

Généralités sur le système nerveux

Introduction

Le système nerveux constitue l'unité de traitement de l'information et assure les fonctions suivantes :

- ✚ réception des stimuli et transformation de ces derniers en signal nerveux.
- ✚ conduction de l'influx nerveux vers le névraxe par les nerfs.
- ✚ intégration des informations afférentes pour fournir une réponse adaptée.
- ✚ transmission de la réponse aux effecteurs.

Origine embryologique du système nerveux est d'origine neuroblastique.

Anatomiquement, ce système est subdivisé en trois parties :

1. Le système nerveux central (SNC)

Formé par l'encéphale et la moelle épinière qui constituent le névraxe :

a. l'encéphale

Les parties du névraxe sont situées dans la boîte crânienne, à savoir :

- les deux hémisphères cérébraux
- le diencephale qui est la région médiane, profonde et impaire communiquant avec les deux hémisphères cérébraux.
- le tronc cérébral réalisant la jonction entre le cerveau et la moelle épinière.
- le cervelet en arrière du tronc cérébral.

b. la moelle épinière

Est située dans le canal rachidien, elle donne naissance aux nerfs rachidiens.

2. Le système nerveux périphérique (SNP)

Ce système relie le SNC aux organes récepteurs et effecteurs. Il est formé des nerfs issus du névraxe.

Il est formé des nerfs issus du névraxe:

- Les *nerfs rachidiens* issus de la moelle épinière. Ils sont destinés au tronc et aux membres.
- Les *nerfs crâniens* issus du tronc cérébral.

Selon le type d'information qu'ils véhiculent, on distingue :

- **Les nerfs afférents, *sensitifs*** véhiculent les informations de la périphérie vers la moelle épinière ou le tronc cérébral.

- **Les nerfs efférents, moteurs** véhiculent les informations du névraxe vers les effecteurs.

3. Le système nerveux végétatif (SNV)

- Ensemble des centres et des nerfs contrôlant les viscères, les vaisseaux sanguins, et les glandes.
- Régule la constance du milieu intérieur (**homéostasie**).
- Système **inconscient**.

Développement embryonnaire du système nerveux

INTRODUCTION :

Le système nerveux (SN) embryonnaire apparaît très tôt au cours du développement : au 18^{ème} jour du développement embryonnaire (DE18).

Pour comprendre la mise en place du S.N primordial, il faut décrire l'embryon quelque temps avant l'apparition du S.N embryonnaire. Juste avant DE18, l'embryon se compose de trois feuillets (gastrulation) : l'ectoderme qui donnera épiblaste et le neuroblaste, le mésoderme qui donnera les muscles et les os et l'entoblaste qui donnera les viscères.

Le tissu nerveux apparaît à la suite d'envoi de signaux du mésoderme vers l'ectoderme. Ces signaux sont des protéines diffusibles tel que Noggin, Chordin et Follistatine, Ce phénomène est l'**induction neurale** qui se traduit par la transformation d'une partie de l'ectoderme en tissu nerveux primitif : le Neurectoderme.

I - LA TRANSFORMATION DU NEURECTODERME

Le Neurectoderme va ensuite évoluer à travers 4 étapes pour former les ébauches des systèmes nerveux périphériques et centraux. Cette évolution se fait dans le sens antéro-postérieur : La différenciation du tissu nerveux primitif est précoce au niveau de la tête (face rostrale) et plus tardive vers le bassin (face caudal)

1) **Plaque neurale (18^{ème} jour du DE)**

Une fois formé, le neurectoderme s'épaissit pour former la plaque neurale qui est marquée en son centre par un sillon neural qui suit l'axe longitudinal de l'embryon. La plaque neurale s'allonge dans le sens rostro-caudal et est visible sur la face dorsale de l'embryon.

2) **Gouttière et crêtes neurales (20^{ème} jour du DE)**

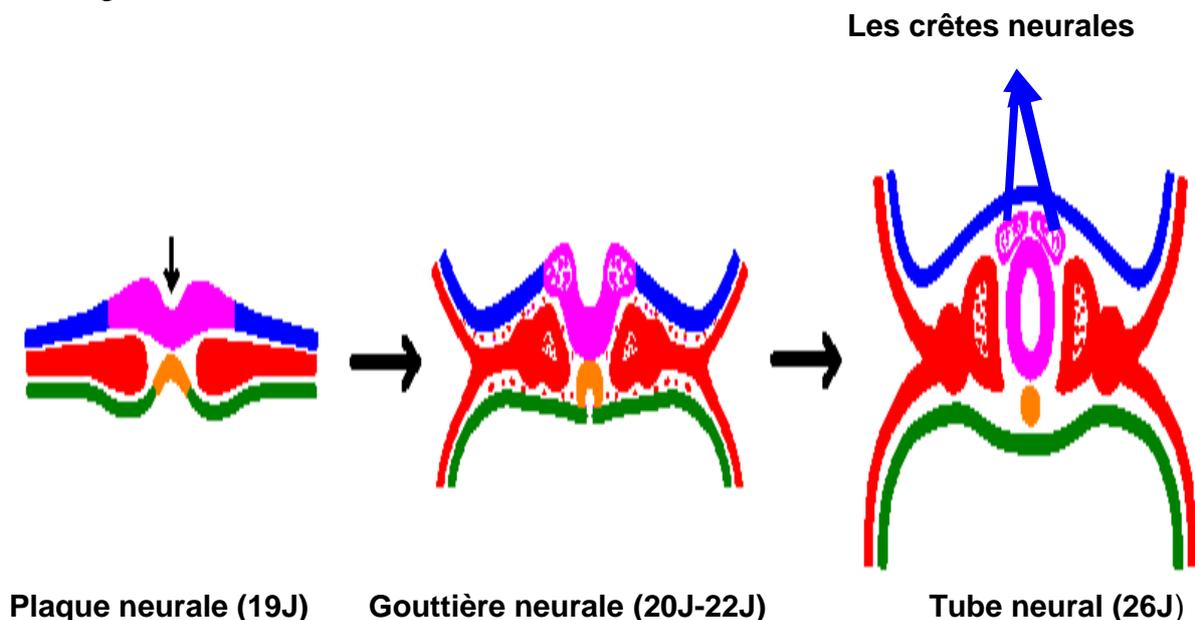
La plaque neurale se creuse, s'invagine de manière à former la gouttière neurale. Les bords de la gouttière prolifèrent et donnent les crêtes neurales

3) Le tube neural primaire (21^{ème} jour du DE)

Les crêtes neurales se rejoignent fermant ainsi la gouttière neurale, les crêtes se séparent ensuite de l'ancienne gouttière et forment un filet continu au dessus du tube neural primaire né de la fermeture de la gouttière. A ce moment là, le tissu nerveux est rentré dans l'embryon. Il est recouvert par l'ectoderme.

4) Le tube neural secondaire (24^{ème} jour du DE)

Une fois le tube complètement fermé, le tube neural grossit et délimite en son centre une cavité qui donnera les cavités encéphaliques et le canal de l'épendyme. La partie centrale du tube donnera la substance grise (corps cellulaires des neurones) et la partie externe de la paroi donnera la substance blanche (fibres nerveuses). Le filet des crêtes neurales se segmente. Chaque segment migre alors et donnera ensuite le système nerveux périphérique, c'est à dire les nerfs et les ganglions rachidiens ainsi que les ganglions du système neurovégétatif



■ Les crêtes neurales migrent abondamment et se différencient-en :

- ❖ Ganglions spinaux
- ❖ La névrologie périphérique
- ❖ La médullo-surrénale
- ❖ Des mélanocytes
- ❖ Les odontoblastes

■ Les 2 types de cellules du neurectoderme

Les neuroblastes sont des neurones embryonnaires peuvent se diviser ce qui les différencient des neurones matures qui sont incapables de se diviser (à l'exception du bulbe olfactif et de l'hippocampe).

Les précurseurs gliaux, donneront naissance aux astrocytes, oligodendrocytes, cellules microgliales, cellules choroïdiennes et cellules épendymaires dans le système nerveux central et aux cellules de Schwann dans le système nerveux périphérique.

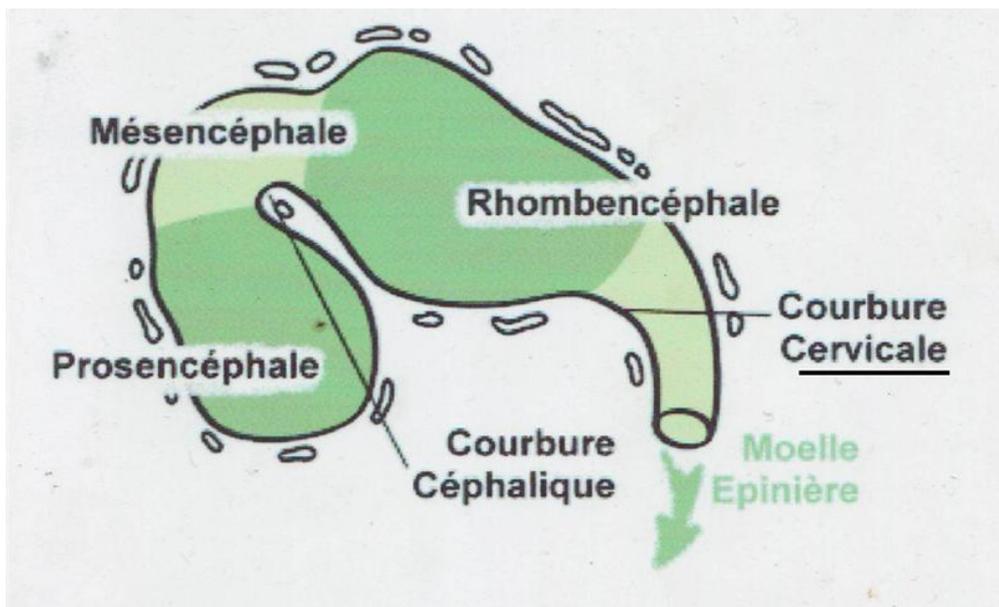
II. Evolution du tube neural

1. formation des 03 vésicules cérébrales

le tube neural est séparé par des sillons qui vont le diviser en trois vésicules qui vont d'avant en arrière :

- a. Prosencéphale
- b. Mésencéphale
- c. Rhombencéphale

Du fait du développement important du tube neural , ce dernier s'infléchit. Deux courbures apparaissent ; l'une située à l'union du rhombencéphale et de la moelle, forme **la courbure cervicale** ; l'autre située dans la région du mésencéphale, constitue **la courbure céphalique**.



Formation des courbures

2. formation des 05 vésicules cérébrales

A la 5^{ème} semaine, nous arrivons au stade à 5 vésicules :

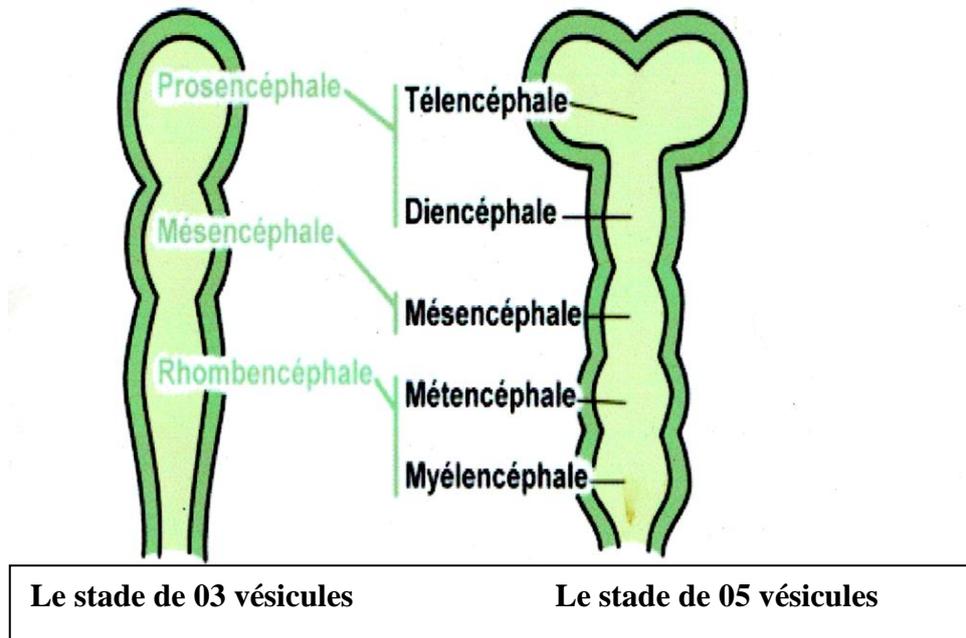
1. Télencéphale

1. Diencephale

3. Mésencéphale

4. Métencéphale

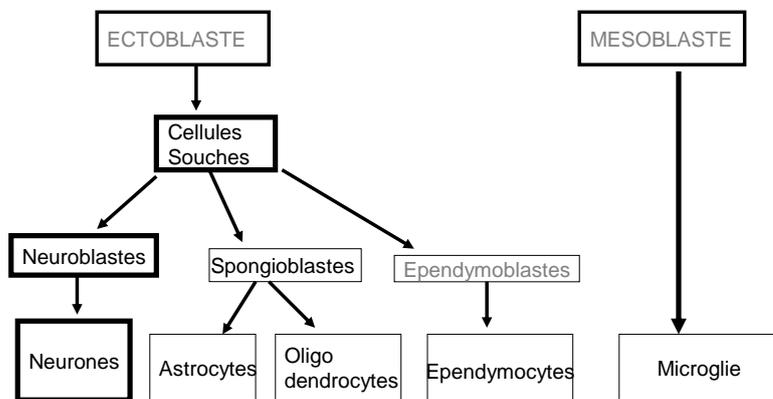
5. Myélocéphale

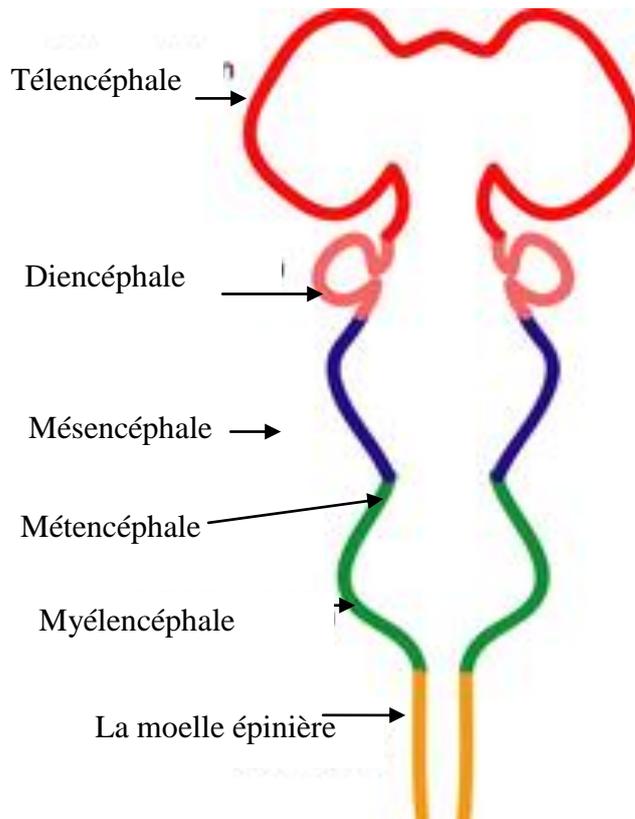


Le stade de 03 vésicules

Le stade de 05 vésicules

Origine des cellules du système nerveux





III. HISTOGENESE

Le tube neural se présente sous la forme d'un cylindre comportant une cavité centrale bordée par :

- Dorsalement, une voûte ou toit
- Ventralement, un plancher
- Latéralement, des parois latérales.

Trois processus interviennent dans l'histogenèse du tube neural (TN):

- ✓ Division
- ✓ Différenciation
- ✓ Maturation.

Le TN est formé de cellules souches, se multipliant activement par mitose et concourant à son augmentation en épaisseur. Puis certaines cellules prolifèrent et d'autres migrent en périphérie du tube et s'y différencient en neuroblastes .

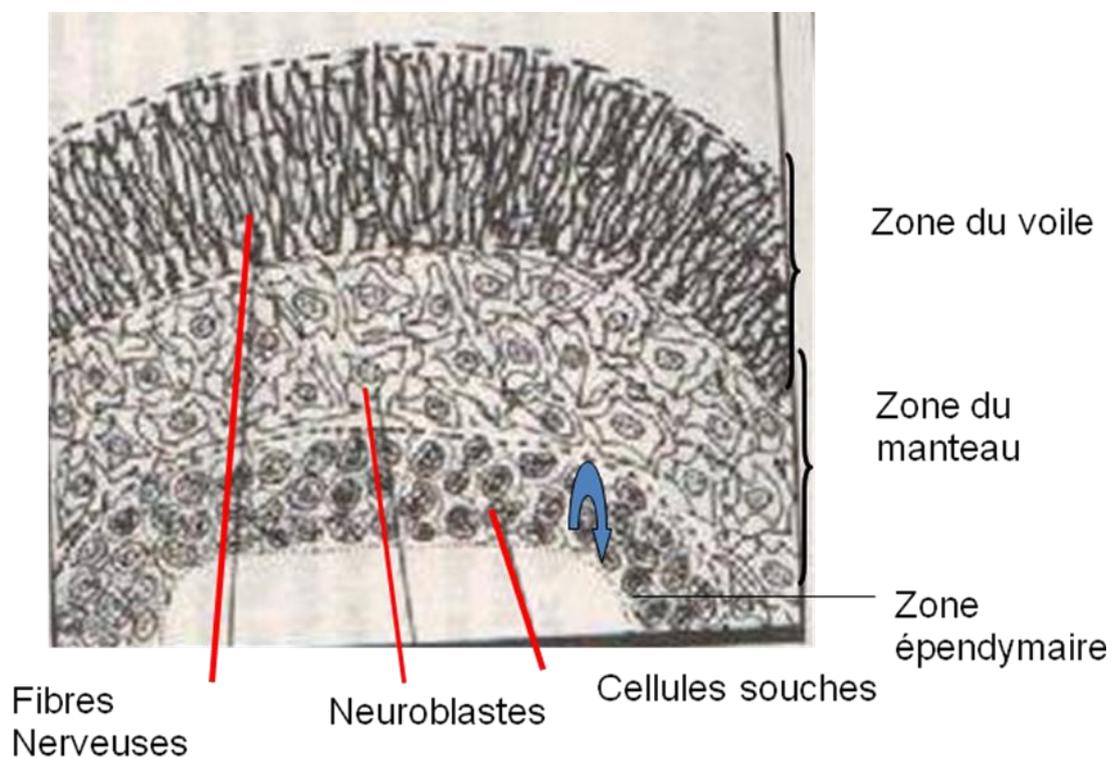
L'activité mitotique s'arrête et les cellules souches se différencient en épendymoblastes et spongioblastes.

Les épendymoblastes restent en place et se différencient en épendymocytes bordant la cavité du tube neural.

Les spongioblastes migrent en périphérie du TN et se transforment en astrocytes et oligodendrocytes.

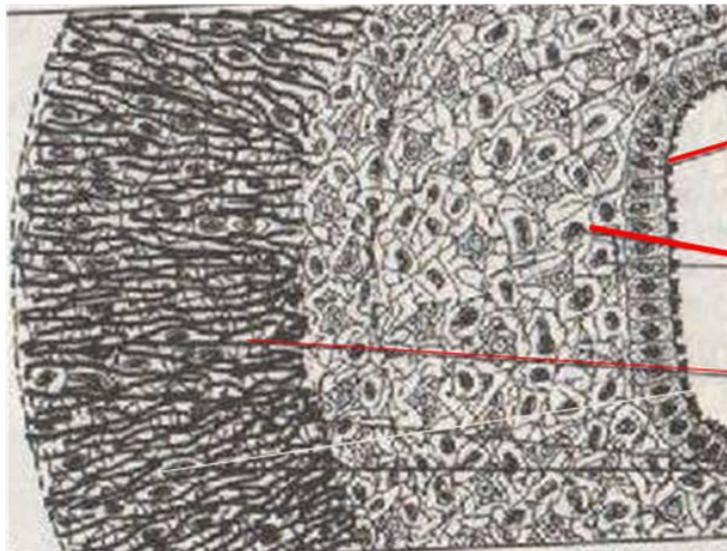
La paroi du TN comporte 03 zones :

- Zone épendymaire, lieu de multiplication des cellules souches, entourant la cavité du Tube Neural (TN) entouré par les épendymocytes.
- Zone du manteau, lieu de migration et de différenciation, comportant les péricaryons des neurones et des éléments gliaux. Cette région constitue la substance grise.
- La zone du voile, lieu de migration et de différenciation cellulaires comportant lesprolongement des neurones et des éléments gliaux. Cette région constitue la substance blanche.



Différenciation et migration des neuroblastes

Neurones



Ependymocytes

Eléments
névrogliaux

Névrogliose +
prolongements
axoniques

Différenciation et migration des éléments névrogliaux

IV. DIFFERENCIATION DU TUBE NEURAL

A. Moelle épinière :

Le tube neural est le futur système nerveux central. La partie postérieure du tube (le tube neural médullaire) formera la moelle épinière avec l'intérieur le canal de l'épendyme issu de la cavité du tube neural. La paroi du tube neural médullaire qui donne la moelle se subdivise en substance blanche à la périphérie et en substance grise au centre. D'un point de vue fonctionnel la moelle épinière sert d'interface entre le système nerveux périphérique et le cerveau, elle assure la conduction des infos entre ces 2 structures et est aussi le centre d'activités nerveuses indépendantes, les réflexes.

B. Le cerveau :

Il est constitué à partir de l'avant du tube neural (tube neural encéphalique) apparaissant pendant la période DE 28-DE 30. Cette structure va se développer énormément.

Le tube neural encéphalique forme d'abord trois vésicules le prosencéphale à l'avant, le mésencéphale au milieu, le rhombencéphale à l'arrière

Ce cerveau embryonnaire à 3 vésicules poursuit son développement par multiplication cellulaire, se courbe et atteint vers E 39 un nouveau stade développement, le stade à 5 vésicules. Ce stade est produit par la division, d'une part, du prosencéphale en

téleencéphale et diencéphale et, d'autre part, du rhombencéphale en métencéphale et en myéleencéphale. Le mésencéphale ne se divise pas. Ces 5 vésicules délimitent le système cavitaire cérébral qui se compose (selon l'axe rostro-caudal) des 2 ventricules hémisphériques dans le téléencéphale, du 3ème ventricule dans le diencéphale, de l'aqueduc de Sylvius dans le mésencéphale et du 4ème ventricule délimité.

V. Les malformations congénitales du SNC

Résultent de l'absence de:

- fermeture du tube neural
- séparation du tube neural de l'ectoblaste.

Ces malformations peuvent être diagnostiquées avant la naissance en détectant dans le liquide amniotique ou dans le sérum maternel, des taux élevés **d'alpha- fœto protéine**.

Les anomalies du tube neural

1. La spina bifida:

- La plus fréquente des malformations de la moelle épinière.
- Elle est dû à un défaut de fermeture de la partie postérieure du tube neural
- Elle se présente sous différentes formes:

a. La spina bifida occulta:

- ✓ c'est une malformation des arcs vertébraux
- ✓ elle est observée dans 10% des cas

b. La spina bifida avec méningocèle:

- Projection des méninges au travers de la malformation vertébrale,
- Formation d'un sac rempli de liquide céphalorachidien.

c. Spina bifida avec méningo-myélocèle:

C'est une projection des méninges et la moelle à travers le défaut vertébral.

2. L'anencéphalie

C'est une anomalie grave de la région du tube neural antérieur, engendrant :

- Absence du cerveau,
- Absence des méninges
- Absence des os
- Absence des muscles et la peau

NB : L'acide folique (ou vitamine B9) a prouvé son utilité dans la prévention du spina bifida. Il est recommandé aux femmes ayant planifié leur grossesse de prendre au moins 0,4 mg d'acide folique à partir d'un mois avant la conception, puis 1 mg par jour pendant les trois premiers mois de la grossesse, ce qui réduit le risque de 50 à 85 %. L'acide folique est un facteur de maturation des cellules, qui est aussi indispensable à l'hématopoïèse. Les sources les plus importantes d'acide folique sont le pain complet, les pois et haricots, les légumes verts, et les fruits. Ses carences sont favorisées par une insuffisance d'absorption en particulier après résections intestinales, mais aussi par la prise de la pilule et/ou d'anticonvulsivants et/ou d'alcool.

LA MOELLE ÉPINIÈRE

I. Définition

- ▶ La moelle épinière est une portion du système nerveux central logé dans le canal rachidien dont elle est séparée par les méninges.
- ▶ Elle assure la fonction de conduction de l'influx nerveux de la périphérie vers les régions médullaires supérieures.
- ▶ Elle est le siège de nombreux réflexes.

II. Anatomie microscopique

Sur une coupe transversale, la moelle épinière a une forme ovoïde, elle est formée de deux substances :

- ▶ une substance grise centrale, en forme de H ou de papillon, disposée autour du canal épendymaire. Elle est organisée de telle sorte qu'elle possède deux renflements antérieurs grossièrement arrondis de part et d'autre d'un sillon médian antérieur, se sont les cornes antérieures ; deux autres renflements effilés de part et d'autre du sillon postérieur, se sont les cornes postérieures.

Sur le versant externe des cornes antérieures entre C8 à L2, existe un renflement correspondant à la corne latérale.

- ▶ une substance blanche disposée d'une part entre l'enveloppe méningée et la substance grise d'autre part. Elle est occupée par des faisceaux de fibres nerveuses ascendants ou descendants.

III. Structure histologique

A. La substance grise

Elle est formée par :

- ▶ des cellules nerveuses motrices dont les axones forment le nerf rachidien,
- ▶ des cellules végétatives pré-ganglionnaires dont les axones gagnent les ganglions végétatifs,
- ▶ des cellules interneurales appelées cellules de Renshaw,
- ▶ des fibres névrogliales venant des ganglions cérébro-spinaux des autres centres nerveux sus-jacent et d'autres segments médullaires.
- ▶ des astrocytes protoplasmiques

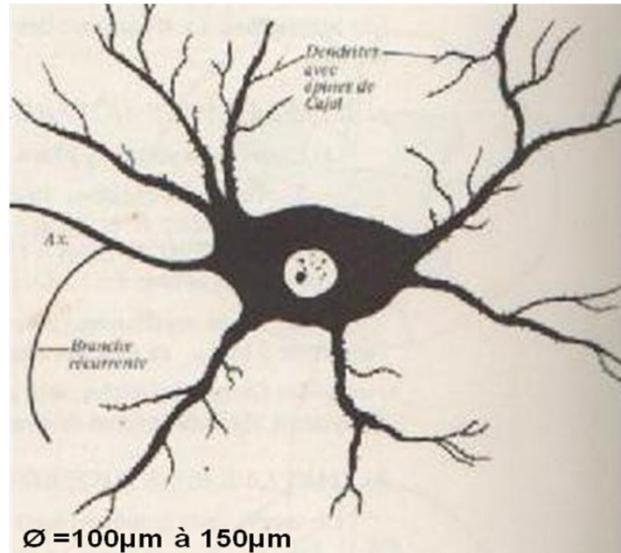
1. Les cellules nerveuses

a. les motoneurones de la corne antérieure

Sont des cellules multipolaires, volumineuses, de taille variant entre 100µm à 150µm de diamètre. Elles possèdent deux types de prolongements :

- ▶ Des dendrites richement arborisées, hérissés de renflements caractéristiques des épines.
- ▶ Axone : né au niveau du cône d'émergence, effectue un trajet court, intraspinal qui se myélinise et pénètre dans la racine antérieure du nerf rachidien, après avoir donné des branches destinées :
 - soit à des dendrites d'autres motoneurones ;
 - soit à des cellules inter neuronales appelées cellules de Renshaw.

L'ensemble des cellules motrices (nombre de 400 000) assurent innervation motrices des muscles striés squelettiques ou des fibres fusoriales des fuseaux neuro-musculaires.



Le motoneurone

Il existe deux de motoneurones :

- **Les motoneurones alpha:** Cellules de grande taille dont l'axone se termine au niveau de la plaque motrice du muscle strié.
- **Les motoneurones gamma :** Cellules de petite taille dont l'axone se termine au niveau de la plaque motrice des fibres fusoriales (fuseaux neuro-musculaires).
- **La sclérose latérale amyotrophique :** est une Perte progressive des neurones moteurs dans le Cortex Cérébral et la ME entraînant une **Atrophie des muscles** innervés par les neurones atteints de cause génétique.

ii. les neurones végétatifs préganglionnaires = les neurones de la colonne latérale

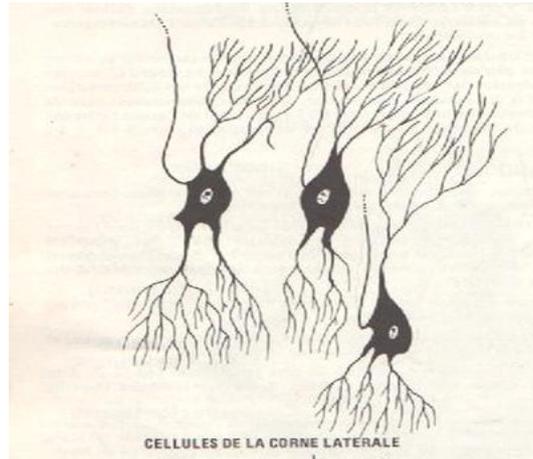
Ils relient les centres végétatifs de la moelle épinière aux ganglions végétatifs.

Ils sont situés dans la moelle thoracique, dans la colonne latérale de la substance grise.

Se sont des cellules multipolaires dont la taille est variable entre 25µm à 45µm de diamètre.

Elles possèdent deux panaches dendritiques opposito-polaires et un axone qui se détache de l'une de leurs faces latérales, se myéline, pénètre dans la racine antérieure.

N.B : les deux types cellulaires sont appelés cellules radiculaires en raison de la destinée de leurs axones.



Ø entre 25µm à 45µm

iii. les cellules funiculaires = les cellules cordonales

Elles revêtent des aspects différents selon le siège du cytone. Elles sont disséminées dans toute la substance grise mais généralement regroupées en deux territoires précis :

- ❖ la colonne de Clarke
- ❖ le noyau propre de la corne postérieure.

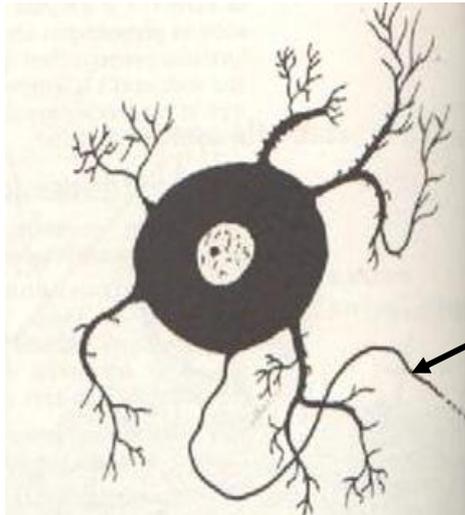
Les principaux caractères morphologiques des neurones de la colonne de Clarke

sont les suivants:

- le cytone est volumineux, de 70 µm de diamètre
- les dendrites abondantes, ramifiées mais courtes et reçoivent des informations :
 - soit des neurones des ganglions spinaux
 - soit des fibres provenant des centres nerveux.
- les axones sont épais et ne quittent jamais le système nerveux central et constituent **le faisceau cérébelleux direct**. Les prolongements axoniques peuvent être :
 - Courts et ne quittent pas la moelle épinière
 - Longs et réalisent des liaisons entre les centres nerveux sus-jacent (cervelet et thalamus) en passant par les cordons de la moelle épinière.

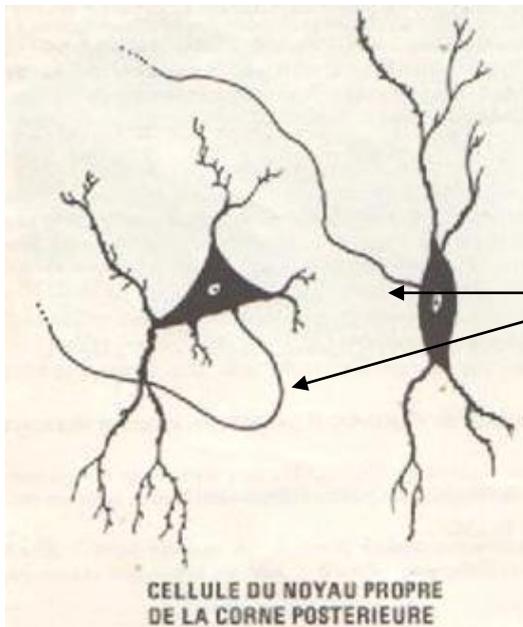
Les principaux caractères morphologiques des neurones du noyau propre de la corne postérieure sont les suivants:

- le cytone de petite taille, de 15 à 20 µm de diamètre
- les dendrites peu développées
- les axones sont minces et constituent **le faisceau cérébelleux croisé**.



Les axones sont épais et ne quittent jamais le système nerveux central et constituent **le faisceau cérébelleux direct**

Neurone de la colonne de Clarke



Les axones sont minces et constituent **le faisceau cérébelleux croisé.**

iv. les cellules de golgi type II

Sont de petites cellules étoilées, situées au niveau de la pointe des cornes postérieures, ne quittent pas la substance grise.

Axone est amyélinique assurant la fonction entre les cellules ganglionnaires et les motoneurones ou les cellules funiculaires.

v. les cellules de la substance gélatineuse

Elles sont de deux types :

- a. les cellules de la substance **gélatineuse de Stilling** : sont des neurones fusiformes de petites taille (8 à 10µm de diamètre) avec un axone se rendant vers les cordons antérieures (du même coté ou du côté opposé).

- b. les cellules de la **substance gélatineuse de Rolando**, sont des neurones de petite taille avec un axone qui atteint le cordon latérale ou postérieur.

- vi. les cellules interneuronales = les cellules de Renshaw

Ces neurones jouent un rôle fondamental dans les phénomènes d'excitation ou d'inhibition neuronale.

On les trouve dans toutes les lames de la moelle épinière ; elles assurent les connections entre les neurones. Se sont des neurones avec un cytone de dimensions réduites (10 à 20 µm de diamètre), des dendrites très ramifiées s'étendant autour du cytone, l'axone présente de nombreux collatérales. Ce qui caractérise ces cellules de Renshaw, se sont leurs relations synaptiques avec les motoneurones.

2. La cytoarchitecture de la substance grise

On décrit classiquement une distribution de la substance grise en couches.

La couche I : la plus postérieure, c'est la couche zonale de Waldeyer, contient essentiellement des cellules de Golgi type II et des cellules funiculaires dont les axones demeurent dans la moelle pour les uns et d'autres atteignent le thalamus.

La couche II : c'est la substance gélatineuse de Rolando. Elle est peuplée essentiellement des cellules de Golgi type II.

La couche III : a une structure comparable à celle de couche II.

La couche IV et V : forment le noyau propre de la corne postérieure. Elles sont peuplées de cellules de taille moyenne, articulée d'une part, avec les cellules ganglionnaires et les cellules de Golgi type II et d'autre part avec le bulbe et le thalamus.

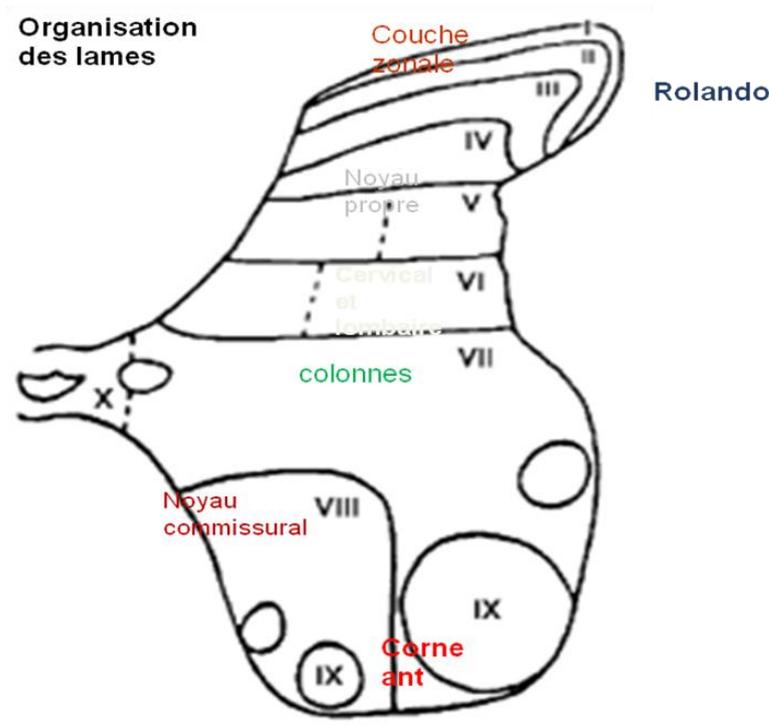
La couche VI : n'est représenté que dans les régions cervicale et lombaire.

La couche VII : varie selon deux niveaux considérés, elle contient deux colonnes cellulaires :

- la colonne de Clarke : située entre D1-L4. Elle comprend des neurones de grande taille recevant des afférences des cornes postérieures et envoient des axones vers le cervelet.
- la colonne intermedio-latérale : occupant les cornes latérales entre C8-L4. Elle contient des neurones synaptiques pré-ganglionnaires.

La couche VII : est hétérogène avec des cellules formant le noyau commissural dont l'axone gagne le côté opposé de la moelle.

La couche IX : située dans la corne antérieure, contient des motoneurones groupés en colonnes.



Sur le plan fonctionnel, la cytoarchitecture de la substance grise est prolongée par des zones ou des aires fonctionnelles.

- La partie antérieure est une aire motrice :
 - somato-motrice pour la partie plus antérieure
 - viscéro-motrice pour la partie postérieure.
- La partie postérieure est une aire sensitive:
 - viscéro-sensible, la partie antérieure (intéroceptive)
 - somato-motrice, la partie postérieure (extéroceptive).

B. La substance blanche

Est constituée par des fibres nerveuses et des éléments névrogliques. Elle s'organise en cordons :

- Antérieur: voies descendantes motrices.
- Latéral : voies ascendantes d'association.
- Postérieur : voies ascendantes sensibles

1. Les fibres

a. Les fibres ascendantes sensibles

Il s'agit des prolongements des protoneurones ganglionnaires qui conduisent influx nerveux vers les axones des cellules funiculaires le conduisant vers les centres supra-médullaires (cervelet et thalamus).

b. Les fibres descendantes motrices

Sont issues des cellules pyramidales du cortex cérébral.

2. Les éléments névrogliaux

a. **Les fibres névrogliales**

- ▶ le fulcrum névroglial tangentiel

Ce sont des « fibres » névrogliales disposées tangentiellement à la surface médullaire et orientées perpendiculairement ou parallèlement à l'axe de la moelle.

- ▶ Le fulcrum radiaire

Ce sont des « fibres » névrogliales tendues entre l'épithélium épendymaire et la limitante névrogliale externe. Ce système de fibres est dense entre le bord postérieur du canal épendymaire et le sillon postérieur, il constitue le raphé médian postérieur.

b. **Les cellules névrogliales**

- ▶ les cellules épendymaires : Ce sont des cellules cylindriques disposées en une seule rangée limitant le canal épendymaire.
- ▶ les astrocytes fibreux prédominent dans la substance blanche.
- ▶ les astrocytes protoplasmiques prédominent dans la substance grise.
- ▶ les oligodendrocytes dans les deux substances.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. J. C. Czyba. C. Girod. **système nerveux et les organes des sens**, édition Simep **1979**.
2. R. Coujard, J. Poirier & J. Racadot. **Précis d'Histologie humaine**. Masson **1980**
3. Jean Pierre Dadoune. **Histologie** Flammarion **1990**.
4. Georges Grignon. **PCEM d'Histologie**. Edition Ellipses **1997**.
5. A. L. Kieszenbaum, traduction de la 1^{ère} édition américaine par Pierre Validire et Patricia Validire-Charpy. **Histologie et Biologie cellulaire, une introduction à l'anatomie pathologique**, de Boeck **2006**