

## CHAPITRE 9

# Introduction au système nerveux

### Sommaire

- 9.1 Introduction 153
- 9.2 Organisation du cerveau et de la moelle épinière 153
- 9.3 Constituants cellulaires du système nerveux 159

### Ce chapitre devrait vous aider à comprendre :

- Les principales divisions du système nerveux
- L'organisation anatomique basique du cerveau et de la moelle épinière
- Les méninges
- Les nerfs crâniens et leurs principales fonctions
- L'organisation des nerfs de la colonne vertébrale
- L'innervation segmentaire du corps par les nerfs de la colonne vertébrale
- Les différents types cellulaires qui composent le système nerveux

### 9.1 Introduction

Le système nerveux est adapté pour fournir une signalisation rapide et discrète (c'est-à-dire point à point) sur des distances plus ou moins longues (de millimètres à un mètre ou plus). Les principaux événements cellulaires impliqués dans la communication entre les cellules nerveuses ont été traités au chapitre 7, tandis que le contrôle moteur et les fondements de la sensation sont abordés dans les chapitres suivants. Ce chapitre est consacré principalement à l'organisation du système nerveux et à la nature de ses cellules constitutives.

*Physiologie humaine et physiopathologie*

© 2019, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

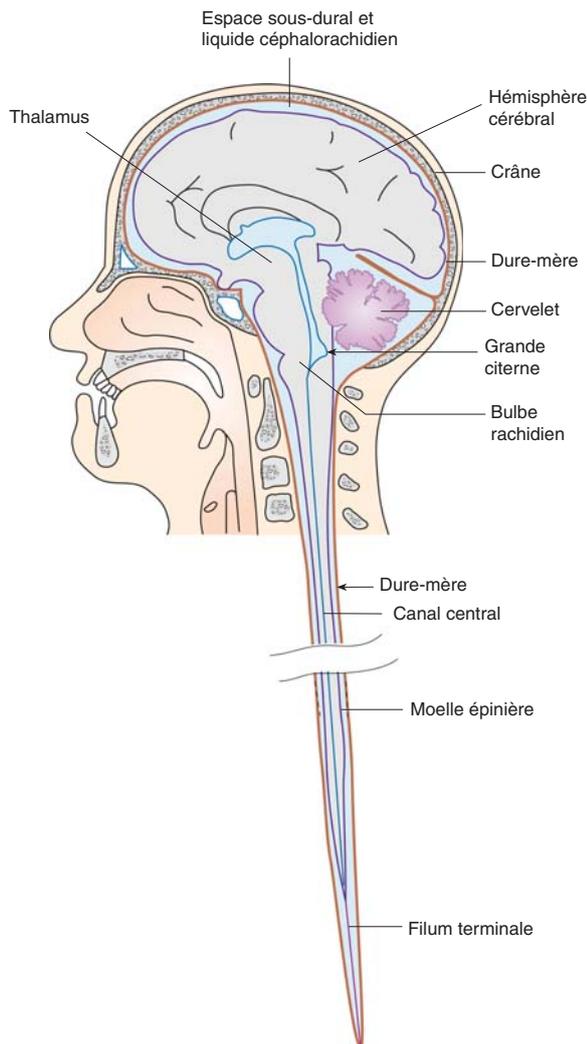
Le système nerveux peut être divisé en cinq parties principales :

- le cerveau ;
- la moelle épinière ;
- les nerfs périphériques ;
- le système nerveux autonome ;
- le système nerveux entérique.

Le cerveau et la moelle épinière constituent le **système nerveux central** (SNC), tandis que les nerfs périphériques, le système nerveux autonome et le système nerveux entérique constituent le **système nerveux périphérique**. Le **système nerveux autonome** est la partie du système nerveux qui s'intéresse à l'innervation des vaisseaux sanguins et des organes internes. Il comprend les ganglions autonomes qui se situent parallèlement à la colonne vertébrale (ganglions paravertébraux) et leurs nerfs associés. L'organisation et les fonctions du système nerveux autonome sont abordées dans le chapitre 11. Le **système nerveux entérique** contrôle l'activité de l'intestin. Son organisation et sa fonction sont présentées dans le chapitre 43.

### 9.2 Organisation du cerveau et de la moelle épinière

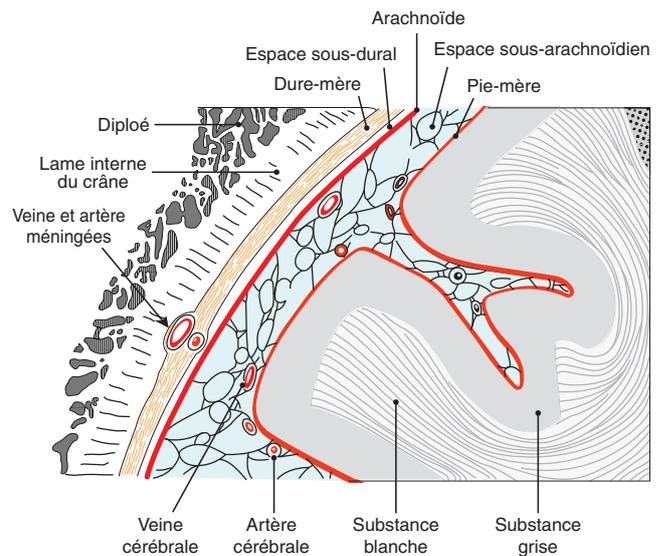
Comme le montre la figure 9.1, le cerveau et la moelle épinière se trouvent à l'intérieur d'une structure osseuse constituée du crâne et du canal rachidien. Le cerveau et la moelle sont couverts par trois membranes appelées **méninges**. Immédiatement sous le crâne se trouve une membrane résistante, composée de tissu conjonctif dense, appelée **dure-mère**, qui enveloppe tout le cerveau et s'étend sur la moelle épinière sous la forme d'un tube. Attachée à la face interne de la dure-mère, se trouve la membrane arachnoïde, ainsi nommée en raison des fibres fines en forme de toile avec lesquelles elle se connecte à la **pie-mère** sous-jacente. La pie-mère est une membrane fine, fragile et très vascularisée qui suit tous les contours de la surface du cerveau et de la moelle épinière (figure 9.2). L'espace étroit entre la pie-mère et les



**Figure 9.1** Représentation schématique d'une vue médiane d'une coupe sagittale du système nerveux central. La moelle épinière est montrée un peu plus grande qu'elle ne l'est en réalité. (Adapté de la fig. 3.1 de P. Brodal (2004) *The central nervous system. Structure and function*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford University Press, New York.)

membranes arachnoïdes (**espace sous-arachnoïdien**) est rempli d'un liquide clair appelé **liquide céphalorachidien** (LCR). Ce liquide est activement sécrété par les plexus choroïdiens, qui sont des structures vasculaires situées dans les **ventricules cérébraux** (espaces remplis de liquide situés à l'intérieur du cerveau). Le LCR fournit un support hydrostatique pour le cerveau dans le crâne et joue un rôle important dans la régulation de l'environnement extracellulaire des cellules nerveuses. La composition, la formation et la circulation du LCR sont présentées dans le chapitre 30.

Puisque l'espace entre le crâne et le cerveau est rempli de LCR, le cerveau flotte dans un compartiment rempli de liquide. De plus, les plicatures profondes de la dure-mère divisent l'espace liquidien entre le crâne et le cerveau en plus petits compartiments. Cette disposition limite le déplacement du cerveau dans le crâne pendant les mouvements de la tête et limite les contraintes sur les vaisseaux sanguins et les nerfs crâniens.

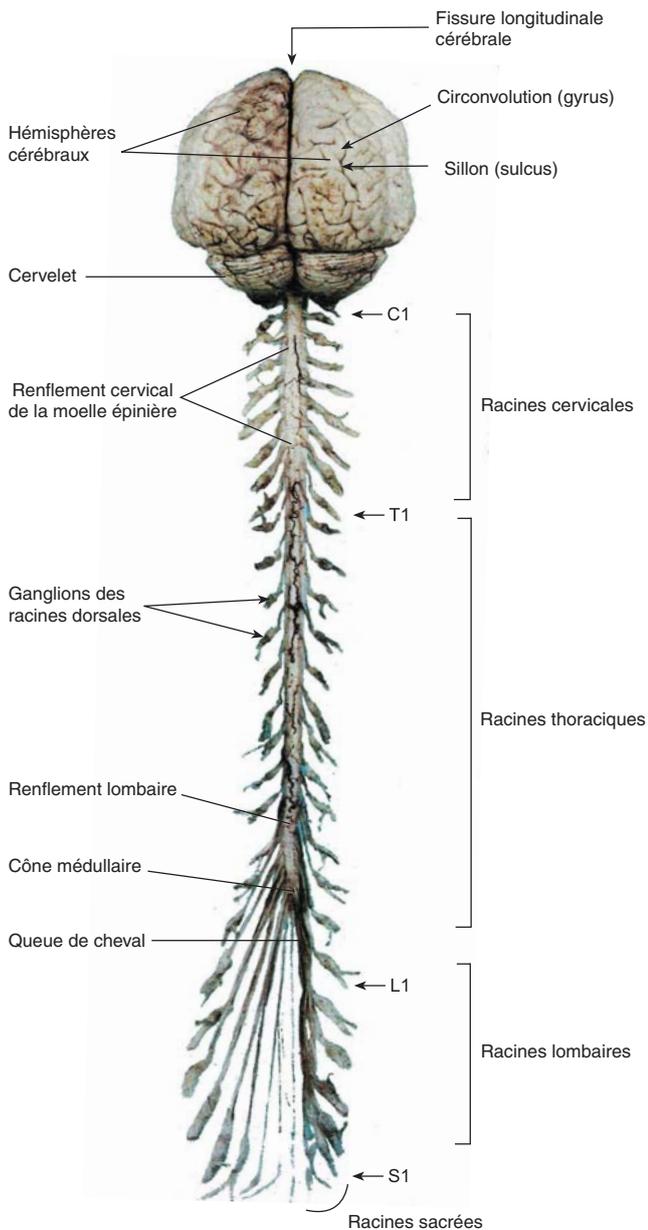


**Figure 9.2** Coupe schématique du cortex cérébral montrant les relations entre le cerveau, les méninges et la face intérieure du crâne. Les artères méningées se trouvent dans l'endocrâne (c'est-à-dire sur la surface intérieure du crâne), tandis que les vaisseaux sanguins cérébraux se situent dans l'espace sous-arachnoïdien. La diploé est une couche d'os spongieux qui sépare les couches interne et externe de l'os compact du crâne. (Redessiné à partir de la fig. 182 de G.J. Romanes (1986) *Cunningham's Manual of practical anatomy*. Vol. 3, *Head and neck*. Oxford University Press, Oxford.)

La surface du cerveau humain comporte de nombreux plis appelés sillons ou **scissures** (**sulcus**). Les régions lisses de la surface du cerveau qui se situent entre ces plis sont connues sous le nom de **circonvolutions** (**gyrus**). Le cerveau vu d'en haut montre une fente profonde appelée fissure cérébrale longitudinale qui divise le cerveau en deux **hémisphères cérébraux** qui sont, chacun, divisés en quatre lobes : les lobes frontal, pariétal, occipital et temporal (figures 9.3 et 9.4). Au-dessous des hémisphères cérébraux se trouve une structure plus petite et présentant de nombreux replis parallèles appelée **cervelet**.

Une coupe du cerveau, le long de la ligne médiane entre les hémisphères cérébraux, (coupe médiane sagittale) montre quelques détails de son organisation interne (figure 9.5). Sur la surface médiane, une large bande blanche appelée **corps calleux** est composée de nombreuses fibres nerveuses qui interconnectent les deux hémisphères. Immédiatement au-dessous du corps calleux se trouve une structure membranaire appelée **septum pellucidum** qui sépare deux espaces internes, remplis de LCR, dénommés **ventricules cérébraux latéraux**.

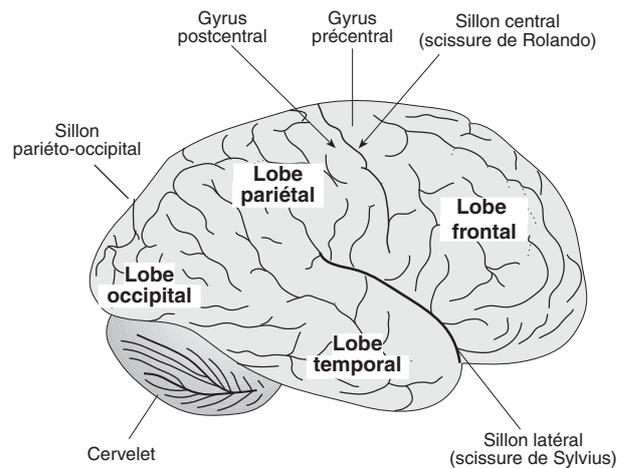
Sous le septum pellucidum et les ventricules latéraux se situe le **thalamus**, un centre majeur du traitement des informations provenant des organes sensoriels. L'**hypothalamus**, qui joue un rôle essentiel dans la régulation du système endocrinien par son contrôle de l'**hypophyse** (voir chapitre 21), est situé juste devant et en dessous du thalamus. Derrière et sous le thalamus se trouve le mésencéphale (figure 9.5), qui se prolonge par le pont (protubérance), renflement du tronc cérébral contenant des fibres reliant les deux moitiés du cervelet. Au-dessous et derrière la protubérance se trouve



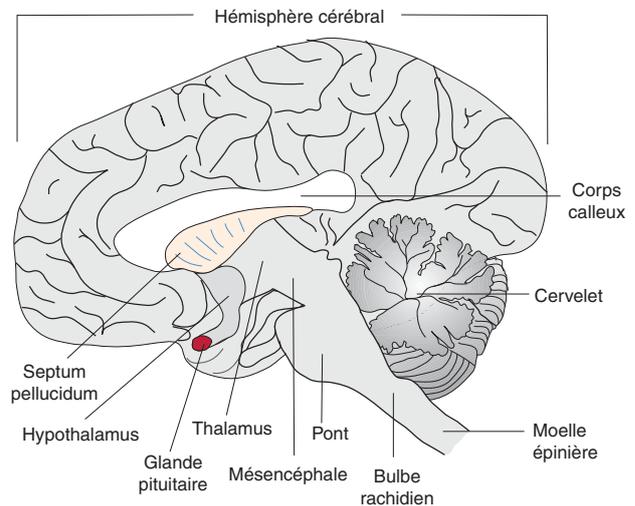
**Figure 9.3** Vue dorsale (postérieure) d'une dissection complète du cerveau et de la moelle épinière montrant leur relation anatomique. Noter les paires de nerfs rachidiens, qui s'étendent sur toute la longueur de la moelle épinière, et les renflements cervicaux et lombaires. (Adapté de la fig. 8.8 de *Gray's Anatomy* 38<sup>th</sup> ed. (1995), Churchill Livingstone, Londres, p. 177. Republié avec l'autorisation d'Elsevier.)

le **bulbe rachidien** (moelle allongée), qui se prolonge par la moelle épinière. La moelle épinière traverse le canal rachidien de la colonne vertébrale. Chez les adultes, elle mesure environ 45 cm de longueur et se termine au niveau de la première ou de la deuxième vertèbre lombaire. En descendant le long du canal vertébral, la moelle épinière donne naissance à une série de paires de nerfs (nerfs rachidiens) qui relient le SNC aux organes périphériques (voir figure 9.3).

Une coupe frontale (coronale) du cerveau révèle sa structure interne. Dans une dissection fraîche du cerveau, la partie extérieure (cortex) a une apparence grisâtre entourant une région plus pâle



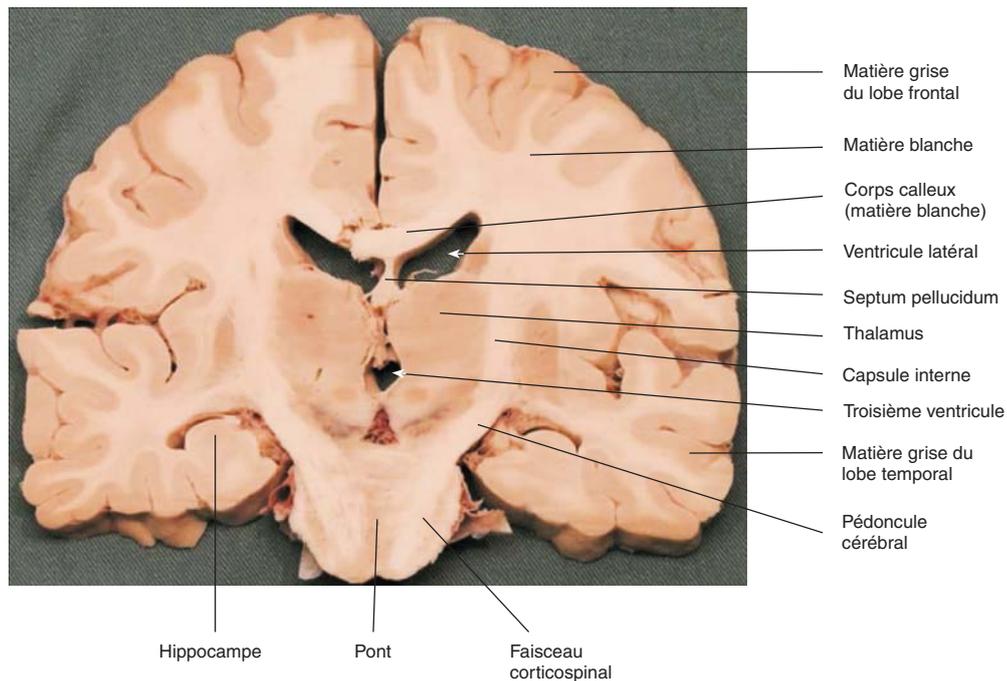
**Figure 9.4** Vue latérale du cerveau humain montrant les lobes de l'hémisphère cérébral droit et la position du cervelet.



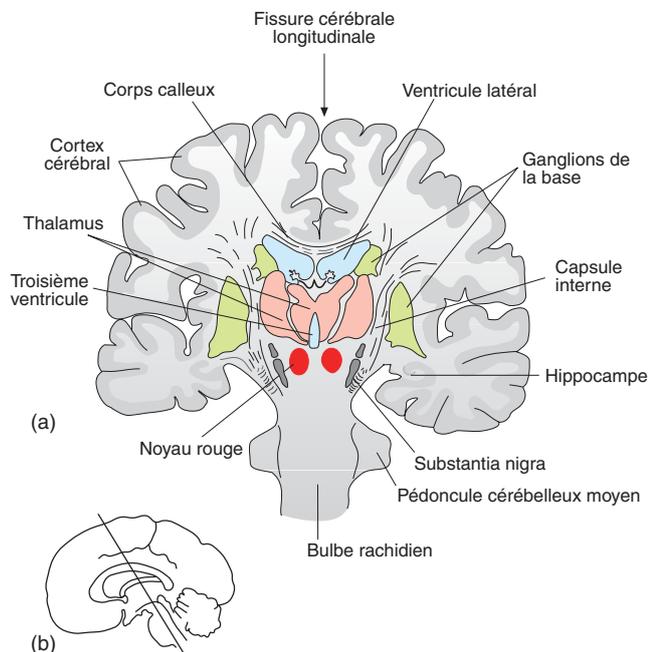
**Figure 9.5** Vue sagittale médiane du côté droit du cerveau humain, montrant les relations entre les structures principales. (Adapté de la fig. 2.6 de P. Brodal (1992) *The central nervous system. Structure and function*, 2<sup>nd</sup> ed. Oxford University Press, New York.)

(figure 9.6; la coloration brunâtre est causée par le fixateur utilisé pour préserver le cerveau). La région externe est appelée **substance grise** et la région intérieure constitue la **substance blanche**. La matière grise contient un grand nombre de cellules nerveuses, tandis que la matière blanche est constituée d'un grand nombre de fibres nerveuses myélinisées, comme celles du **corps calleux** et de la **capsule interne**. La matière grise est répartie à l'intérieur de la moelle épinière et aussi à l'intérieur du cerveau, dans des régions distinctes appelées **noyaux** (à ne pas confondre avec les noyaux des cellules). Les faisceaux de matière blanche reliant une partie du SNC à un autre sont appelés **voies nerveuses**. Les faisceaux de fibres nerveuses à l'extérieur du SNC sont appelés nerfs.

Une coupe oblique à travers le cerveau révèle un certain nombre d'autres structures importantes, représentées schématiquement dans la figure 9.7. Le **noyau caudé**, le **putamen** et le **globus pallidus** forment



**Figure 9.6** Coupe coronale du cerveau humain montrant les différences d'apparence de la matière grise et blanche et les relations anatomiques de diverses structures internes, y compris les ventricules cérébraux. Cette coupe du cerveau est traitée avec un fixateur mais pas avec un colorant. (Source : Université de Colombie-Britannique : <http://www.neuroanatomy.ca/>.)



**Figure 9.7** (a) Diagramme d'une coupe coronale à travers le cerveau humain à un niveau similaire à celui de la figure 9.6, montrant les relations spatiales du cortex cérébral, des noyaux de la base et du thalamus. (b) Plan de la section. (Redessiné à partir de la fig. 3.27 de P. Brodal (2004) *The central nervous system. Structure and function*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford University Press, New York.)

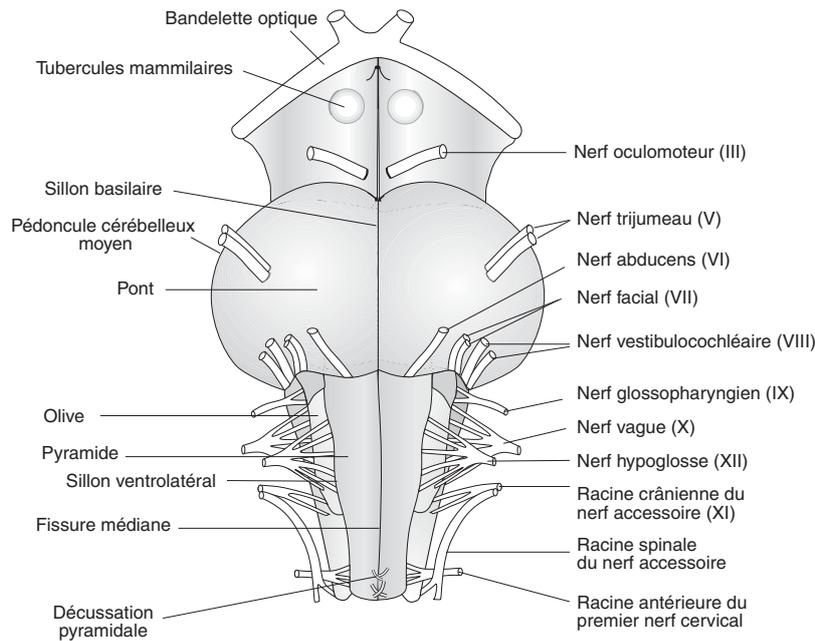
un ensemble appelé **corps strié** (corpus striatum). Entre le noyau caudé et le putamen passe la capsule interne, qui contient les fibres nerveuses reliant le cortex cérébral à la moelle épinière. Une petite région appelée **substantia nigra**, ainsi nommée parce que chez les adultes elle contient un pigment noir (mélanine), se trouve sous le thalamus (voir figure 9.6). Ces structures jouent un rôle important dans le contrôle des mouvements (voir le chapitre 10 pour plus de détails).

### Nerfs crâniens

À la base du cerveau, émergent 12 paires de nerfs qui servent aux fonctions motrices et sensorielles de la tête (figure 9.8). Ces **nerfs crâniens** sont numérotés de I à XII. Certaines paires contribuent aussi à la partie parasympathique du système nerveux autonome (voir chapitre 11) : nerfs oculomoteur (III), facial (VII), glossopharyngien (IX) et vague (X). Les noms et les principales fonctions de tous les nerfs crâniens sont présentés dans le tableau 9.1.

### Organisation de la moelle épinière et des nerfs de la colonne vertébrale

La moelle épinière est contenue dans un sac tubulaire dure-mérien qui est séparé du périoste du canal vertébral par le tissu aréolaire, un tissu conjonctif lâche contenant de nombreux interstices, des fibres élastiques réticulées et des cellules adipeuses. L'espace entre le périoste du canal vertébral et la dure-mère est appelé **espace épidual** (aussi espace périural ou extradural). Comme le cerveau, la face interne de la dure-mère est bordée par la membrane



**Figure 9.8** Vue ventrale du cerveau humain montrant les nerfs crâniens, le chiasma optique, le pont et la décussation pyramidale (passage des fibres nerveuses des voies pyramidales). Le premier nerf crânien n'émerge pas du tronc cérébral mais du bulbe olfactif et n'est pas représenté ici. Le quatrième nerf crânien, le nerf trochléaire, émerge sur le côté dorsal du tronc cérébral sous le colliculus inférieur. C'est le seul nerf crânien à émerger de la face dorsale du tronc cérébral. (Redessiné à partir de la fig. 6-1 de M.L. Barr (1974) *The human nervous system*, Harper International, Hagerstown.)

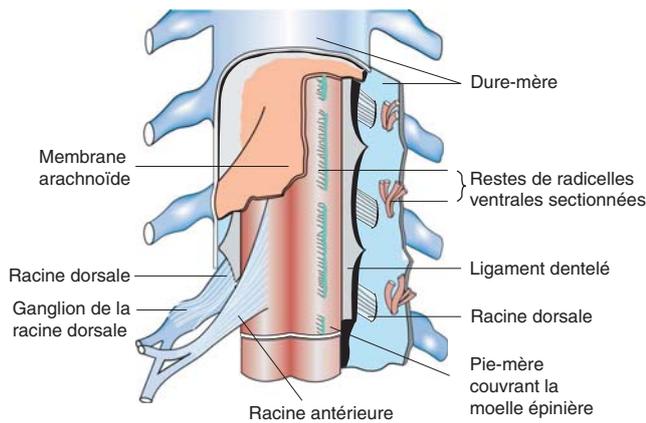
**Tableau 9.1** Fonctions des nerfs crâniens

N°	Nom	Fonctions principales
I	Olfactif	Nerf sensoriel associé au sens de l'odorat
II	Optique	Nerf sensoriel associé à la vision (efférences de la rétine)
III	Oculomoteur	Principalement contrôle moteur des muscles extrinsèques de l'œil et activité parasymphatique pour les muscles intrinsèques de l'iris et du corps ciliaire
IV	Trochléaire	Innervation du muscle oblique de l'œil
V	Trijumeau	Sensorielle et motrice : contrôle moteur de la mâchoire et sensation du visage
VI	Abducens	Principalement contrôle moteur des muscles extrinsèques de l'œil
VII	Facial	Sensorielle et motrice : contrôle moteur des muscles faciaux et activité parasymphatique des glandes salivaires; goût par l'intermédiaire de la corde tympanique
VIII	Vestibulocochléaire	Sensorielle : audition et équilibre
IX	Glossopharyngien	Sensorielle et motrice : goût, dos de la langue (sensations amères); contrôle les muscles de la déglutition et activité parasymphatique des glandes salivaires
X	Vague	Sensorielle et motrice : nerf parasymphatique majeur de la poitrine et de l'abdomen; reçoit des afférences des viscères
XI	Spinal	Contrôle moteur des muscles du cou et du larynx
XII	Hypoglosse	Contrôle moteur de la langue

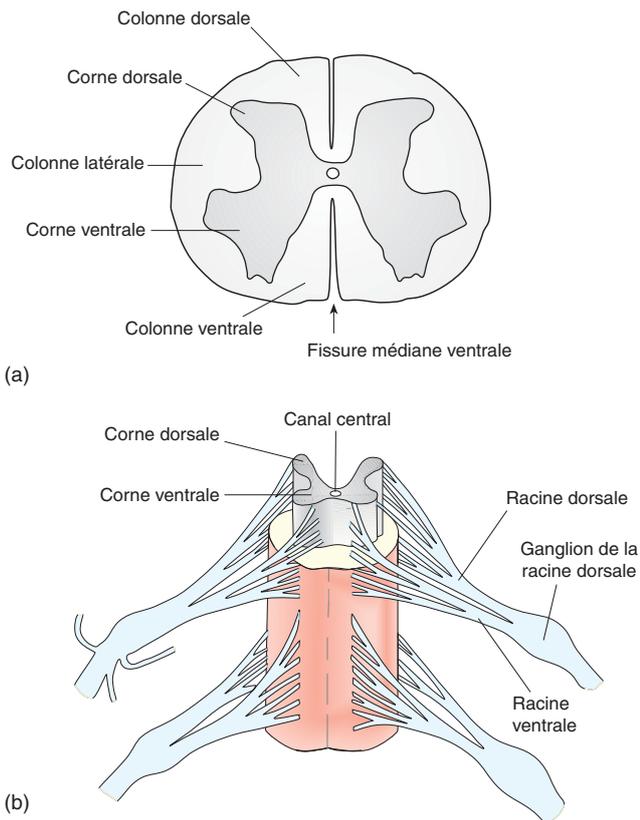
arachnoïde, qui est séparée de la pie-mère couvrant la moelle épinière elle-même par l'espace sous-arachnoïdien. Le mouvement de la moelle épinière dans le sac dural est limité par des fines bandes de tissu conjonctif, extensions de la pie-mère, appelées **ligaments dentelés** qui sont attachés à la dure-mère de chaque côté en 21 points (figure 9.9).

La moelle épinière traverse le canal vertébral de la première vertèbre cervicale à la région lombaire. C'est une structure anatomique

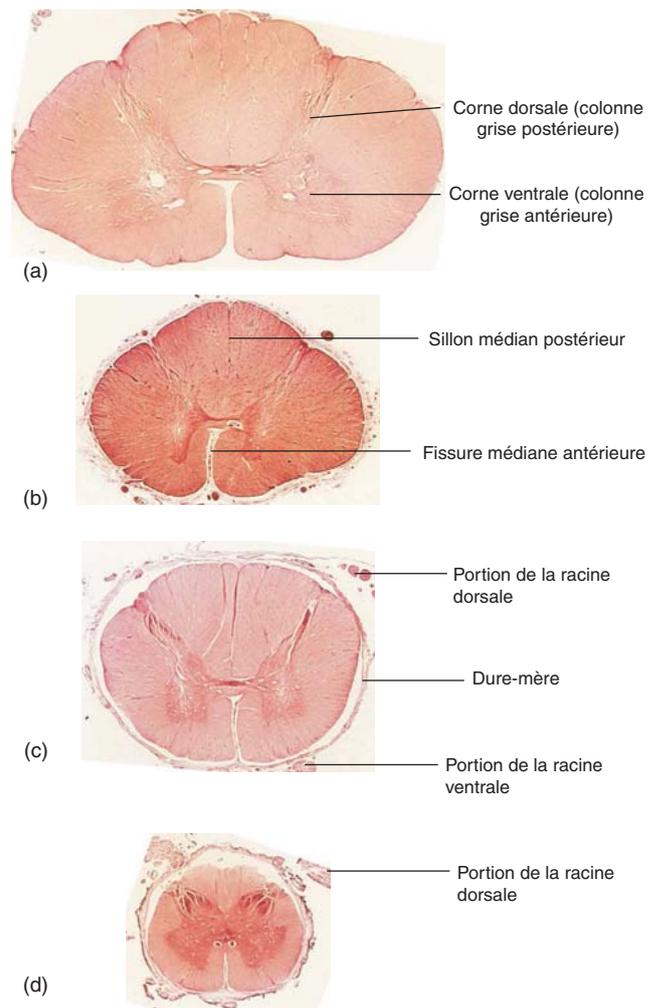
d'environ 45 cm de longueur chez les hommes et 42 cm chez les femmes. Les segments cervicaux ont un diamètre transversal maximal d'environ 12 mm. Les segments thoraciques sont un peu plus étroits et ont un diamètre maximal de 7 à 8 mm (environ l'épaisseur d'un crayon), tandis que le diamètre maximal des segments lombaires est de 9 à 10 mm (renflement lombaire). Les segments terminaux de la région sacrée ont un diamètre de seulement 4 à 6 mm. La moelle épinière se termine par le **cône médullaire**, qui est généralement situé au



**Figure 9.9** Représentation schématique d'une vue ventrale (antérieure) de la moelle épinière montrant l'origine des nerfs spinaux et l'agencement des méninges de la colonne vertébrale. Les ligaments dentelés (ou denticulés) longent la moelle épinière de chaque côté et stabilisent la position de la moelle épinière dans le sac dural par une série de liaisons entre la pie-mère et la dure-mère. (Redessiné à partir de la fig. 169 de G.J. Romanes (1986) *Cunningham's Manual of practical anatomy*. Vol. 3, *Head and neck*. Oxford University Press, Oxford.)



**Figure 9.10** Schémas illustrant la structure de la moelle épinière au niveau du renflement lombaire (A) et la disposition des racines rachidiennes (B). Dans la figure du bas, une partie de la matière blanche de la moelle épinière est supprimée pour montrer l'entrée directe des racines dans la matière grise centrale. (D'après les fig. 3.4 et 3.5 de P. Brodal (2004) *The central nervous system. Structure and function*, 3<sup>rd</sup> ed., Oxford University Press, New York.)

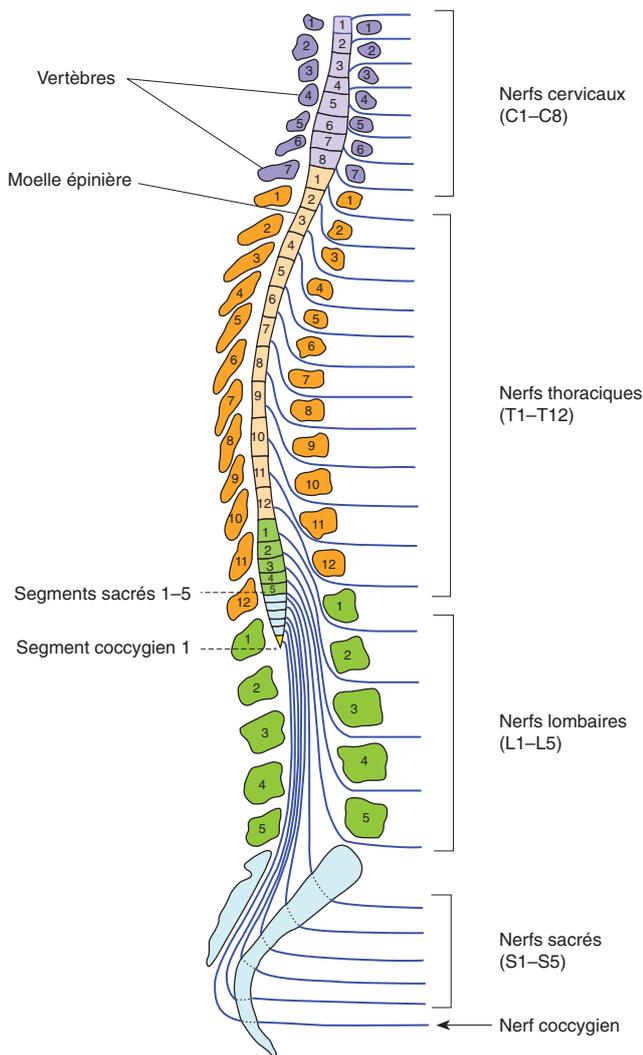


**Figure 9.11** Coupes transversales de la moelle épinière à quatre niveaux différents : (a) cervical, (b) thoracique, (c) lombaire et (d) sacré. (Agrandissement d'environ 5 ×.)

niveau de la première vertèbre lombaire chez les adultes. Cependant, chez certains individus, il est aussi haut que le douzième segment thoracique (T12) ou aussi bas que la troisième vertèbre lombaire (L3). L'extrémité inférieure de la moelle épinière est attachée au coccyx par un mince cordon de tissu conjonctif appelé filum terminale.

Une coupe transversale de la moelle épinière montre qu'elle possède une région centrale constituée de matière grise entourée de matière blanche (figure 9.10a, b). La matière blanche de la moelle épinière est disposée dans des colonnes qui contiennent les fibres nerveuses reliant le cerveau et la moelle épinière, tandis que la colonne centrale de matière grise a une forme ressemblant à celle d'un papillon (ou d'une lettre H) autour d'un canal central. L'apparence de la moelle épinière varie en fonction du niveau de coupe transversal, cervical, thoracique, lombaire ou sacré (figure 9.11). La matière grise est divisée en deux **cornes dorsales** et deux **cornes ventrales** (les cornes dorsale et ventrale sont également respectivement appelées cornes postérieure et antérieure).

À chaque niveau segmentaire, la moelle épinière donne naissance à une paire de nerfs rachidiens. Chacun de ceux-ci est formé par la



**Figure 9.12** Relation entre les segments de la moelle épinière et les nerfs rachidiens avec la colonne vertébrale. Noter que si les quatre premiers nerfs cervicaux quittent le canal rachidien au-dessus des vertèbres correspondantes, tous les autres naissent sous les vertèbres correspondantes. La moelle épinière occupe les deux tiers supérieurs du canal rachidien. La position du segment terminal varie d'une personne à l'autre, mais chez les adultes, elle se situe entre la douzième vertèbre thoracique et la deuxième ou la troisième vertèbre lombaire.

fusion de segments nerveux appelés **racines dorsales** et **racines ventrales**, comme le montre la figure 9.10b. Chez l'homme, la moelle épinière compte 31 paires de nerfs rachidiens : 8 cervicales, 12 thoraciques, 5 lombaires, 5 sacrées et une coccygienne (voir figure 9.3).

Les nerfs rachidiens sont généralement numérotés en fonction du numéro des vertèbres situées au-dessus de chaque paire de nerfs. Cependant, la première paire cervicale quitte le canal rachidien au-dessus de la première vertèbre et les sept premières paires de nerfs cervicaux quittent donc le canal rachidien au-dessus des sept vertèbres correspondantes. En revanche, le huitième nerf cervical et les nerfs thoraciques, lombaires et sacrés quittent le canal rachidien au-dessus des vertèbres correspondantes (figure 9.12). Chez les adultes, le canal rachidien sous la deuxième vertèbre lombaire abrite

la **queue de cheval** (cauda equina) qui se compose des nerfs spinaux des segments lombaires inférieurs (L2-L5), sacré et coccygien. Cet arrangement anatomique permet d'obtenir des prélèvements de LCR en toute sécurité chez les adultes en insérant une aiguille dans l'espace sous-arachnoïdien à un niveau inférieur à la troisième ou à la quatrième vertèbre lombaire (ponction lombaire ; voir chapitre 30).

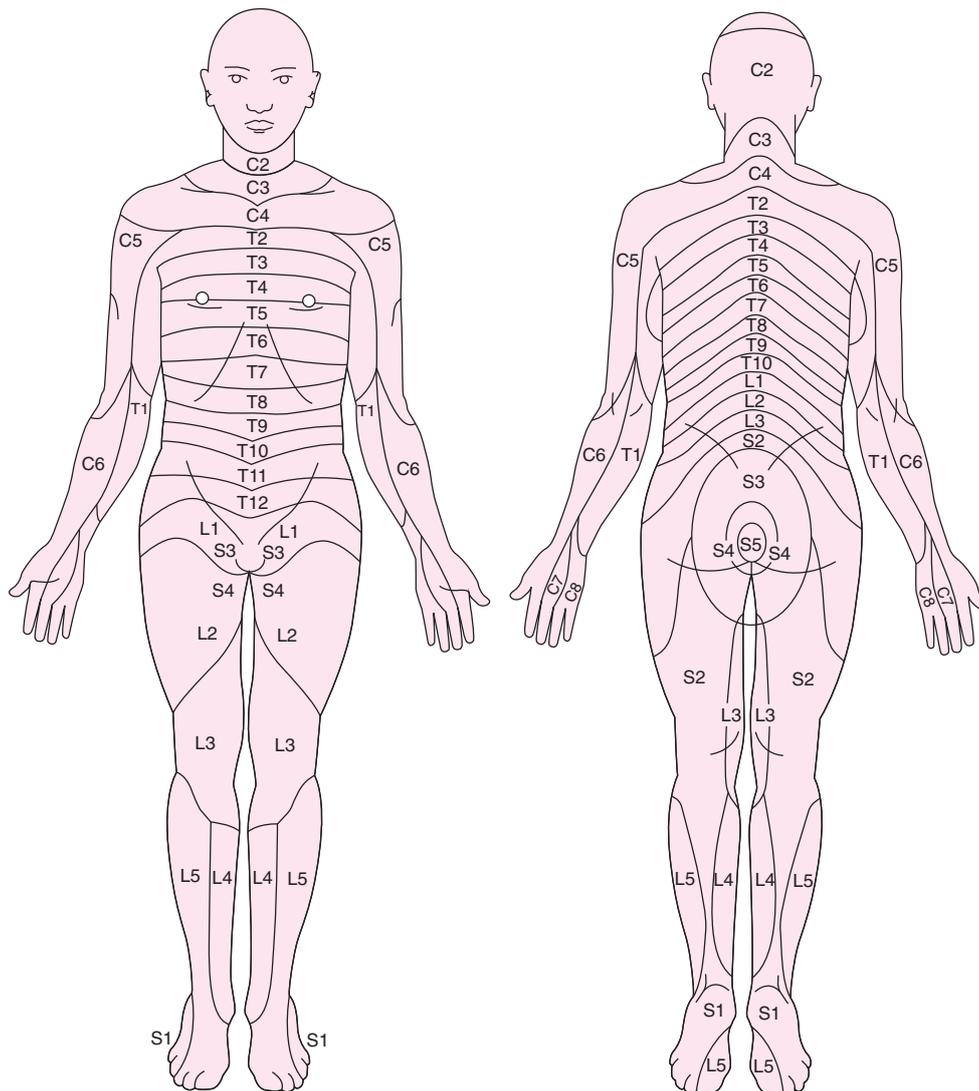
Chaque racine dorsale présente un renflement, appelé **ganglion spinal**, qui contient les corps cellulaires des fibres nerveuses sensibles constituant la racine dorsale (voir figures 9.3 et 9.10). Les fibres de la racine ventrale proviennent de cellules nerveuses situées dans la corne ventrale de la matière grise médullaire. Pour quitter le canal rachidien, les nerfs percent la dure-mère entre les vertèbres. Ensuite, ils forment les troncs nerveux périphériques qui innervent les muscles et les organes du corps.

Les informations sensorielles entrent dans la moelle épinière par les ganglions spinaux. Étant donné que les fibres sensorielles portent l'information des organes sensoriels à la moelle épinière, elles sont appelées **fibres nerveuses afférentes**. Les fibres des racines ventrales sont appelées **fibres nerveuses efférentes** car elles transfèrent des informations motrices de la moelle épinière vers les muscles et les glandes sécrétrices (les **effecteurs**). Les nerfs qui quittent la moelle épinière vers la paroi du corps et les muscles squelettiques sont appelés **nerfs somatiques**, tandis que les fibres qui innervent les vaisseaux sanguins et les viscères sont des **fibres efférentes autonomes** (voir le chapitre 11 pour plus de détails sur l'organisation et le fonctionnement du système nerveux autonome). Chaque nerf rachidien innerve une région particulière de la peau appelée **dermatome**, bien qu'il existe un degré considérable de chevauchement entre l'innervation des segments adjacents. L'innervation cutanée (sensorielle) des dermatomes correspondant aux nerfs rachidiens est illustrée dans la figure 9.13.

En plus de leur fonction sensorielle, les nerfs issus des segments cervicaux C1 à C6 fournissent l'innervation motrice des muscles du cou, tandis que celle du diaphragme dépend des segments cervicaux C3 à C5. Les nerfs provenant de C5 à T1 (segment thoracique 1) innervent les muscles de l'épaule, du bras, de l'avant-bras et de la main. Ceux qui proviennent de T1 à T6 innervent les muscles intercostaux et les muscles du tronc au-dessus de la taille. Les muscles abdominaux sont innervés par des nerfs des segments T7 à L1. Les nerfs des segments lombaire et sacré S1 à S3 fournissent l'innervation motrice de la jambe et du pied, tandis que ceux des quatrième et cinquième segments sacrés avec le nerf coccygien forment le **plexus pudendal** et le **plexus coccygien**. Des nerfs courts, issus de ces plexus, innervent les muscles de la région pelvienne (voir chapitres 39, 44 et 49).

### 9.3 Constituants cellulaires du système nerveux

Le SNC se compose de deux types principaux de cellules, des **cellules nerveuses** ou **neurones** et des **cellules gliales** ou **neuroglie**. Les corps cellulaires des neurones se retrouvent dans toute la matière grise du cerveau et de la moelle épinière. Ils sont très variés en taille et en forme, mais leurs corps cellulaires se colorent fortement avec les colorants de base (voir l'exemple de la figure 9.14). Le matériau coloré s'appelle la **substance de Nissl** (corps de Nissl) qui contient une forte



**Figure 9.13** Schéma de l'innervation des dermatomes par les nerfs rachidiens. Bien que chaque dermatome soit dessiné avec une limite claire, il existe un chevauchement d'innervation entre les segments adjacents.

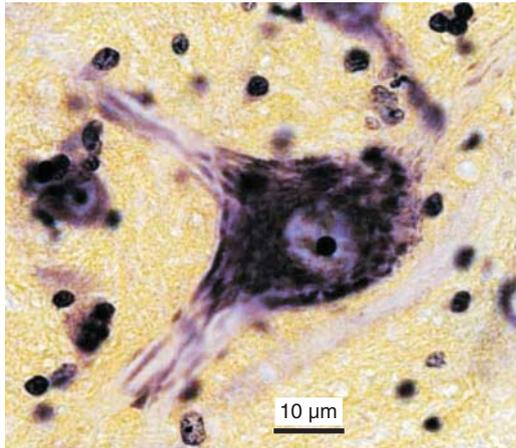
proportion d'ARN, reflétant le niveau élevé de la synthèse continue des protéines dans les neurones. L'espace entre les corps des cellules neuronales semble plutôt amorphe dans le microscope optique et est appelé **neuropile**. Il se compose des corps cellulaires des cellules gliales et des protrusions fines des neurones et de la glie.

### Morphologie des neurones

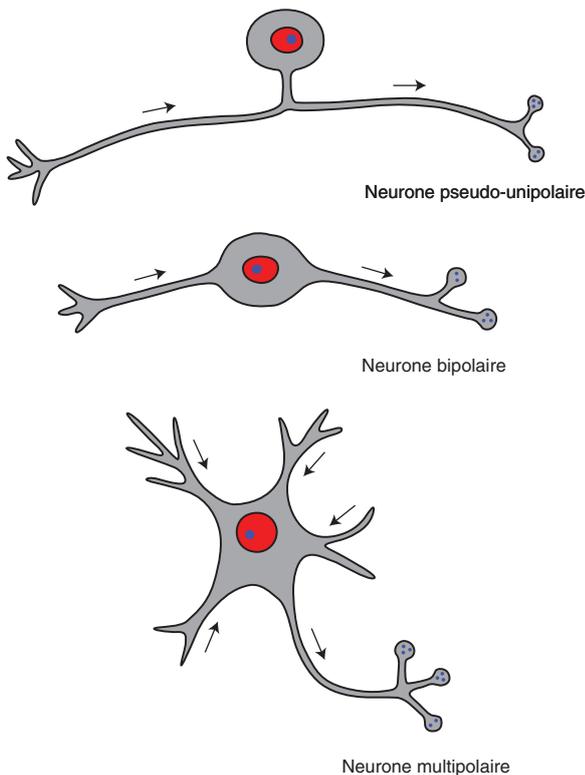
Comme cela est expliqué au chapitre 7, chaque neurone reçoit des informations via des expansions fines appelées dendrites et transmet l'information à ses cellules cibles par son axone. Les neurones assurent diverses fonctions. Ceux qui transmettent directement des informations sur l'environnement sont appelés **neurones sensitifs** ou **afférents**, tandis que ceux qui contrôlent directement l'activité des glandes et des muscles du corps sont classés comme **neurones efférents** ou **motoneurones**. (Les neurones sensitifs et motoneurones

sont parfois aussi appelés neurones de projection.) Les **interneurones** ont des axones qui restent à l'intérieur du SNC. Les axones des petits interneurones sont courts et parcourent des dizaines, voire quelques centaines de microns avant d'atteindre leurs cibles, mais les axones de certains des grands neurones sensoriels et ceux des motoneurones rachidiens peuvent dépasser un mètre de long.

Bien que la plupart des neurones contiennent tous les éléments structurels illustrés dans la figure 7.1, les neurones présentent une diversité remarquable de taille et de forme. Leurs corps cellulaires ont une taille allant d'un diamètre transversal de 5 µm pour de petits interneurones à 100 µm ou plus pour les grands motoneurones de la colonne vertébrale. Comme le montre la figure 9.15, leur apparence est plutôt variable, mais les corps cellulaires peuvent être grossièrement classés comme unipolaires, bipolaires ou multipolaires. Les neurones des ganglions spinaux de la racine dorsale sont pseudo-unipolaires car leur corps cellulaire se connecte à un axone près de sa terminaison dans la



**Figure 9.14** Neurone médullaire de grande taille, traité avec un colorant basique pour montrer la coloration caractéristique de la substance de Nissl. Deux neurones plus petits sont présents dans ce champ, l'un à gauche du grand neurone et l'autre au sommet de l'image.



**Figure 9.15** Schéma montrant trois arrangements différents des prolongements neuronaux. Les cellules ganglionnaires des racines dorsales ont une structure pseudo-unipolaire de leurs dendrites et axones. Les neurones bipolaires se retrouvent dans de nombreuses parties du système nerveux mais sont proéminents dans la rétine. Les neurones dont les dendrites sont multipolaires sont fréquents dans tout le système nerveux. Les exemples de neurones multipolaires sont les motoneurones, les neurones stellaires et les cellules pyramidales corticales. (Redessiné à partir de la fig. 1.5 de P. Brodal (2004) *The central nervous system. Structure and function*, 3<sup>rd</sup> ed. Oxford University Press, New York.)

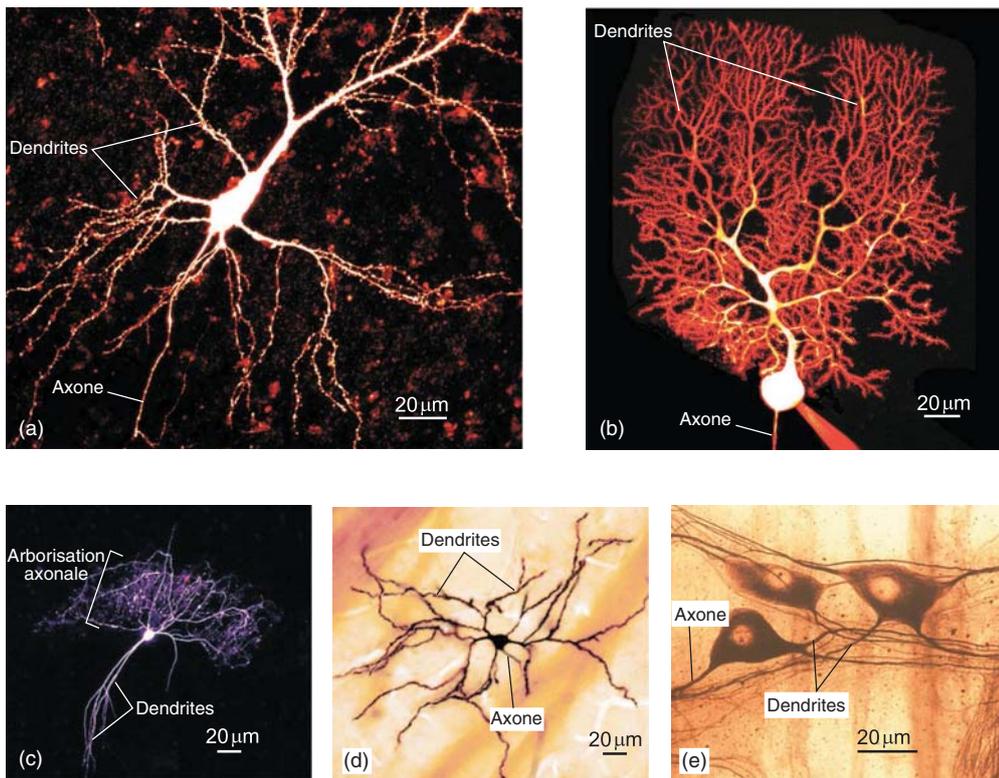
moelle épinière. Certains autres neurones sont de forme bipolaire (par exemple les cellules bipolaires de la rétine – voir chapitre 14), tandis que la plupart des neurones sont multipolaires, car ils ont de nombreux prolongements issus de leur corps cellulaire. Les cellules pyramidales ont un ensemble de dendrites apicales et basales (figure 9.16a), tandis que les **cellules de Purkinje** cérébelleuses ont un ensemble abondant de dendrites apicales mais pas de dendrites basales (figure 9.16b). Les cellules en panier de l'hippocampe ont un arbre dendritique très restreint mais possèdent une arborisation axonale étendue qui étirent les neurones voisins (figure 9.16c). Les dendrites des neurones épineux des **ganglions de la base** ont une arborisation plus ou moins radiale (figure 9.16d). En revanche, les neurones périphériques du système nerveux entérique (qui innervent le tractus gastro-intestinal) n'ont pas de ramification dendritique étendue (figure 9.16e).

### Cellules non neuronales du SNC

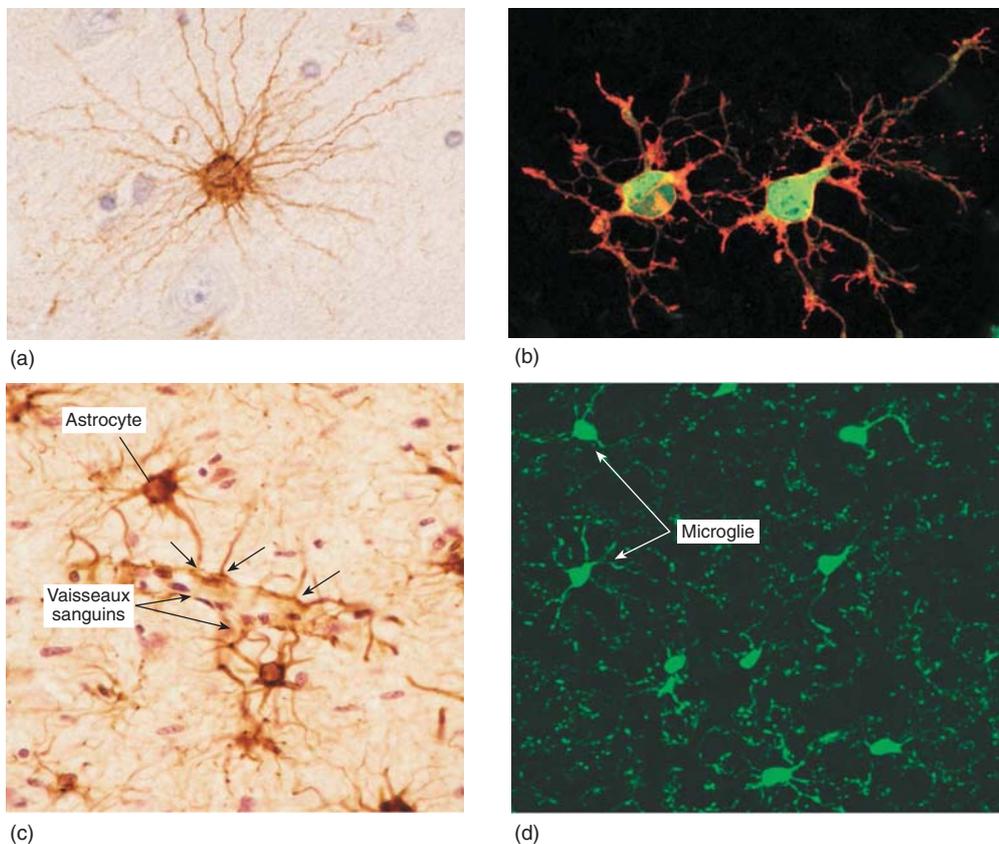
Il existe quatre classes principales de cellules non neuronales qui se situent dans le cerveau et la moelle épinière.

1. **Astroglie** ou **astrocytes**. Ce sont des cellules avec de longs prolongements qui font de fermes attachements aux vaisseaux sanguins. Les extrémités des processus astrocytaires s'assemblent étroitement et forment une barrière supplémentaire entre le sang et le liquide extracellulaire du cerveau et de la moelle épinière (figure 9.17c). Cette barrière est appelée **barrière hémato-encéphalique** et sert à la prévention des changements de composition sanguine pouvant influencer l'activité des cellules nerveuses dans le SNC.
2. **Oligodendrogli** ou **oligodendrocytes**. Les oligodendrocytes représentent environ 75 % de toutes les cellules gliales dans la matière blanche, où elles forment les gaines de myéline des axones. Contrairement aux cellules de Schwann du système nerveux périphérique qui forment la gaine de myéline d'un seul segment d'un axone (voir chapitre 7), chaque oligodendrocyte forme les gaines de myéline d'un certain nombre d'axones.
3. **Microglie**. Ces cellules sont éparpillées dans toute la matière grise et blanche. Ce sont des phagocytes qui convergent rapidement vers un site de blessure ou d'infection au sein du SNC.
4. **Cellules épendymaires**. Ce sont des cellules ciliées qui recouvrent les ventricules cérébraux et le canal central de la moelle épinière. Elles forment un épithélium cubique-cylindrique appelé épendyme.

Dans le cerveau humain, le nombre de cellules gliales est à peu près égal à celui des neurones, bien que le rapport neurone-neuroglie varie d'une région à l'autre. Bien que les cellules gliales soient généralement considérées comme n'ayant aucun rôle direct dans le traitement de l'information neuronale, elles n'ont pas seulement une fonction de soutien et de maintien en place des neurones. Les plus nombreux, les astrocytes, ont un rôle homéostatique important, régulant l'environnement extracellulaire des neurones en limitant les échanges de solutés entre le sang et les neurones (barrière hémato-encéphalique décrite ci-dessus). Ils absorbent également l'excès de potassium et éliminent les excès de neurotransmetteurs dans l'espace extracellulaire. Au cours du développement du cerveau, certaines cellules gliales (glie de Bergmann) jouent un rôle clé dans le guidage vers la position correcte des neurones en développement.



**Figure 9.16** Exemples de la diversité morphologique des neurones. Le panneau (a) montre une cellule pyramidale de l'hippocampe avec ses arborisations dendritiques apicales et basales. Le panneau (b) montre une cellule cérébelleuse de Purkinje avec son arbre dendritique apical étendu (noter l'absence de dendrites basales). La microélectrode utilisée pour injecter le colorant fluorescent est visible en bas à droite du corps cellulaire de Purkinje. Le panneau (c) montre une cellule à panier de l'hippocampe, injectée avec un colorant fluorescent pour révéler l'arborisation axonale étendue par rapport à la rareté relative de la ramification dendritique. Les panneaux (d) et (e) montrent des neurones colorés à l'argent : (d) un neurone épineux du striatum et (e) un petit groupe de neurones entériques. L'échelle horizontale mesure environ 20 µm. (Panneau (b) : remerciements au Dr A. Batchelor, University College London.)



**Figure 9.17** Exemples des trois classes de cellules gliales trouvées dans le système nerveux central. Les panneaux (a) et (c) montrent des astrocytes dans le cortex cérébral. Dans le panneau (a), un astrocyte a été coloré pour montrer une protéine acide fibrillaire gliale (GFAP). Noter la distribution radiale de ses dendrites. Dans le panneau (c), la coloration a été choisie afin de révéler les pieds des extrémités des prolongements astrocytaires. Les flèches indiquent l'association étroite des pieds astrocytaires avec les petits vaisseaux sanguins. Le panneau (b) montre deux précurseurs d'oligodendrocytes colorés avec deux protéines fluorescentes. Le panneau (d) montre une microglie dans le cortex cérébral, colorée avec une protéine fluorescente verte. (Remerciements à D. Agamanolis (a et c) et F. Guillemot (b); (d) est la fig. 3a de F. Zhang et al. (2008) *Molecular Pain* 4, 15.)

## \* Liste des termes et concepts clés

### Structure globale du SNC

- Le système nerveux peut être divisé en cinq parties principales :
  - le cerveau ;
  - la moelle épinière ;
  - le système nerveux autonome ;
  - le système nerveux entérique ;
  - les nerfs périphériques.
- Le cerveau et la moelle épinière sont protégés à l'intérieur du crâne et du canal vertébral par les méninges :
  - une couche extérieure compacte, la dure-mère ;
  - la membrane arachnoïde qui longe la dure-mère et est séparée de la pie-mère par l'espace sous-arachnoïdien ;
  - la pie-mère, qui est très vascularisée, couvre chaque contour du cerveau et de la moelle épinière.
- L'espace sous-arachnoïdien contient du liquide céphalorachidien.
- Le cerveau et la moelle épinière sont constitués de matière grise et blanche.
- La matière grise contient les corps cellulaires des neurones.
- La matière blanche contient les axones myélinisés des neurones du SNC.
- Le cerveau est relié à la tête et au cou par 12 paires de nerfs crâniens.
- La moelle épinière est reliée aux muscles périphériques et aux organes par 31 paires de nerfs spinaux.

- Les nerfs crâniens et rachidiens servent à la fois les fonctions sensorielles et motrices.

### Cellules du SNC

- Au sein du SNC, différents types de tissus peuvent être discernés en fonction de leur apparence : matière grise et matière blanche. La matière grise contient les corps cellulaires des neurones. La matière blanche est principalement constituée d'axones nerveux myélinisés.
- Le neurone est la principale unité fonctionnelle du système nerveux. Les corps cellulaires des neurones donnent lieu à deux types de prolongements : les dendrites et les axones.
- Les dendrites sont très ramifiées et reçoivent des informations provenant de nombreuses autres cellules nerveuses.
- Chaque corps cellulaire donne naissance à un seul axone, qui se ramifie ensuite pour entrer en contact avec un certain nombre d'autres cellules.
- Il existe quatre classes principales de cellules non neuronales qui se situent dans le cerveau et la moelle épinière : les astrocytes (astroglie), les oligodendrocytes (oligodendrogliose), la microglie et les cellules épendymaires.
- Les astrocytes jouent un rôle important dans la régulation de l'environnement extracellulaire des neurones, en formant la barrière hémato-encéphalique et en éliminant de l'espace extracellulaire les excès de potassium et de neurotransmetteurs.
- Les oligodendrocytes forment les gaines de myéline des axones dans le cerveau et la moelle épinière.
- Les microglies sont des cellules phagocytaires.

## 📄 Lectures recommandées

Bear, M.F., Connors, B.W., Paradiso, M.A., 2016. Neurosciences : à la découverte du cerveau, 4<sup>e</sup> éd. Pradel, Paris.

Felten, D., 2011. Atlas de neurosciences humaines de Netter. Neuroanatomie-neurophysiologie, 2<sup>e</sup> éd. Elsevier Masson, Paris.

Kahle, W., Frotscher, M., 2015. Atlas de poche d'anatomie. Tome 3 : Système nerveux et organes des sens. Flammarion Médecine-Sciences, Paris.

Kiernan, J.A., 2005. The human nervous system : An anatomical viewpoint, 8<sup>th</sup> ed. Lippincott, Williams & Wilkins, Baltimore.

Purves, D., 2015. Neurosciences, 5<sup>e</sup> éd. De Boeck Université, Bruxelles.

Tristsch, D., Chesnoy-Marchais, D., Feltz, A., 1998. Physiologie du neurone, 2<sup>e</sup> éd. Doin, Paris.



Pour vérifier que vous avez maîtrisé les concepts clés présentés dans ce chapitre, répondez aux questions d'auto-évaluation en ligne à l'adresse [www.em-consulte.com/e-complement/475819](http://www.em-consulte.com/e-complement/475819).