migration des cellules de cette lignée, et leur différenciation. Une augmentation de la prolifération des cellules souches peut entraîner la multiplication de nouveaux neurones si le taux de survie et le rythme de différenciation des cellules filles sont constants ; au contraire, quand l'un des paramètres diminue tandis que l'autre



3. LE DÉVELOPPEMENT DES CELLULES GRANULAIRES dans un embryon semble se dérouler selon les étapes indiquées en vert. Une cellule souche pluripotente, c'est-à-dire capable d'engendrer presque tous les types de cellules de l'organisme, a des descendantes directes qui ne sont pas encore différenciées, mais qui sont destinées à devenir des cellules cérébrales (1). Ces cellules produisent ensuite des cellules qui se différencieront spécifiquement en neurones (2) ou en cellules gliales, lesquelles assurent la survie des neurones. Enfin, ces cellules se différencient en cellules granulaires dans l'hippocampe (3) ou en d'autres sortes de neurones. Les étapes 2 et 3 semblent se produire tout au long de la vie dans l'hippocampe humain.