

La neurogenèse dans le cerveau du Grillon domestique



Le Grillon domestique (*Acheta domestica*) est un grillon facile à élever qui se contente des conditions de vie des habitations humaines. (Cliché G. Boulloux - OPIE)

par Myriam Cayre et Alain Strambi

Le grillon domestique n'a pas fini de surprendre. Capable de loger dans les stations du métro parisien (voir brève p 34), le voilà objet de toute l'attention des neurobiologistes : l'étude de son cerveau a permis de mettre en évidence que la fabrication des neurones ne se limitait pas à la phase larvaire de croissance du système nerveux central. Elle existe aussi chez l'individu adulte, grâce notamment à l'implication d'hormones et de polyamines, dont le rôle dans la maturation des fonctions neuronales pourra être facilement étudiée sur ce modèle biologique.

Il est des affirmations tant de fois répétées qu'on les croit vraies. Ainsi, jusqu'à une date récente, où une neurogenèse a été démontrée chez les singes et même chez l'Homme adulte, on croyait que, chez les vertébrés supérieurs, aucun neurone ne pouvait être formé dans le cerveau après la naissance. On pensait de même que le comportement inné relativement inflexible des insectes devait être sous-tendu par une circuiterie neuronale figée et l'on n'imaginait

pas que, passée la phase larvaire de croissance du système nerveux central, de nouvelles cellules nerveuses pouvaient s'ajouter à certaines structures du cerveau.

La neurogenèse adulte

Certes ce n'est pas uniformément dans le système nerveux central que des neurones sont ajoutés. Seules certaines structures possèdent ce privilège. Chez les mammifères, c'est une zone dite "sous-ventriculaire" et le "gyrus dente-

lé" de l'hippocampe qui présentent une neurogenèse persistante. Chez les insectes, une structure cérébrale paire, le "corps pédonculé", est généralement considérée, comme un analogue fonctionnel de l'hippocampe parce que l'une comme l'autre de ces structures sont impliquées dans la mémoire et l'apprentissage. Or, ce qui renforce le parallèle entre corps pédonculés et hippocampe, c'est la découverte, dans le cerveau du Grillon domestique (*Acheta domestica*) adulte, d'un groupe de cellules souches, ou neuroblastes, qui produisent des neurones qui s'intègrent dans le cortex des corps pédonculés.

Les corps pédonculés

Ce sont des neuropiles, c'est-à-dire un ensemble de fibres nerveuses et de synapses provenant de corps cellulaires extérieurs. Ils sont composés d'un calice simple ou double, en forme de coupe, prolongé à sa base par un pédoncule qui bifurque en deux lobes. Une dense population de petits corps cellulaires, formant un cortex, remplit ce calice qui se trouve envahi, ainsi que les lobes, par leurs prolongements. C'est à ce cortex que la neurogenèse ajoute continuellement de nouveaux neurones. Dujardin, qui décrit pour la première fois les corps pédonculés dès 1850, remarqua qu'ils étaient comparativement plus développés chez les insectes dont les relations avec l'environnement étaient plus complexes (abeilles ou fourmis par exemple). Il en conclut qu'ils étaient le siège de l'intelligence... ce qui n'est pas faux. On sait maintenant que c'est dans les corps pédonculés que se fait l'intégration des messages sensoriels qui arrivent aux calices et, qu'à partir des lobes, en ressortent des messages en direction des centres moteurs. En 1980, Erber montra que l'anesthésie des corps pédonculés de l'abeille empêchait l'apprentissage ; on connaît depuis de nombreuses mutations qui affectent le comportement de la *Drosophile* et qui ont leur origine dans des perturbations morphologiques ou biochimiques des corps pédonculés.

Le rôle des hormones

L'intensité de la division des cellules souches est régulée par les hormones morphogénétiques. L'ecdysone ou hormone de mue (qui est, chez l'imago, sécrétée par les ovaires) a une action inhibitrice, alors que la neurogenèse est stimulée par l'hormone juvénile. Cette hormone morphogénétique, sécrétée par les *corpora allata* (corps allates) - une paire de glandes endocrines situées à l'arrière du cerveau - induit le maintien de caractères larvaires lors des mues* (d'où son nom), puis stimule la croissance des ovaires chez la femelle adulte. L'hormone juvénile stimule aussi la multiplication des neuroblastes dans le cortex des corps pédonculés, ce qui montre que le cerveau est également un organe cible de l'hormone juvénile.

Nous avons pu mettre en évidence un intermédiaire de l'action de l'hormone juvénile : les polyamines. Les polyamines (putrescine, spermidine et spermine) sont des facteurs de croissance qui se rencontrent dans les bactéries et presque toutes les cellules animales et

Et chez les autres insectes...

Bien peu ont été étudiés. Des équipes étrangères ont examiné en vain les cerveaux de la Drosophile (*Drosophila melanogaster*) et de l'Abeille (*Apis mellifera*). Nous n'avons pas non plus décelé de neurogenèse chez des imagos d'un Criquet (*Locusta migratoria*) ni d'une Blatte (*Periplaneta americana*). Mais elle existe chez d'autres espèces de Gryllidés (*Gryllus bimaculatus*, *Gryllomorpha dalmatina*), chez un Héteroptère (*Oncopeltus fasciatus*), chez un Dictyoptère (*Mantis religiosa*) et, de façon inattendue, chez des Endoptérygotes : *Tenebrio molitor* et *Zophobas* sp. (Coléoptères, Ténébrionidés) et *Harmonia axyridis* (Coléoptères, Coccinellidés).

végétales et qui jouent un rôle clé dans les processus de multiplication et de différenciation cellulaire. L'hormone juvénile stimule la biosynthèse des polyamines dans le système nerveux, ce qui entraîne une concentration accrue des trois polyamines. Inversement, l'ablation des *corpora allata*, qui supprime l'hormone juvénile circulante, entraîne la réduction des taux de polyamines cérébrales ; elle inhibe également la multiplication neuronale dans les corps pédonculés. Les polyamines apparaissent donc comme des intermé-

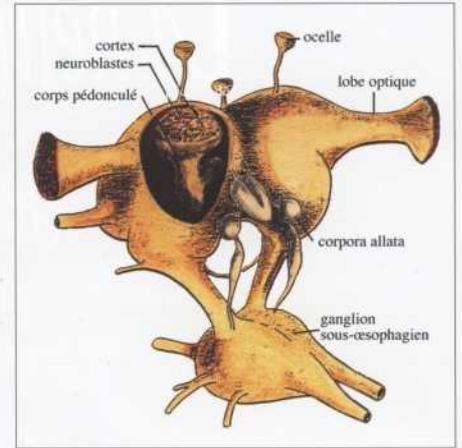
diaires dans le mode d'action de l'hormone juvénile sur les neuroblastes. L'inhibition de la biosynthèse des polyamines, conjointement à la manipulation de l'état hormonal des animaux et à l'administration de putrescine exogène, a permis de faire varier le taux de putrescine du cerveau en maintenant constants les taux des polyamines à plus longues chaînes, la spermidine et la spermine. On a pu ainsi mettre en évidence le rôle clé spécifique de la putrescine dans la transduction du message de l'hormone juvénile au niveau du système nerveux central.

Rôle de l'environnement

L'environnement agit également en parallèle avec les hormones pour moduler la production des nouveaux neurones dans le cortex des corps pédonculés du grillon. C'est encore un parallèle frappant avec l'hippocampe des mammifères. En effet, chez la souris comme chez le grillon, des animaux élevés dans des cages pourvues de riches informations sensorielles (congénères, odeurs, sons, cachettes, etc) ont une neurogenèse accrue par rapport à des animaux élevés en confinement sans possibilité d'explorer un univers diversifié.

Vers une compréhension du rôle de la neurogenèse ?

Des expériences antérieures avaient déjà permis de soupçonner que l'hormone juvénile agissait spécifiquement sur le cerveau. En effet, elle s'avère nécessaire à l'expression du comportement de ponte, lequel peut être observé même après ablation des ovaires (à l'exclusion, bien entendu, du dépôt des œufs proprement dit). D'autre part, ce comportement de ponte est fortement inhibé après ingestion de l'inhibiteur de la biosynthèse des polyamines, bien que les taux d'hormone juvénile restent inchangés. Un tel comportement nécessite l'intégration de nombreuses séquences d'activité, allant de la



Représentation schématique d'un cerveau de grillon, vu de l'arrière, montrant la position du corps pédonculé gauche.

recherche d'un substrat de ponte adéquat à l'insertion de l'ovipositeur dans le sol ; des zones cérébrales spécialisées dans l'intégration nerveuse doivent être impliquées dans sa genèse. Or, les centres intégrateurs majeurs du cerveau des insectes sont justement les corps pédonculés qui sont le siège de la neurogenèse chez l'adulte. Bien qu'il soit prématuré de poser l'hypothèse d'un lien causal entre la neurogenèse et la maturation d'un comportement complexe, le cerveau du Grillon est sans doute adéquat pour étudier le rôle des hormones et des polyamines dans les phénomènes de maturation des fonctions neuronales. Les recherches dont il fait l'objet pourraient permettre de généraliser aux mammifères des connaissances acquises grâce à ce modèle d'accès plus facile. 🌱

Les auteurs

Myriam Cayre et **Alain Strambi** sont respectivement Chargée de recherches et Directeur de recherches au CNRS. Ils travaillent au Laboratoire de Neurobiologie (Unité propre du CNRS) à Marseille.

Pour en savoir plus

Eriksson P. S. et al., 1998 - Neurogenesis in the adult human hippocampus - *Nature Medicine*, 4, 1313-1317

Heisenberg M., 1998 - What do the mushroom bodies do for the insect brain? An introduction. - *Learning & Memory*, 5, 1-10

Strambi C., Cayre M. and Strambi A., 1999 - Neural plasticity in the adult insect brain and its hormonal control. - *Int. Rev. Cytol.*, 190, 137-

*voir article "Développement de l'insecte : mues et métamorphoses", extrait de l'ouvrage de Michel Lamy, "Les insectes et les hommes", en pages 27 de ce numéro.



Médaille en bronze éditée par la Société entomologique de France en 1982 à l'occasion du premier congrès international des entomologistes d'expression française (Cliché R. Coutin - OPIE)

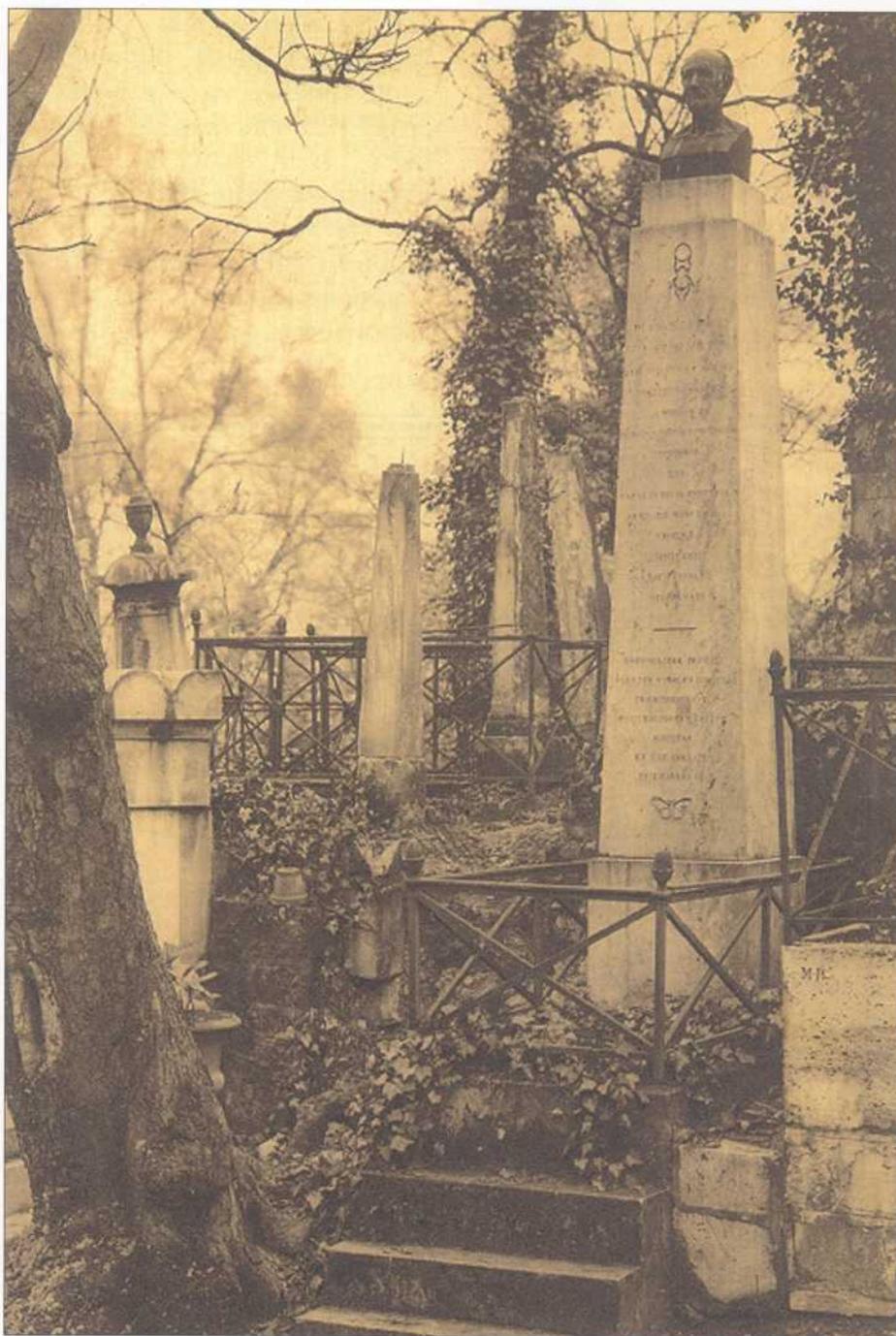
1830, on lui confie la chaire de Zoologie, des insectes, vers et animaux microscopiques et, c'est en 1832 qu'il fonde la Société entomologique de France... jetant par là les bases de l'entomologie moderne. Cette société, dont la création eut un retentissement international reste aujourd'hui une des plus anciennes du monde, à la réputation sans pareille. C'est à cette

époque que Latreille sépare définitivement les "Apipodes" ayant plus de six pattes (crustacés, arachnides et myriapodes) des "Hexapodes", c'est-à-dire les insectes. Il reconnaît, parmi ces derniers, les ordres des Thysanoures parasites, Siphanoptères, Coléoptères, Dermaptères, Orthoptères, Hémiptères, Névroptères, Hyménoptères, Lépidoptères, Strepsiptères, Diptères, ainsi que leurs subdivisions en familles, tribus et genres. 🌱

Tombeau de Latreille au cimetière du Père Lachaise (Planche extraite du Livre du centenaire de la Société entomologique de France - 1932)

Pierre-André Latreille (1762-1833)

Né à Brive la Gaillarde en 1762, il entre au séminaire de Limoges où il sera ordonné prêtre en 1786. À la révolution, il est fait partie de 78 prêtres "réfractaires" au nouveau pouvoir et est arrêté puis condamné à la déportation en Guyane. Son salut, il le doit à un Coléoptère, une petite nécrobie : *Necrobium ruficollis*. Alors que Latreille, dans sa cellule, est en train d'observer cette espèce rare qui vit naturellement sur les matières organiques mortes, il reçoit la visite du médecin des prisons. Celui-ci, impressionné par l'intérêt et les qualités du prisonnier, en fait part à un baron féru de sciences naturelles et rallié aux forces révolutionnaires... qui permettra à Latreille de recouvrer sa liberté. En 1796, celui que l'on nommera quelques années plus tard "le prince de l'entomologie", publie son "*Précis des caractères généraux des insectes, disposés dans un ordre naturel*" qui lui vaut le soutien de Lamarck et un poste d'aide naturaliste au Muséum de Paris. Il conservera cette fonction jusqu'en 1820, date à laquelle il est désigné pour remplacer Lamarck. Durant ces années, il travaille énormément et publie les 14 volumes de son "*Histoire naturelle, générale et particulière, des crustacés et des insectes*", puis, de 1806 à 1809, son "*Genera crustaceorum et insectorum*", ses "*Considérations générales sur l'ordre naturel des animaux composant la classe des Crustacés, des Arachnides et des Insectes*". En





*Le général comte Auguste Dejean (1780 – 1845)
(Planche extraite du Livre du centenaire de la Société
entomologique de France – 1932)*

**Le général comte
Auguste Dejean (1780 - 1845)**

Ce grand amateur d'insectes, militaire et spécialiste des Coléoptères, fut avant tout un grand col-

lectionneur : il fut même l'acquéreur de la collection de Latreille. Travaillant sur ses collections, il publie en 1802 un premier catalogue énumérant 910 espèces, puis un second (entre 1836 et 1837) pourvu de 22 399 espèces ! Bien que Boisduval dise de lui qu'il "n'était pas un homme d'étude et de cabinet" et qu'il "n'avait pas le goût des livres", Dejean a un grand projet : écrire une "Monographie des Coléoptères d'Europe" et un "Species général des Coléoptères". Il obtient la collaboration de Latreille, d'Aubé et Boisduval et rédige lui-même la partie réservée aux Carabidés. Le projet n'aboutit pas, à cause en partie semble-t-il, du certain mépris qu'exprime Dejean envers les travaux antérieurs à ses propres recherches. Il n'hésite pas à nommer les insectes de ses collections sans en faire de descrip-

tion précise, même si ces noms auront force de loi auprès de tous les entomologistes qui lui rendent visite pour qu'il identifie leurs récoltes ou leurs acquisitions. Dejean jouit de toute façon d'un grand prestige auprès de ses confrères de l'époque, cela suscitant probablement également quelques jalousies... En 1832, sa candidature comme président honoraire de la Société entomologique de France est refusée au profit de celle du baron Cuvier, pourtant bien peu entomologiste. Vieillissant, Dejean met en vente ses collections. Parmi les acquéreurs figurent le Muséum, malheureusement incapable de verser la somme demandée par son propriétaire, et le roi de Prusse... sauf que Dejean refuse que le fruit de son long travail ne soit expatrié. Sa vaste collection sera finalement vendue par lots, à divers amateurs, dont Fauvel, qui trouvera ainsi le fondement de sa "Faune Gallo-Rhénane I".

