

Menaces sur les merveilles marines

Les habitats marins sont menacés. Dans de nombreuses régions tempérées, les animaux benthiques (qui vivent sur le fond) les plus gros et les plantes dont ils se nourrissent et où ils s'abritent sont détruits par les chalutiers dont les engins ratissent les fonds côtiers.

Dans la région indo-pacifique tropicale, on attrape souvent le poisson en les paralyisant avec du cyanure, mais ce poison détruit également le corail, où nichent les poissons. Certains pêcheurs attirent, en outre, leurs proies dans les filets en broyant du corail avec des pierres ; un bateau peut ainsi détruire près de un kilomètre carré de récif par jour.

Les habitats marins pâtissent également de l'aquaculture, de l'agriculture et de la déforestation. Dans le Pacifique, au Nord-Ouest des États-Unis et du Canada, la déforestation intensive, les barrages hydroélectriques et les détournements de cours d'eau ont détruit des milliers de kilomètres d'habitat de saumons. La plupart des espèces d'esturgeons sont menacées de la même façon dans tout

l'hémisphère Nord. L'abondante sédimentation qui suit une déforestation dégrade également les habitats dans les régions tropicales, car les sédiments comblent les récifs coralliens, empêchent la lumière du soleil de pénétrer et les larves de se fixer.

En 1989, une toute petite île du Palau, dans le Pacifique, a été classée parmi les merveilles sous-marines pour ses récifs coralliens spectaculaires et quasi intacts. Pourtant, en 1995, j'ai constaté que des coulées de sédiment rouge se déversaient, après chaque grande pluie, dans les lagons coralliens : le sédiment résultait du lessivage par la pluie de routes mal construites. Au contraire, l'eau d'écoulement qui provenait de la jungle était aussi claire que la pluie elle-même. Près du port de la capitale, des effluents non traités étaient rejetés à la mer, vers les récifs. Riches en éléments nutritifs, ces effluents favorisent la prolifération des algues, qui tuent les coraux en modifiant l'équilibre fragile entretenu avec leurs algues symbiotiques.

pêcheurs attrapent accidentellement 500 dauphins, 52 espadons, 10 tortues de mer et aucun requin. En revanche, pour un même nombre de coups de sennes autour d'épaves flottantes, la prise accessoire n'est plus que de deux dauphins, mais on dénombre 654 espadons, 102 tortues de mer et 13 958 requins, et la proportion de thons juvéniles est généralement supérieure.

Afin d'éviter de pêcher ces animaux non recherchés, on pourrait recommencer à pêcher le thon avec des perches et des lignes, comme dans les années 1950. Il faudrait alors recruter des équipages plus importants, comme ceux qui embarquaient avant l'ère de la pêche mécanisée. La réduction récente des prises involontaires de dauphins et de tortues nous rappelle que, même si la situation de la pêche mondiale est précaire, il est quelques raisons d'être optimiste. L'analyse scientifique de la gestion des pêches s'améliore et l'on sait désormais quelles options privilégier. L'une des mesures les plus efficaces pour limiter la surpêche consisterait à supprimer les subventions accordées aux flottes de pêche qui ne sont pas rentables dans les conditions actuelles de production des océans, mais qui contribuent à l'épuisement des ressources marines.

Partout où les stocks de poissons ont été protégés, ils se sont rétablis et

les activités sociales et économiques liées ont redémarré. Le bar, qui est réapparu le long de la côte Est des États-Unis, est probablement le meilleur exemple d'une espèce dont les stocks se sont reconstitués grâce à une gestion rigoureuse et à un plan de réhabilitation bien mené.

En 1994, l'Organisation des Nations unies a accepté de nouveaux accords de conservation des espèces marines pêchées en haute mer. Ces mesures, renforcées par des accords régionaux de protection de l'environnement marin, aideront l'homme à conserver des océans sains et pleins de vie.

Carl SAFINA appartient au Réseau de préservation des espèces marines et dirige le Programme Océans de la Société américaine Audubon.

Global Marine Biological Diversity : A Strategy for Building Conservation into Decision Making, sous la direction de E. Norse, Island Press, 1993.

Understanding Marine Biodiversity, Report of the National Research Council's Committee on Biological Diversity in Marine Systems, National Academy Press, 1995.

Patrick GEISTDOERFER, *La vie dans les abysses*, Pour la Science, collection Sciences d'avenir, 1995.

Le système immunitaire du cerveau

WOLFGANG STREIT • CAROL KINCAID-COLTON

Il est formé de cellules microgliales. Normalement protectrices, ces cellules peuvent détruire le tissu cérébral et contribuer au développement de certaines maladies neurodégénératives et à la démence associée au SIDA.

Le tissu cérébral et la moelle épinière sains ne contiennent généralement pas de globules blancs, les sentinelles du système immunitaire. Bien que les globules blancs défendent l'organisme contre les infections et contre le cancer, ils sécrètent aussi des substances capables de tuer nos irremplaçables cellules nerveuses, les neurones. L'organisme minimise cette destruction en empêchant les cellules immunitaires de quitter les vaisseaux sanguins qui irriguent le cerveau et de pénétrer dans ce dernier ; seuls les traumatismes ou les maladies provoquent une telle migration.

Le système nerveux est-il dépourvu de protection immunitaire ? Non : on a récemment découvert que des cellules microgliales forment un vaste réseau de défense du tissu nerveux. Généralement, ces cellules agissent sans endommager les neurones, mais elles peuvent parfois perdre leur caractère bénin : elles provoqueraient ou potentialiseraient diverses pathologies, tels les accidents vasculaires cérébraux, la maladie d'Alzheimer, la sclérose en plaques et d'autres maladies neurodégénératives.

Les cellules microgliales appartiennent à la glie (du mot grec signifiant « glu »), identifiée au début du XIX^e siècle. Les biologistes pensèrent d'abord que la glie n'était qu'une sorte de mastic entre les neurones du cerveau et entre ceux de la moelle épinière. Puis dans les années 1920, les biologistes réussirent à différencier, au microscope, trois types de cellules gliales : les astrocytes, les oligodendrocytes et les cellules microgliales.

drocytes et les cellules microgliales. Dès les années 1970, on avait compris que les deux premiers types de ces cellules avaient des fonctions essentielles.

Par exemple, on avait découvert que les astrocytes, qui ont une forme d'étoile et un grand corps cellulaire, absorbent le surplus de molécules de neuromédiateurs présents autour des neurones, les protégeant ainsi de stimulations excessives. En outre, on avait observé que les oligodendrocytes, des cellules gliales de taille moyenne, produisent la gaine de myéline qui entoure les axones (les longs prolongements, issus du corps cellulaire des neurones, qui conduisent les signaux électriques). Certains neurobiologistes soupçonnaient que les cellules les plus petites, les cellules microgliales, jouaient également un rôle, probablement immunitaire, mais, jusque dans les années 1980, on ne disposait pas des outils nécessaires pour valider cette hypothèse.

Cette idée était née des recherches réalisées au début du XX^e siècle par Pio del Río-Hortega, un élève du neuroanatomiste espagnol Santiago Ramón y Cajal. En 1919, del Río-Hortega mit au point une technique de coloration, à base de carbonate d'argent, par laquelle il distinguait, sur de minces coupes de cerveau de mammifères, les cellules

microgliales des autres types cellulaires (les neurones, les astrocytes et les oligodendrocytes). Ensuite, pendant plus de dix ans, il chercha à comprendre le fonctionnement de ces cellules étranges.

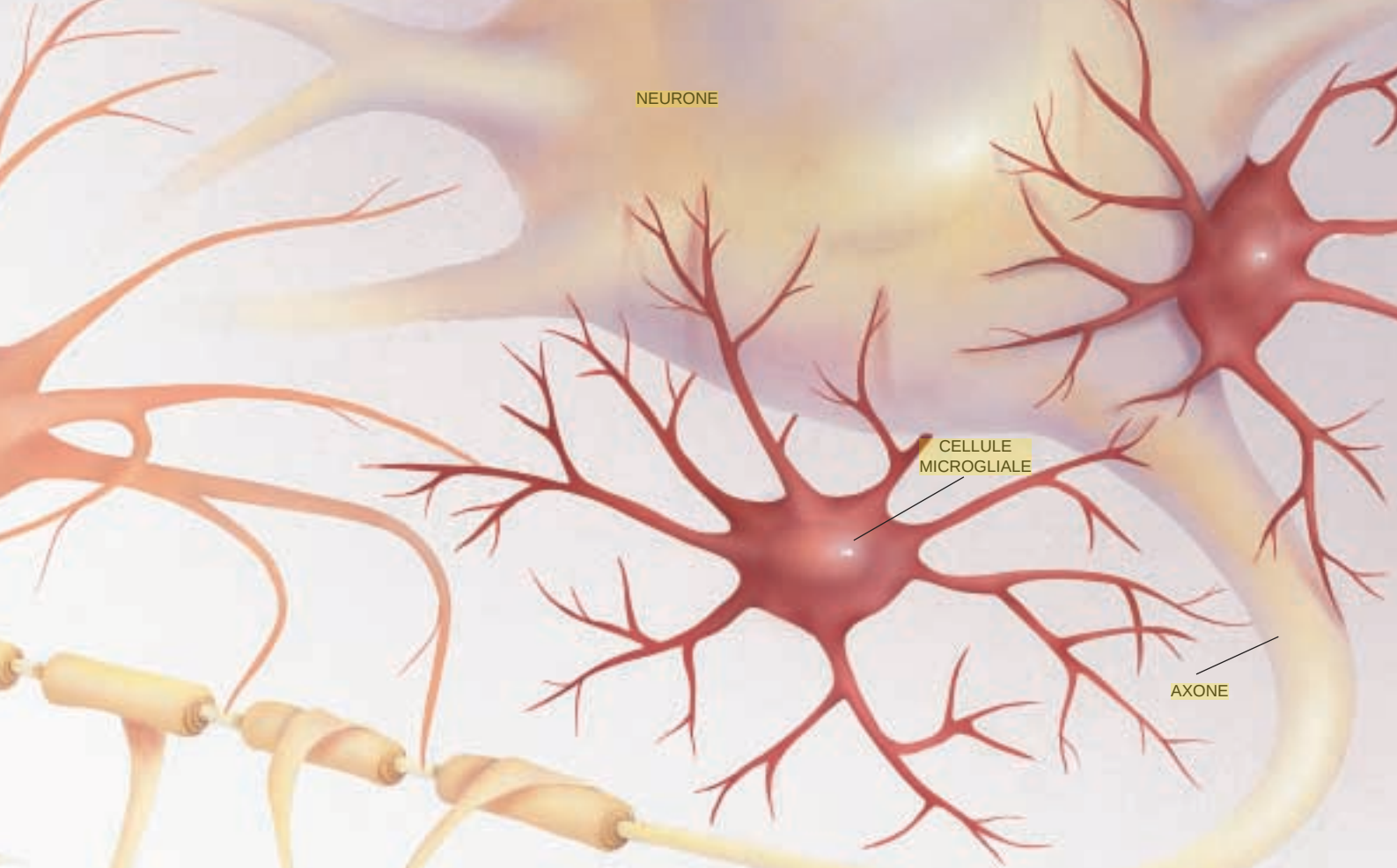
Il montra que les cellules microgliales ressemblent à des corps amorphes dans le cerveau en développement, puis qu'elles se différencient en cellules ramifiées qui se prolongent dans toutes les régions du cerveau et sont en contact avec les neurones et avec les astrocytes (il n'y a pas de contact entre cellules microgliales). Il constata également que ces cellules réagissent lorsque le cerveau est gravement lésé : lors d'une blessure profonde, les ramifications se rétractent, et les cellules microgliales reprennent leur forme ronde, immature.

Dans cet état, les cellules microgliales ressemblent à des macrophages, des globules blancs présents en dehors du système nerveux central. Or del Río-Hortega savait que, lorsque les macrophages détectent une lésion ou une infection, ils migrent vers les tissus endommagés, prolifèrent et phagocytent les cellules lésées, c'est-à-dire qu'ils collectent les déchets, ingèrent et dégradent les microbes, les cellules mortes et divers débris. Selon lui, les changements de morphologie des cellules microgliales matures correspondent

MYÉLINE

OLIGODENDROCYTE

ASTROCYTE



1. LES CELLULES MICROGLIALES (*en rouge*) au repos sont en contact avec les cellules qui les entourent ; elles les surveillent, prêtes à réagir rapidement en cas de lésion ou de maladie. Dans le sys-

tème nerveux central, les cellules microgliales sont aussi nombreuses que les neurones et uniformément réparties entre ces derniers.

à une métamorphose macrophagique. En 1932, il postula que les cellules microgliales sont les macrophages du système nerveux central.

Les macrophages du cerveau

Bien que les hypothèses de del Río-Hortega fussent plausibles, peu de neurobiologistes le suivirent durant les 50 années qui suivirent, surtout parce que sa méthode de coloration n'était pas fiable. Sans technique pour différencier les cellules microgliales des autres types de cellules, personne ne pouvait étudier leur fonction. Les études n'ont repris que dans les années 1980, lorsque Hugh Perry et ses collègues de l'Université d'Oxford trouvèrent des anticorps monoclonaux capables de se lier aux cellules microgliales. Chaque anticorps monoclonal se lie à un seul type de protéine, son antigène spécifique. Si l'on montrait que de tels anticorps reconnaissent leur cible uniquement sur les cellules microgliales – et non sur d'autres cellules du système nerveux central –, on disposerait là d'une nouvelle

«méthode de coloration» : en liant ces anticorps à un marqueur repérable, par exemple à un composé fluorescent, on pourrait différencier les cellules microgliales des autres cellules.

En 1985, l'équipe de H. Perry montra que divers anticorps monoclonaux permettent effectivement de localiser les cellules microgliales dans le tissu nerveux. Simultanément, la panoplie des anticorps s'élargit, et des méthodes de culture de cellules microgliales pures apparurent, de sorte que l'on commença à analyser en détail l'activité de ces cellules.

En utilisant les anticorps, on mit en évidence quelques éléments en faveur du rôle immunitaire des cellules microgliales dans le cerveau et dans la moelle épinière. Ainsi, plusieurs anticorps reconnaissant des protéines spécifiques des cellules immunitaires retrouvaient leur cible sur les cellules microgliales. D'autres anticorps ont révélé que ces cellules ont diverses propriétés des macrophages.

Les macrophages et certaines cellules apparentées sont des cellules présentatrices d'antigènes, qui découpent

les protéines fabriquées par les microbes envahisseurs et qui présentent les fragments sur des molécules à leur surface, en les associant à des molécules nommées antigènes du complexe majeur d'histocompatibilité de classe II. Cette présentation alerte diverses cellules du système immunitaire et déclenche une attaque puissante contre l'envahisseur dont les fragments sont présentés. Entre 1985 et 1989, plusieurs équipes ont montré que les anticorps monoclonaux se liant à des antigènes du complexe majeur d'histocompatibilité de classe II reconnaissent aussi les cellules microgliales. Ainsi, contrairement à ce que l'on pensait auparavant, les cellules microgliales produisent des antigènes du complexe majeur d'histocompatibilité de classe II ; par conséquent, elles sont vraisemblablement, elles aussi, des cellules présentatrices d'antigènes.

Simultanément, Georg Kreutzberg et ses collègues de l'Institut Max Planck de psychiatrie de Martinsried étudiaient, chez le rongeur, la capacité des cellules microgliales de se comporter comme des macrophages en présence de neu-

rones gravement endommagés. Certains neurobiologistes avaient prétendu que les cellules microgliales n'appartenaient pas au système nerveux central et qu'elles n'étaient que des monocytes envahissant le cerveau ou la moelle épinière lorsque des vaisseaux sanguins du tissu nerveux étaient lésés. Cette affirmation a été difficile à réfuter parce que les anticorps et les colorants qui reconnaissent les cellules microgliales reconnaissent aussi les macrophages dérivés des monocytes sanguins.

G. Kreutzberg et ses collègues trouvèrent une méthode simple pour savoir si les cellules microgliales ayant un comportement de macrophages dérivait ou non des monocytes du sang. Dans leur modèle expérimental, ils ont sélectionné des neurones dont le corps cellulaire est dans le cerveau, mais dont les axones se terminent dans les muscles. Ils ont injecté une toxine dans les terminaisons axonales et ont laissé le poison diffuser dans les neurones et les détruire sans endommager les

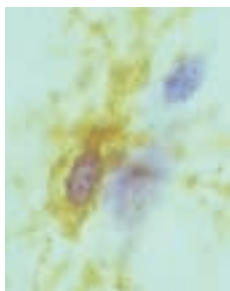
vaisseaux sanguins. Ainsi tout macrophage réagissant à la lésion serait originaire du tissu nerveux et non du sang. Ils ont alors observé les régions cérébrales contenant les restes des neurones endommagés et confirmé que les cellules microgliales migrent effectivement vers les neurones détruits, prolifèrent et éliminent ces neurones. Autrement dit, les cellules microgliales sont effectivement les macrophages spécifiques du cerveau ; elles ne proviennent pas du sang.

Les avatars des cellules microgliales

Les cellules microgliales (*en brun doré sur les microphotographies*) sont ramifiées quand elles sont au repos (a). Dès qu'elles détectent une anomalie, leurs ramifications se rétractent, elles migrent vers le site menacé et elles changent de forme. Quand elles ont assez de place, elles buissonnent (b). Quand elles doivent s'insérer entre les longs prolongements neuronaux, elles s'allongent (c). Parfois encore, elles adaptent leur forme à celle des neurones lésés (d).

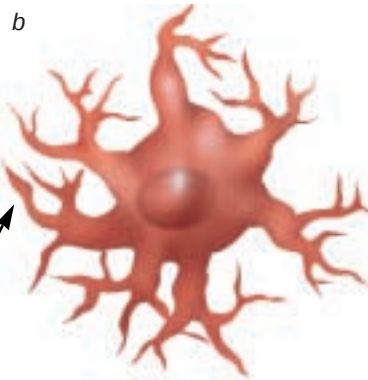


CELLULE MICROGLIALE RAMIFIÉE

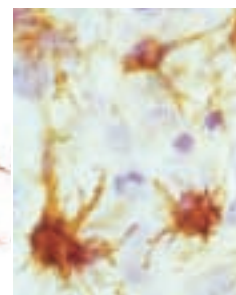


Stade 1: Repos

La cellule microgliale ramifiée surveille constamment les cellules avoisinantes.



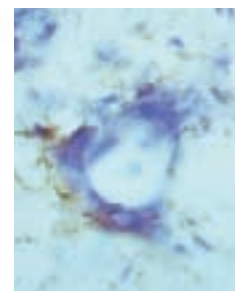
CELLULE MICROGLIALE BUISSONNANTE



CELLULE MICROGLIALE EN FORME DE BÂTON



CELLULE MICROGLIALE EN FORME DE NEURONE



Stade 2 : Activation

La cellule microgliale se déforme dès qu'elle détecte une perturbation de son environnement, par exemple une lésion neuronale.