

REPUBLIQUE DU TCHAD

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR,
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DE LA
FORMATION PROFESSIONNELLE

INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR D'ELEVAGE
DE MOUSSORO

UNITE – TRAVAIL - PROGRES

وحدة – عمل – تقد

جمهورية تشاد

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والتدريب
المهني

المعهد الوطني العالي للثروة الحيوانية بموسورو



INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR D'ELEVAGE DE MOUSSORO (INSEM)

Département de Productions Animales _Niveau 1

Cours d'Histologie

Année académique 2025-2026

PROGRAMME

CHAPITRE 1. LE CONCEPT DE TISSU

CHAPITRE 2. LES ÉPITHÉLIUMS DE REVETEMENT

CHAPITRE 3. LES ÉPITHÉLIUMS GLANDULAIRES

CHAPITRE 4. LES TISSUS CONJONCTIFS

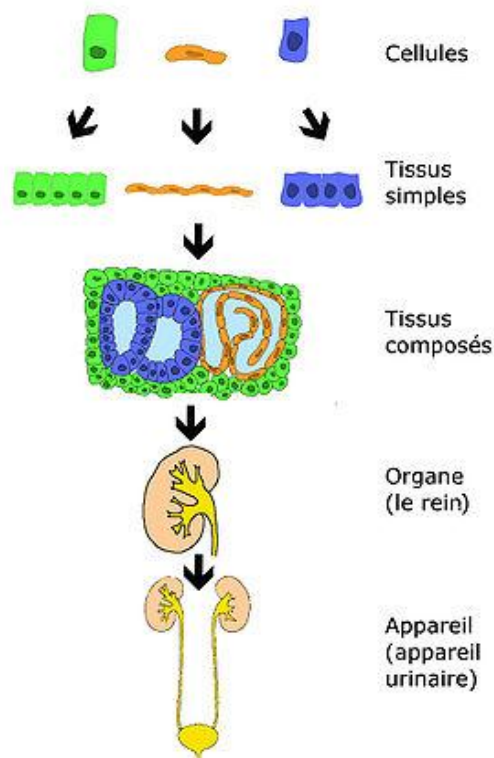
CHAPITRE 5. LES TISSUS MUSCULAIRES

CHAPITRE 6. LES TISSUS DU SYSTEME NERVEUX

CHAPITRE 1. LE CONCEPT DE TISSU

1- Les niveaux d'organisation structurale

On reconnaît, dans l'organisme, différents niveaux d'organisation structurale qui correspondent, en allant du plus complexe vers le plus élémentaire, aux **systèmes et appareils**, aux **organes**, aux **tissus**, aux **cellules**, aux **organites**, aux **molécules**. Ces différents niveaux d'organisation structurale de l'organisme sont couverts par des disciplines distinctes dont les champs se recoupent en partie (anatomie, histologie, biologie cellulaire, biologie moléculaire, biochimie, etc.). L'anatomie décrit des **systèmes** (nerveux) et **appareils** (digestif, respiratoire, urinaire, etc.) et des **organes** (le cœur, la rate, le foie, l'estomac, etc.) macroscopiquement individualisés. Les organes sont faits de différents tissus. Les **tissus** représentent le premier niveau d'organisation supra-cellulaire. La **cellule** est l'unité élémentaire de vie. Tissus et cellules se situent à l'échelle de la MO et pour l'étude des **organites** cellulaires, la ME est indispensable. Les **molécules** entrent dans le champ de la biochimie, de la biologie moléculaire, de l'histologie moléculaire.



Schema : Niveau d'organisation structurale

2- La définition d'un tissu

Les tissus sont des **ensembles coopératifs de cellules différenciées qui forment une triple**

association, territoriale, fonctionnelle et biologique. Les tissus sont exclusivement constitués de cellules et de matrice extra-cellulaire (MEC). Seules varient d'un tissu à l'autre la nature des cellules, la composition moléculaire de la MEC et la proportion relative des cellules et de la MEC.

2.1- Association territoriale

En effet, les tissus forment habituellement des ensembles topographiquement bien individualisés, souvent même par une limite précise comme par exemple la **membrane basale** (MB) qui sépare les épithéliums du tissu conjonctif sous-jacent ou environnant.

2.2- Association fonctionnelle

Qu'il s'agisse d'un ensemble de cellules toutes semblables (comme la plupart des tissus musculaires) ou de cellules différentes (comme par exemple les neurones, les astrocytes, les oligodendrocytes, ... constituant le tissu nerveux du système nerveux central), **un tissu remplit un rôle qui procède de l'intégration cohérente quantitative et/ou qualitative de la fonction des cellules qui le composent.**

Le concept de tissu est inséparable de celui de différenciation et de spécialisation fonctionnelle des cellules. Chez les métazoaires, la nécessaire division du travail entre les diverses cellules constituant l'organisme a conduit à la spécialisation de certaines cellules ou de certains groupes de cellules dans telle ou telle fonction (**contractilité, absorption, excrétion, protection, réception sensorielle, etc.**). Cette spécialisation fonctionnelle est sous-tendue par une différenciation cellulaire, d'abord moléculaire (expression sélective de gènes se traduisant par la synthèse de protéines différentes), puis morphologique (se traduisant par l'apparition de structures différenciées, comme les cils, les bordures en brosse, les vésicules de sécrétion, etc., donnant lieu à des phénotypes différents).

2.3- Association biologique

Chaque tissu a des caractéristiques biologiques qui lui sont propres sous l'angle du renouvellement cellulaire, des contacts entre ses cellules, de son comportement en culture de tissu, etc.

3- Les 4 grandes familles de tissus

Les tissus se répartissent en 4 grandes familles : les épithéliums, les tissus conjonctifs, les tissus musculaires et les tissus nerveux.

4- Les populations cellulaires libres et la lignée germinale

A ces 4 grandes familles tissulaires citées ci-haut, il faut adjoindre les populations cellulaires libres et les cellules de la lignée germinale.

4.1- Les populations cellulaires libres se distribuent dans tout l'organisme

Certaines de ces cellules ne sont observées -à l'état normal- que dans le compartiment sanguin. Il s'agit des hématies, des plaquettes et des monocytes. Les lymphocytes sont les seules cellules présentes dans la lymphe. D'autres cellules libres ne sont observées que dans les tissus surtout le tissu conjonctif lâche : les mastocytes, les plasmocytes, les macrophages.

Enfin, certaines cellules libres présentes dans le sang migrent vers les tissus ; les cellules qui peuvent être observées dans ces deux localisations sont les granulocytes (neutrophiles, éosinophiles et basophiles) et les lymphocytes. En dehors des hématies et des plaquettes, les populations cellulaires libres jouent un rôle primordial dans les processus de défense.

4.2- Les cellules de la lignée germinale

Elles siègent uniquement dans les gonades à l'état normal et assurent la conservation de l'espèce. Il s'agit des gonocytes primordiaux, des gonies (ovogonies et spermatogonies), des gamètes (ovocytes I et II, spermatocytes, spermatides et spermatozoïdes).

CHAPITRE 2. LES ÉPITHÉLIUMS DE REVETEMENT

I. Généralité : la cellule épithéliale

Les cellules épithéliales sont caractérisées par :

- leur **morphologie** : les cellules épithéliales prennent, du fait de leur étroite juxtaposition et de leur jointivité, une forme pavimenteuse, cubique ou prismatique, au lieu de la forme grossièrement arrondie des cellules libres, de la forme allongée des cellules musculaires ou de la forme étoilée de certaines cellules comme les neurones, les astrocytes, les fibroblastes ;
- le développement considérable de leurs **interactions cellule-cellule** par l'intermédiaire des molécules d'adhérence cellulaire et des systèmes de jonction spécialisés qu'elles forment ;
- leur **polarité** cellulaire très marquée ;
- la présence de filaments intermédiaires de **cytokératine** dans leur cytosquelette ;
- les relations cellule-MEC qui s'effectuent, à travers la MB, par l'intermédiaire de **molécules d'adhérence cellulaire** et de **systèmes de jonction** spécialisés.

II. Épithélium de revêtement

Ce sont des feuilletts **avasculaires** composés d'une ou plusieurs couches cellulaires, recouvrant et limitant une surface libre de l'organisme. La face profonde d'un épithélium repose sur une lame basale qui sépare les cellules épithéliales du tissu conjonctif sous-jacent, désigné sous le nom de **chorion**.

Le corps humain est entièrement limité par le revêtement cutané (la peau) qui constitue une inter- face fondamentale entre l'organisme (« monde intérieur ») et le milieu extérieur (« monde extérieur »). A l'intérieur du corps, existent de nombreuses cavités de plusieurs types : les unes représentent des prolongements du monde extérieur à l'intérieur du corps (par exemple, les voies aériennes, le tube digestif, les voies urinaires et les voies génitales), le revêtement de ces cavités s'appelle une *muqueuse* ; les autres sont entièrement closes et correspondent soit aux cavités cardio-vasculaires (dont le revêtement s'intitule *endocarde* pour le cœur et *intima* pour les vaisseaux), soit aux cavités cœlomiques (cavités pleurales, péritonéale et péricardique) dont le revêtement porte le nom de *séreuse*.

Tous ces ensembles tissulaires qui bordent la surface externe du corps et ses cavités intérieures ont en commun d'être constitués par **un épithélium de revêtement reposant (par**

l'intermédiaire de sa membrane basale) sur une couche de tissu conjonctif sous-jacent. A chaque type de localisation s'associe une terminologie différente :

- L'épithélium de la peau s'appelle l'**épiderme** et le tissu conjonctif sous-jacent le **derme** ;
- L'épithélium de l'**endocarde** du cœur et de l'**intima** des vaisseaux s'appelle un **endothélium** et le tissu conjonctif sous-jacent la **couche sous-endothéliale** ;
- L'épithélium d'une **séreuse** s'appelle un **mésothélium** et le tissu conjonctif sous-jacent la **couche sous-mésothéliale** ;
- Les muqueuses sont constituées d'un épithélium de revêtement reposant sur du tissu conjonctif qui prend le nom de **chorion**.

III. Classification

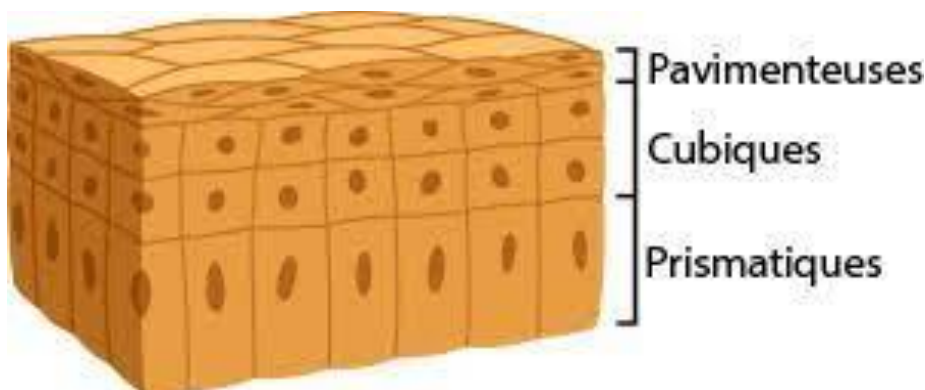
Les épithéliums de revêtement ont une organisation qui se prête à une classification reposant sur les critères de **nombre des assises cellulaires**, de **forme** des cellules de surface et de **différentiation de certaines structures apicales**.

1. Nombre des assises cellulaires :

- **Un épithélium simple** comporte une seule couche de cellule dont le pôle apical est en contact avec la lumière de la cavité qu'il borde.
- **Un épithélium stratifié** est formé de plusieurs assises de cellules superposées ; la couche la plus profonde, représente généralement la couche germinative ou de régénération.
- **Un épithélium pseudostratifié** contient des cellules qui sont toutes en contact avec la lame basale, mais qui n'atteignent pas toute sa surface.

2. Forme de cellules de surface :

Les cellules épithéliales de surface peuvent être : des cellules **pavimenteuses** (à plusieurs couches cellulaires dont les cellules superficielles sont aplaties), aplaties à contours irrégulier, les cellules **cubiques**, les cellules **prismatiques** ou **cylindriques**.



3. Présence de différenciations apicales

Les cellules épithéliales de surface peuvent présenter des structures différentes : cils vibratiles, stériocils (les stériocils sont des expansions cytoplasmiques ramifiées longues, fines et immobiles, présentes au niveau du pôle apical de certaines cellules épithéliales. Semblables à des microvillosités très longues qui s'agglutinent en pinceaux, comme dans l'épididyme), microvillosités des bordures en brosse ou des plateaux striés, cuticules ou bien accumulation de substance particulière comme la kératine dans les cellules épidermiques.

IV. Quelques exemples d'épithéliums de revêtement

- **L'épiderme** : pavimenteux, stratifié et kératinisé. Il assure le rôle de protection et de réception sensorielle ;
- **L'épithélium œsophagien** : pavimenteux, stratifié et non kératinisé. Il assure le rôle de protection mécanique ;
- **L'épithélium gastrique** : prismatique, simple à cellules à pôle muqueux fermé. C'est un épithélium sécrétoire et de protection chimique ;
- **L'épithélium intestinal** : prismatique, simple avec entérocytes à plateau strié et cellules muqueuses caliciformes. Il assure le rôle d'absorption ;
- **L'épithélium respiratoire** : prismatique, pseudo-stratifié, cilié avec cellules muqueuses caliciformes. Il assure le rôle de mouvement ;
- **L'épithélium des trompes utérines** : prismatique ; simple, cilié, avec des cellules glandulaires. Il assure le rôle de mouvement ;
- **L'endothélium des capillaires** : pavimenteux et simple. Il assure le rôle d'échanges.

V. Renouvellement des épithéliums

Le renouvellement complet des épithélium se fait de façon plus ou moins rapide suivant leur localisation : l'épithélium intestinal (épithélium prismatique simple à plateau strié) est la structure qui se renouvelle plus vite dans l'organisme (2 jours). Son renouvellement s'effectue à partir d'une zone germinative située à la base des villosités.

Pour les épithéliums stratifiés, ce sont les cellules de la couche basale qui permettent le renouvellement en se divisant activement : elles repoussent vers la surface les cellules plus anciennes situées dans les couches sous-jacentes. La maturation des cellules s'effectue donc de la profondeur vers la surface.

Dans d'autres épithéliums comme l'épithélium prismatique simple de l'épididyme, il existe de petites cellules de remplacement reposant sur la lame basale mais n'atteignant pas la lumière. Dans l'épithélium pseudostratifié, les cellules les plus courtes servent de cellules souches.

IV. Fonction des épithéliums :

Selon les spécialisations fonctionnelles et les différenciations, les rôles physiologiques des épithéliums peuvent être extrêmement variés.

- 1. Rôle protecteur :** ils assurent une protection des organes vis à vis du milieu extérieur. Par ailleurs, ils assurent une protection mécanique ou thermique contre les chocs, le froid, la chaleur et les radiations (exemple de l'épiderme).
- 2. Rôle d'échange (air/sang ; urine/sang) :** Par leur localisation, les épithéliums jouent un rôle majeur dans les échanges entre le milieu extérieur et le milieu intérieur. Exemples : tube contourné proximal du rein (filtration du sang) et l'endothélium des capillaires sanguins (échanges gazeux).
- 3. Rôle de mouvement :** ce rôle est dévolu aux épithéliums ciliés, comme celui des voies respiratoires supérieures et des trompes utérines.
- 4. Rôle de réception sensorielle :** l'épiderme est le lieu privilégié de la réception des informations sensibles provenant du milieu extérieur (tact, température, douleur). Les autres informations sensorielles sont le fait d'épithéliums spécifiques contenant des cellules sensorielles (bourgeons du goût).
- 5. Rôle de renouvellement :** grâce aux cellules souches caractérisées par leur état indifférencié, leur durée de vie longue et leur capacité de division.
- 6. Rôle d'absorption :** caractéristique des cellules intestinales possédant des microvillosités.
- 7. Rôle d'excrétion :** comme celui de l'épithélium rénal.

CHAPITRE 3. ÉPITHELIUMS GLANDULAIRES

Introduction

Les épithéliums glandulaires proviennent d'épithélium de revêtement ; ils peuvent soit tapisser les cavités glandulaires reliées à l'épithélium de revêtement qui leur a donné naissance (glandes exocrines), soit perdre cette connexion (glandes endocrines).

I. Classification

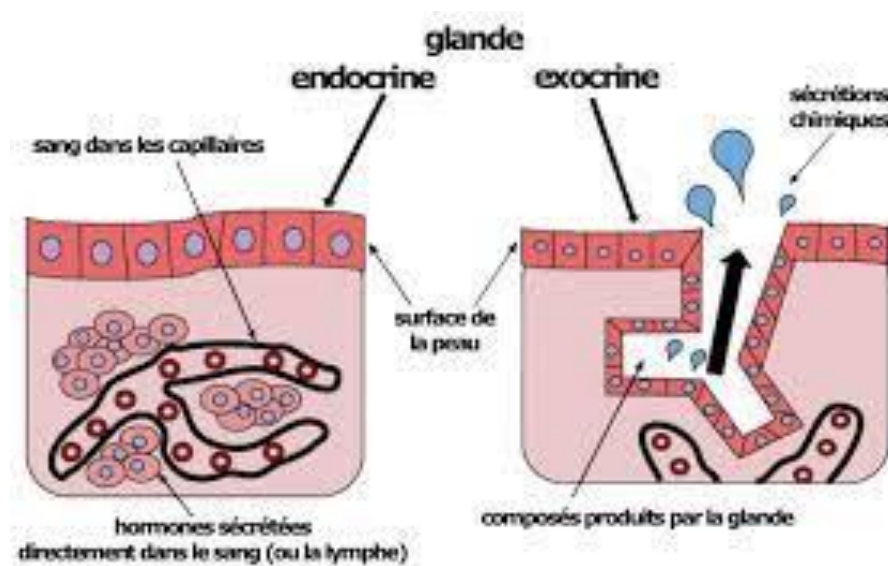
Les glandes peuvent être classées selon plusieurs critères. On distingue ainsi : selon le lieu de sécrétion, selon les modalités d'excrétion, selon la nature du produit de sécrétion et selon la morphologie de la glande exocrine.

1. Selon le lieu de sécrétion

a. Glande endocrine : dont les sécrétions, qui sont toujours **des hormones**, se déversent dans la circulation sanguine, sans canal excréteur. L'hormone est ensuite transportée vers les organes cibles.

b. Glande exocrine : dont les sécrétions se portent vers l'extérieur grâce à des canaux excréteurs. Le produit de sécrétion est déversé soit à la surface du corps (épiderme), soit à la surface d'une cavité du corps en communication avec l'extérieur (muqueuse gastrique).

c. Glandes amphicrines : ce sont les glandes avec les deux modalités de sécrétion (exocrine et endocrine à la fois), exemple : **le pancréas** (insuline et glucagon d'une part et d'autre part suc pancréatique alcalin riche en bicarbonates et produisant des protéases, lipases, l'amylase..., **les gonades** (Hormones et gamètes), ...



Pas donner en 2024

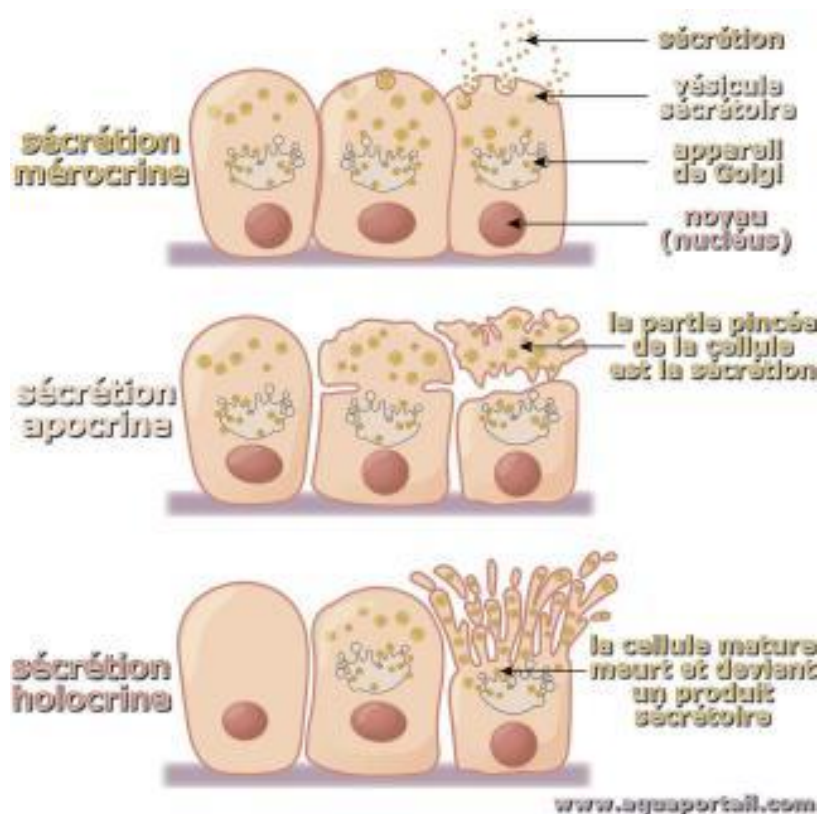
2. Selon les modalités d'excrétion

On décrit classiquement trois modalités d'excrétion des produits élaborés par les cellules glandulaires : mérocrine, apocrine et holocrine.

a. Glandes mérocrines : le produit d'élaboration est excrété par exocytose. Ainsi, la membrane des vésicules fusionne avec la membrane plasmique apicale permettant l'excrétion des produits (exemple : glandes salivaires).

b. Glandes apocrines : le produit de sécrétion est progressivement accumulé dans une très volumineuse inclusion apicale, située au pôle apicale de la cellule. Cette inclusion quitte la cellule en entraînant avec elle la membrane plasmique qui l'entoure (exemple : glande mammaire).

c. Glande holocrine : c'est la cellule entière qui est le produit d'excrétion. La cellule glandulaire accumule son produit de sécrétion, dégénère et se fond avec lui dans le produit excrété, il y a donc ici une perte de toute la cellule. Cette modalité d'excrétion s'observe au niveau des glandes sébacées.



Pas donner en 2024

3. Selon la nature du produit de sécrétion

a. Glande séreuse : les cellules des acini sont pyramidales et limitent une lumière à peine visible. Le noyau des cellules est arrondi et parabasal.

b. Glande muqueuse : les cellules des acini ont une grande taille et limitent une lumière bien visible. Le noyau des cellules est allongé, aplati et situé au pôle basal. Les organites se trouvent ainsi au pôle basal, le cytoplasme est clair (exemple : glandes salivaires).

4. Selon la morphologie de la glande exocrine :

a. Selon la complexité du canal excréteur :

- simple : canal excréteur unique
- composé : canal excréteur ramifié

b. Selon la forme de la portion sécrétrice, la glande est dite :

- **Tubuleuse :** les cellules sécrétrices forment ensemble une structure de forme d'un tube allongé, soit droit (glande intestinale) ou contourné (glande sudoripare) ou ramifié (glande gastrique).
- **Alvéolaire :** les cellules sécrétrices forment ensemble une structure de forme sphérique à lumière importante (glande sébacée).
- **Acineuse :** la portion sécrétrice a la forme d'un petit sac arrondi à lumière réduite.
- **Tubulo-alvéolaire :** glande composée contenant des unités sécrétrices des deux formes. Les éléments alvéolaires qui communiquent les uns avec les autres et constituent des chaînes d'alvéoles dont l'aspect général est vaguement tubulaire, exemple : la prostate.

CHAPITRE 4. LES TISSUS CONJONCTIFS

Il s'agit de tissus doués d'un grand polymorphisme, mais présentant des points communs. Quel que soit leur localisation anatomique, ils comportent 03 constituants élémentaires suivants :

- Les cellules
- Les fibres
- Une substance fondamentale.

I. Les constituants élémentaires du tissu conjonctif

1. Les cellules du tissu conjonctif

Les cellules que l'on peut rencontrer dans le tissu conjonctif sont les cellules qui ont une **mobilité faible** ou nulle (les fibroblastes et les adipocytes) et des cellules **mobiles**, dites libres (cellule d'origine sanguine : macrophages, lymphocytes, ...).

a. Les fibroblastes

Les fibroblastes sont les cellules résidentes de base des tissus conjonctifs lâche et dense. Ils synthétisent, libèrent et recyclent la presque totalité des composants de la matrice extracellulaire : protéines des fibres et molécules de la substance fondamentale (glycosaminoglycanes et protéines d'adhérence).

Les fibroblastes ou fibrocytes (fibroblaste moins mobile) sont des cellules fusiformes ou étoilées de 20 à 30µm de long possédant de longs prolongements cytoplasmiques. Ils proviennent d'une cellule souche mésenchymateuse multipotente qui est également à l'origine des adipoblastes, des chondroblastes (Cellule du cartilage, arrondies dont la membrane plasmique porte des microvillosités irrégulières au contact de la substance fondamentale et dont le cytoplasme est basophile (Un cytoplasme basophile réfère à un cytoplasme qui a été coloré avec un colorant basique (soit l'hématoxyline le plus souvent). Les colorants basiques mettent en valeur les structures acides de la cellule, soit le noyau et les ribosomes, qui contiennent des acides nucleiques)), des ostéoblastes et des myoblastes (une cellule souche responsable de la formation des muscles squelettiques dans l'embryon). En MO, leur cytoplasme est peu visible et seul leur noyau, ovoïde, allongé, avec un ou deux nucléoles, est bien visible. En ME, on y décèle tous les organites cellulaires habituels et surtout, dans les fibroblastes en pleine activité, les organites impliqués dans la synthèse des protéines. Le phénotype des fibroblastes est modulable en fonction de leur degré d'activation (par exemple, transformation en myofibroblaste). **Les fibroblastes synthétisent les macromolécules protéiques et**

polysaccharidiques de la MEC du tissu conjonctif. Les fibroblastes sont aussi capables de sécréter de nombreuses autres molécules (cytokines, facteurs de croissance, enzymes) et jouent un rôle important dans les processus de réparation tissulaire ou dans l'entretien des réactions inflammatoires.

b. Les adipocytes

Il s'agit d'éléments fixes dont le groupement constitue une variété de tissus conjonctifs, la plupart des adipocytes sont groupées dans le tissu adipeux. Ce sont des cellules spécialisées dans la mise en réserve des **lipides**. On distingue deux catégories d'adipocytes : les adipocytes de la **graisse blanche** (la plus importante réserve énergétique de l'organisme), et les adipocytes de la **graisse brune** (une source de chaleur).

Les adipocytes blancs

Le tissu adipeux blanc représente 15 à 20 % du poids de l'adulte. Les adipocytes blancs sont des cellules volumineuses, jusqu'à 150 µm de diamètre, ovoïdes ou sphériques. Leur cytoplasme renferme une volumineuse vacuole lipidique unique (triglycérides), entourée par une mince couronne cytoplasmique contenant un appareil de Golgi, du réticulum endoplasmique granulaire, du réticulum endoplasmique lisse et des mitochondries. Le noyau est déformé, aplati, refoulé contre la membrane plasmique vers la périphérie. L'adipocyte a un organisme très actif, il met en réserve et libère les lipides très rapidement, avec un fort taux de **renouvellement** qui se déroule en 03 phases :

- **Liposynthèse** : accumulation des triglycérides d'origine alimentaire ou synthétisés à partir des glucides.
- **Stockage** : pendant un temps très court, le renouvellement des lipides étant très important.
- **Lipolyse** : le catabolisme des graisses est favorisé par l'adrénaline.

Le tissu adipeux blanc est principalement localisé dans : **1)** le pannicule (couche de tissu cellulaire) adipeux sous-cutané, diffus et régulier chez le fœtus et le nouveau-né, prédominant sur la nuque et les épaules chez l'homme, sur la poitrine, les hanches, les cuisses et les fesses chez la femme ; **2)** les régions profondes, comme le mésentère, les épiploons (repli du péritoine, membrane qui tapisse les parois de l'abdomen et enveloppe les viscères abdominaux), les régions rétropéritonéales ; **3)** les orbites, les paumes et face palmaire des doigts, les plantes et face plantaire des orteils. Les deux premières localisations correspondent à des réserves énergétiques

qui fondent lors du jeûne, alors que la troisième joue un rôle de soutien et de protection mécanique et est peu sensible au jeûne.

❖ **Les adipocytes bruns**

Surtout abondante chez les mammifères hibernants, les adipocytes bruns regroupés en graisse brune, sont néanmoins présents dans l'espèce humaine où on ne les observe normalement que pendant la période fœtale. Ce n'est que dans certains cas pathologiques que ces éléments peuvent réapparaître chez l'adulte. Le noyau est généralement central. Le cytoplasme contient de très grands nombres de vacuoles lipidiques. Ces adipocytes sont généralement regroupés sous forme de graisse brune.

c. Les macrophages

Ce sont des cellules polymorphes, prennent leur origine dans la moelle osseuse et transitent dans le sang sous forme de **monocytes** et exercent leur fonction de défense de l'organisme dans les tissus conjonctifs. Ce sont de grosses cellules avec des prolongements cytoplasmiques (pseudopodes). Leur cytoplasme est riche en organites de synthèse de défense de l'organisme contre les agents étrangers. Ils peuvent agir par : phagocytose, sécrétion de substances toxiques et déclenchement de réactions immunitaires.

2. Les fibres

Chaque fibre, limitée par une membrane ou gaine de Henlé, est constituée d'un groupement de fibrilles unies les unes aux autres, qui sont-elles même constituées d'un groupement de myofibrilles.

a. Les fibres de collagène

Elles sont longues, rubanées, elles se groupent en faisceaux se disposant parallèlement les unes aux autres, où sont entrecroisées. Elles sont extensibles mais non élastiques et donnent au tissu conjonctif sa résistance. On connaît actuellement 20 types de collagène, tous constitués par l'assemblage de molécules de **tropocollagène** synthétisé par le fibroblaste qui possède tous les organites indispensables. Les tendons et les ligaments sont formés par les fibres de collagènes de type I. les fibres de la substance fondamentale et du cartilage sont constituées du collagène du type II. Les collagènes du type IV et VII sont les constituants des membranes basales.

b. Les fibres élastiques :

Elles sont résistantes et extensibles, reprenant leur longueur initiale après un étirement. L'**élastine** est le principal constituant des fibres élastiques. La biosynthèse de l'élastine est

comparable à celles du collagène, la phase intracellulaire aboutissant à la formation de **tropoélastine** et ce n'est qu'en milieu extracellulaire que se forme les liaisons entre les microfibrilles et l'élastine de façon à constituer la fibre. La capacité de synthétiser l'élastine est limitée au cours de la vie, l'élastogénèse étant maximale à la fin de la vie fœtale et pendant les premières années du développement. Les fibres élastiques disparaissent ensuite chez l'adulte et sont remplacées par du collagène.

3. La substance fondamentale

IL s'agit d'une substance homogène, occupant les espaces compris entre les fibres et les cellules. Les cellules du tissu conjonctif baignent dans un milieu très riche en eau contenant de petites molécules dissoutes (sels minéraux, sucre, polypeptides, ...) et de volumineuses macromolécules protéiques.

II. Classification et fonction des tissus conjonctifs

Les tissus conjonctifs sont classés selon les critères morphologiques, en fonction des proportions relatives de leurs constituants. On distingue :

1. Le tissu conjonctif lâche

Il s'agit de la variété la plus courante, on y trouve une répartition harmonieuse des cellules, des fibres et de la substance fondamentale. Ils ont des rôles de soutien et de défense grâce aux macrophages et surtout métabolique: c'est en effet une voie de passage obligatoire pour les capillaires sanguins destinés à assurer la nutrition des tissus épithéliaux.

On le trouve notamment dans la peau (derme superficielle), on le trouve également dans les masses musculaires, dans les voies respiratoires, voies du tube digestif et les voies génitales et urinaires. Ce tissu conjonctif contient de nombreuses cellules libres ainsi que les vaisseaux sanguins.

Certains tissus conjonctifs lâches sont très spécialisés, on distingue de ce fait les tissus **adipeux** et les tissus **mucoïdes** et les tissus **réticulés**.

a. Le tissu conjonctif lâche adipeux

C'est un tissu conjonctif lâche à prédominance cellulaire, spécialisé dans la mise en réserve de graisses, il est constitué de cellules adipeuses séparées par une mince couche de matrice fondamentale comprenant un squelette de fibres et de nombreux vaisseaux.

b. Le tissu conjonctif réticulé

Ce tissu est très riche en fibres de collagène de type III appelé: **réticuline**. Il forme le stroma de la rate, moelle osseuse et le foie.

c. Le tissu conjonctif mucoïde

Il est très pauvre en cellules et très riche en matière fondamentale qui est hydratée. Les fibres de collagène sont très fines et dispersées. Il constitue notamment le cordon ombilical.

2. Le tissu conjonctif dense

Ce sont des tissus dans lesquels prédominent les fibres. Les cellules sont peu nombreuses, il s'agit presque exclusivement de fibrocytes dont l'activité de synthèse est ralentie. On distingue les tissus conjonctifs **non orientés** dont les fibres de collagène sont entrecroisées et mêlées de fibres élastiques. La vascularisation est assez riche. Ces tissus forment l'enveloppe de plusieurs organes. Ils sont moulés sur la structure qu'ils entourent et dont ils contribuent à définir leur forme. On observe également les tissus conjonctifs denses **orientés** dont les fibres forment des faisceaux parallèles. Les cellules sont peu nombreuses, alignées entre les fibres serrées. Dans les tendons ou les ligaments, le tissu est dit **unitendu**, toutes les fibres et l'organe ayant la même direction. Lorsque ce tissu contient de nombreuses fibres élastiques, c'est un tissu **conjonctif dense élastique**, on l'observe dans les ligaments et les tendons élastiques ou la paroi des grosses artères.

3. Tissu conjonctif muqueux

Très pauvre en cellules et très riche en matière fondamentale, c'est le tissu conjonctif du cordon ombilical.

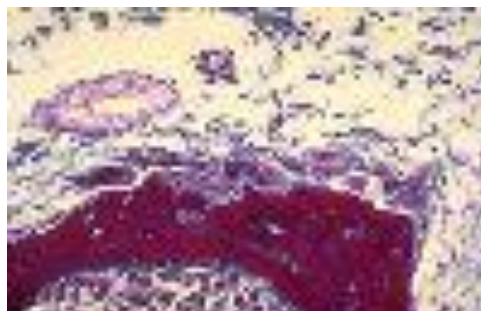


Figure : Représentation des tissus conjonctifs

4. Le tissu cartilagineux

Le cartilage est un tissu conjonctif spécialisé caractérisé par le fait que sa substance fondamentale est solide et élastique. Il comporte les 03 éléments: cellules, fibres et substance fondamentale.

On distingue plusieurs types de cartilage: **Cartilage hyalin**, **Cartilage élastique** et **Cartilage fibreux**. Le cartilage est entouré par une formation conjonctive appelée **périchondre** qui assure la nutrition et la croissance du tissu cartilagineux. Le périchondre est absent au niveau des surfaces articulaires.



Figure : Voici un exemple de tissu cartilagineux, où les cellules sont isolées les unes des autres par un matériel amorphe coloré en bleu. Elles sont dans des logettes ; leur noyau coloré contient un ou deux nucléoles ronds et denses, et quelques grains plus petits de chromatine. Il est entouré d'un cytoplasme clair, granuleux, qui remplit la logette.

5. Le tissu osseux

Comme le cartilage, c'est un tissu de soutien. Notre squelette est essentiellement constitué par des pièces faites de tissu osseux qui, associés aux muscles striés squelettiques, réalisent l'appareil locomoteur. Comme tous les tissus conjonctifs, le tissu osseux contient des cellules et une substance fondamentale. - On peut distinguer dans le tissu osseux plusieurs types cellulaires qui diffèrent par leur organisme et par leur fonction : les **ostéoblastes**, les **ostéocytes** et les **ostéoclastes**.

CHAPITRE 5. LES TISSUS MUSCULAIRES



Figure : Les tissus musculaires

1. Caractéristiques générales

Les cellules musculaires (myocytes ou fibres musculaires) possèdent un certain nombre de caractéristiques communes. Elles sont spécialisées dans la production d'un travail mécanique, la **contraction musculaire**. Leur cytoplasme contient un **matériel protéique filamentaire contractile**, les myofilaments d'actine (associés à des filaments de tropomyosine) et de myosine, ainsi que des filaments intermédiaires de **desmine**. Elles contiennent une concentration plus ou moins élevée de **myoglobine**, pigment respiratoire fixant de l'oxygène. **Leur membrane plasmique** contient de nombreux récepteurs à des molécules variées ainsi que des **transporteurs** (notamment de glucose). Elles sont revêtues par une **membrane basale**.

Au-delà de ces caractéristiques communes, on distingue **trois types différents de cellules musculaires : striées squelettiques, striées cardiaques et lisses**.

1. Le tissu musculaire lisse

La cellule musculaire lisse ou léiomyocytes (appelé encore fibre musculaire lisse), est un élément fusiforme, avec deux extrémités effilées et une partie centrale plus épaisse contenant le noyau. Les dimensions sont variables selon la localisation (courtes dans les vaisseaux, longues dans l'utérus, où elles peuvent atteindre jusqu'à 500µm de long lors de la gestation). Elles se caractérisent par le fait qu'elles sont le siège de contractions spontanées, susceptibles d'être régulées par de nombreux stimuli (nerveux, hormonaux, cytokiniques) et qu'elles sécrètent de nombreuses molécules.

Dans la fibre musculaire lisse, on peut rencontrer 03 sortes de myofilaments qui jouent le rôle d'**appareil contractile**. Ils sont :

- Fins d'actine : 40-80Å°
- Epais de myosine : 135-185Å°
- Intermédiaires : 100Å°, ils ne sont constitués ni d'actine ni de méosine. On les trouve au centre et à la périphérie de la cellule où ils réalisent une sorte de squelette.

Ces filaments d'actine et de myosine sont maintenus en place par deux structures : les ancrages (zone de contacts entre les membranes plasmiques et les filaments d'actine) et les corps denses (formations lenticulaires striés en place dans le sarcoplasme (cytoplasme) sur lesquelles se fixent les filaments d'actine).

Le tissu musculaire lisse présente quelques particularités :

- La contraction : lente, involontaire, peu fatigable et tonique.
- La vascularisation sanguine : peu développée
- L'innervation : tous les myocytes ne sont pas directement innervés, ils le sont par groupe, la transmission de l'influx se faisant par les jonctions.
- L'hormono-sensibilité des myocytes : elle se traduit lors de la gestation par une considérable augmentation de taille.

Outre leur rôle contractile, elles ont une fonction de cellules de soutien. Dans la plupart des cas, cette fonction de la cellule de soutien est limitée à la fabrication de la matrice extracellulaire (contenant du collagène et de l'élastine) destinée à l'ancrage du muscle lisse.

2. Le tissu musculaire strié squelettique

Cernée par sa membrane plasmique entourée de sa MB, la cellule musculaire striée squelettique (ou fibre musculaire striée squelettique ou rhabdomyocyte) a la forme d'un cylindre allongé, dont le diamètre est d'environ 10 à 100 micromètres et dont la longueur excède rarement 10 cm. Les muscles squelettiques striés sont responsables de la mobilité des différentes portions du corps et les uns par rapport aux autres. Ce sont des muscles volontaires qui répondent à une stimulation par un raccourcissement responsable d'un mouvement. Les muscles squelettiques striés sont présents dans tous les segments de notre corps : tête, cou, tronc et membres.

Les cellules musculaires squelettiques striées possèdent des caractéristiques morpho-fonctionnelles variables qui permettent de distinguer des myocytes de type I, de type II et de type intermédiaire aux deux précédents.

- Les myocytes de type I (ou « fibres rouges », car riches en myoglobine) sont de petit calibre et à contraction lente (essentiellement pour maintenir la station debout et les postures). Ils sont riches en mitochondries et sont donc identifiables en histo-enzymologie par leur richesse en enzymes oxydatives (SDH, NADH-TR, Cox). Ils fonctionnent principalement par la voie de la glycolyse aérobie.
- Les myocytes de type II (ou « fibres blanches », car pauvres en myoglobine) sont de grand calibre et à contraction rapide (essentiellement pour les mouvements des membres). Ils sont riches en glycogène. Ils sont identifiables en histo-enzymologie par leur richesse en ATPase à pH 9,4 et en phosphorylase. Ils fonctionnent principalement par la voie de la glycolyse anaérobie.
- Les myocytes de type intermédiaire possèdent certaines caractéristiques de ceux de type I et d'autres de ceux de type II.

3. Le tissu musculaire strié cardiaque

Le tissu musculaire strié cardiaque (ou tissu myocardique) se caractérise par son aptitude à se contracter rythmiquement et harmonieusement de façon spontanée. Les battements cardiaques et leur rythme sont déterminés par l'activité intrinsèque des cardiomyocytes du nœud sino-auriculaire. En effet, les cardiomyocytes sont spontanément excitables ; leur dépolarisation et repolarisation rythmique est indépendante du système nerveux. Le système nerveux végétatif exerce toutefois une influence sur le rythme des contractions : schématiquement, le parasympathique (acétylcholine) ralentit le cœur alors que le sympathique (noradrénaline) l'accélère.

Les cellules myocardiques diffèrent des cellules musculaires striées squelettiques par plusieurs points fondamentaux :

- L'aspect général est très différent
- La diversité des récepteurs membranaires
- L'absence de jonction neuro-musculaire et donc de plaque motrice
- L'existence de dispositifs de jonction cellule-cellule.

CHAPITRE 6. LES TISSUS DU SYSTEME NERVEUX

1- Généralités

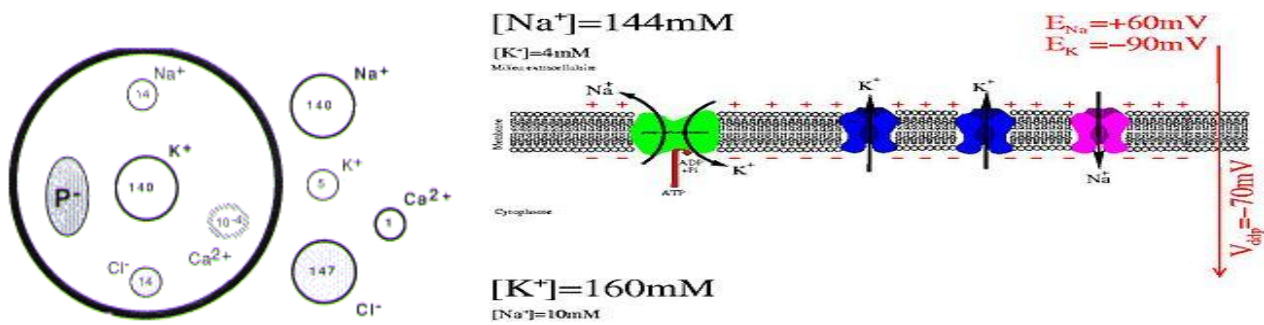
Le système nerveux des vertébrés est un système fort complexe qui tient sous sa dépendance toutes les fonctions de l'organisme. Le SN est un ensemble des structures anatomiques caractéristiques du règne animal, impliqué dans la réception et dans la transmission (en signaux nerveux) des informations provenant de l'environnement, dans la commande des muscles et autres organes effecteurs, et dans la coordination des diverses fonctions vitales d'un animal.

Les structures de base du système nerveux sont les mêmes pour tous les vertébrés. Ce qui distingue le cerveau humain, c'est sa grande taille par rapport à celle du corps. Ceci est dû à une augmentation énorme du nombre d'inter neurones, qui a eu lieu au cours de l'évolution, et qui confère aux humains un choix illimité dans leurs réactions face à l'environnement.

Anatomiquement, le SN est divisé en deux parties : le système nerveux central (SNC) et le système nerveux périphérique (SNP). Sur la base de son fonctionnement, il fait intervenir une chaîne des cellules nerveuses, qui s'articulent (reliés) entre elles par des synapses et les cellules de la névroglie. Les cellules de la névroglie sont des cellules non excitables. Elles forment l'armature (soutien) du système nerveux et lui confèrent une bonne partie de sa fermeté en y jouant comme fonction le soutien, la nutrition et l'isolement des neurones.

- Le système nerveux central, constitué par l'encéphale comprenant le cerveau, le tronc cérébral, et le cervelet situés dans la boîte crânienne, et la moelle épinière située dans le canal rachidien. Son rôle est de recevoir, enregistrer, interpréter les signaux qui parviennent de la périphérie, et d'organiser la réponse à envoyer.

- Le système nerveux périphérique, constitué de deux parties, à savoir : le système nerveux somatique (comprenant les neurones sensoriels de la racine dorsale et les ganglions crâniens) et le système nerveux autonome (comprenant le système sympathique, le système parasympathique et le système entérique). Son rôle est de conduire jusqu'au système nerveux central les informations issues des récepteurs périphériques de la sensibilité ou de la douleur, et de transmettre les ordres moteurs émis par les centres nerveux.



Mécanismes ioniques à l'origine du potentiel de repos

2. Histologie du système nerveux

Le SN est constitué de deux types de cellules, les neurones et les cellules gliales. Ces dernières sont les unités fondamentales du système nerveux. Le tissu nerveux forme un réseau extraordinairement complexe avec 30 à 100 milliards de neurones et 1 milliard de milliards de connexions possibles et ~600 millions de synapses par mm³. Chez l'Homme par exemple le cerveau à lui seul contient environs 10 milliards des neurones. Les neurones sont 10 à 50 fois moins nombreux que les cellules gliales (assurant plusieurs fonctions dont le soutien et la nutrition des neurones).

2.1. Les cellules gliales

Ce sont les cellules sans fonction conductrice qui forment la névroglie et représentent un tissu de soutien pour les neurones. En plus, elles améliorent la conductance axonale des influx électrochimiques, modulent la neurotransmission au niveau des jonctions synaptiques et facilitent la régénération des nerfs après des lésions nerveuses périphériques. Il existe plusieurs types de cellules gliales : les microgliales et les macrogliales qui comprennent les astrocytes I et II et les oligodendrocytes.

- **Les microgliales** : Ce sont des cellules gliales de petite taille, elles sont très peu abondantes dans les tissus sains et matures, par contre elles deviennent très présente au cours du développement du système nerveux. Elles jouent un rôle phagocytaire important en sécrétant des cytokines (molécules sécrétées par un grand nombre des cellules et est impliquée dans la régulation des réponses immunitaires) et constituent la première ligne de défense contre les envahisseurs étrangers. Ce sont donc les macrophages du cerveau.

- **Les astrocytes** : ils ont une forme étoilée, avec de nombreux prolongements. Ce sont les plus grosses cellules du tissu nerveux. On distingue les astrocytes de type I, qui sont en contact avec les capillaires sanguins, et les astrocytes de type II, entourant le neurone et la fente synaptique empêchant ainsi la dispersion des neurotransmetteurs. De plus, les astrocytes synthétisent des neurotransmetteurs. Ils maintiennent également les neurones en bon état de fonctionnement en leur apportant de l'énergie. Ils contribuent à maintenir l'équilibre de la composition du liquide

extracellulaire. Ils débarrassent également les neurones des substances de dégradation qui doivent être évacuées par les vaisseaux sanguins.

- **Les oligodendrocytes** : Ils sont plus petits que les astrocytes et portent moins de prolongements. Ils sont à l'origine des gaines de myéline entourant les axones des fibres nerveuses. Contrairement à une cellule de Schwann elles peuvent myéliniser jusqu'à 50 axones.

- **Les cellules de Schwann**, comme les oligodendrocytes, elles assurent la myélinisation des axones, c'est-à-dire leur isolation électrique. Il existe néanmoins de petites différences entre ces deux types de cellules. Les cellules de Schwann n'existent qu'au niveau du système nerveux périphérique. Une cellule de Schwann forme la gaine de myéline autour d'un seul axone, alors que les oligodendrocytes peuvent myéliniser plusieurs axones (de différents neurones) au sein du système nerveux central (en moyenne une dizaine).

2.2. La cellule nerveuse ou neurone

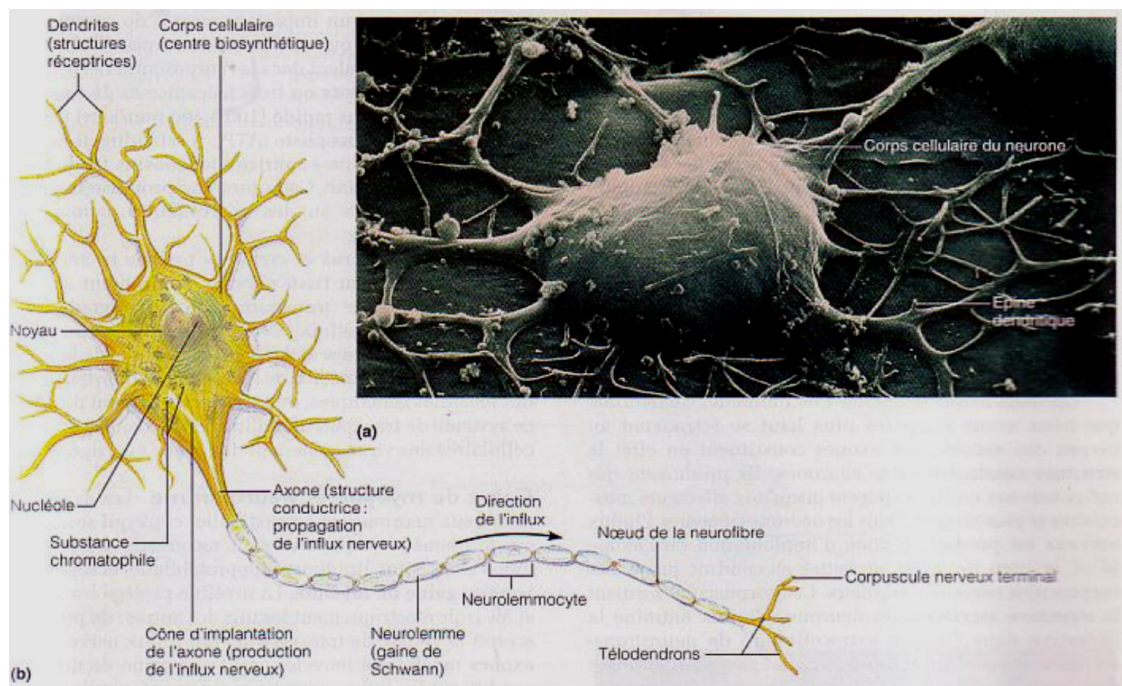


Figure : Structure d'un neurone moteur. (a) Micrographie au microscope électronique à balayage montrant le corps cellulaire du neurone et des dendrites avec des épines dendritiques bien définies (5000x). (b) Vue schématique (Elaine N. MARIEB, 1998).

Les neurones ou encore neurocytes, sont des unités fonctionnelles élémentaires du tissu nerveux. Ils assurent la genèse, le codage et la transmission de l'influx nerveux. Ce sont aussi des cellules qui ont perdu la propriété de se diviser. La plupart des cellules nerveuses comportent trois parties : le corps cellulaire, l'axone et les dendrites.

- **Le corps cellulaire** (dont le diamètre varie selon le type des neurones, de 5 à 120 μm), aussi appelé soma ou encore péricaryon, renferme un noyau entouré d'un cytoplasme contenant les organites habituels.

- **L'axone** (ou fibre nerveuse), toujours unique, a un diamètre compris entre 1 et 15 μm , sa longueur varie d'un millimètre à plus d'un mètre, conduit l'influx nerveux à partir du corps cellulaire jusqu'à ses cibles (myocyte ou à une cellule glandulaire). L'axone s'unit souvent au corps cellulaire par une éminence (élévation) conique appelée cône d'implantation de l'axone, ou cône d'émergence.

- **Les dendrites** (dendron: arbre) constituent les parties réceptrices du neurone. Ils sont généralement courts, effilés et très ramifiés. Dans de nombreux neurones, les dendrites forment une arborisation qui émerge du corps cellulaire.

Du point de vue fonctionnel, on distingue trois catégories de neurones : les neurones sensitifs, les neurones moteurs et les interneurones.

Du point de vue structural, on classe les neurones selon le nombre de prolongements qui émergent du corps cellulaire :

1. Les neurones multipolaires possèdent généralement plusieurs dendrites et un seul axone. La plupart des neurones de l'encéphale et de la moelle épinière appartiennent à cette catégorie.

2. Les neurones bipolaires possèdent une dendrite principale et un axone. On les rencontre dans la rétine, dans l'oreille interne et dans l'aire olfactive du cerveau.

3. Les neurones unipolaires sont des neurones sensitifs qui apparaissent dans l'embryon sous forme de neurones bipolaires. Au cours du développement embryonnaire, l'axone et la dendrite fusionnent en un seul prolongement qui se divise en deux ramifications près du corps cellulaire. Les deux ramifications possèdent la structure et la fonction caractéristiques d'un axone : ce sont des prolongements longs et cylindriques qui transmettent des influx nerveux. Toutefois, la ramification axonale qui s'étend en périphérie présente des dendrites à son extrémité distale, alors que celle qui rejoint le SNC se finit par des boutons terminaux.

La transmission nerveuse se fait par l'intermédiaire de plusieurs neurones qui sont en rapport des uns avec les autres, par leurs dendrites ou par l'intermédiaire d'une articulation d'un axone avec des dendrites ou de plusieurs cellules voisines. La jonction entre les deux neurones constitue une synapse.

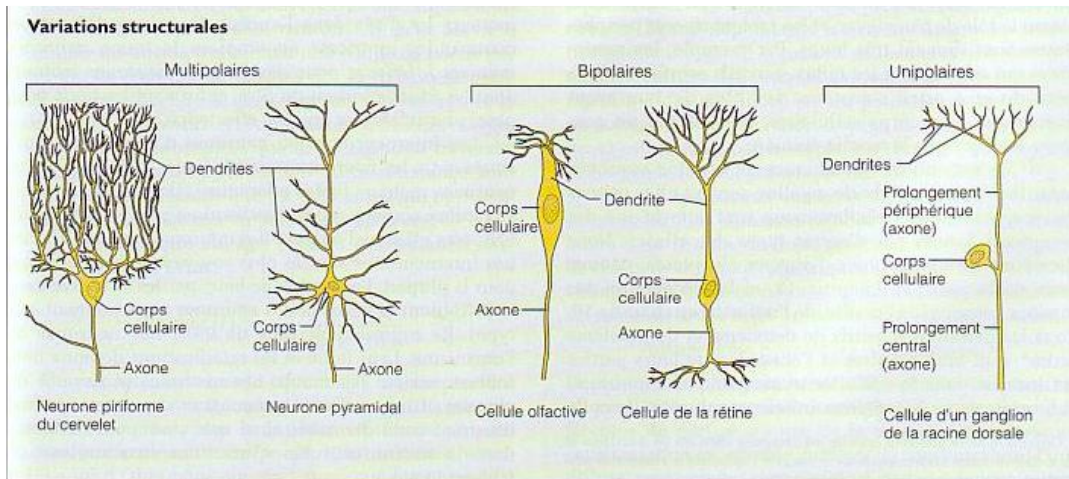


Tableau: classes structurales des neurones (Elaine N. MARIEB, 1998)

2.3. Les synapses

Une synapse est une jonction anatomiquement localisée entre deux neurones ou entre un neurone et une cellule musculaire. Les synapses s'établissent généralement entre la terminaison axonale d'un neurone et la dendrite ou les corps cellulaires d'un autre neurone. Cependant dans certaines régions les synapses s'établissent aussi entre deux dendrites, entre dendrite et un corps cellulaire ou entre deux terminaisons axonales. Un neurone conduisant des signaux vers une synapse est un neurone pré synaptique alors qu'un neurone conduisant des signaux à partir d'une synapse est un neurone post synaptique. La synapse assure la transmission de l'influx nerveux. Il existe deux types de synapses : les synapses électriques et les synapses chimiques.

2.3.1. La synapse électrique

Les synapses électriques sont rares dans le système nerveux des mammifères. Dans les synapses électriques les membranes plasmiques des cellules présynaptiques et postsynaptiques sont reliées par des jonctions communicantes. Les ions peuvent passer directement d'une cellule à une autre ("gap jonction") et modifier le potentiel de membrane afin de déclencher une dépolarisation. L'influx nerveux se transmet sans intervention de neurotransmetteurs.

2.3.2. La synapse chimique

La synapse chimique est la plus fréquente des synapses du [système nerveux](#). Ce type de synapse transmet le signal nerveux d'un neurone à un autre en utilisant une molécule médiatrice appelée [neurotransmetteur](#). Elle se fixe sur des récepteurs portés par la membrane post synaptique et déclenche un potentiel post synaptique, excitateur s'il correspond à une dépolarisation, inhibiteur s'il s'agit d'une hyperpolarisation. En effet, dans les terminaisons axonales les neurotransmetteurs sont emmagasinés dans les vésicules synaptiques limitées par une membrane. Quand un potentiel d'action dans les neurones présynaptiques atteint

l'extrémité de l'axone et dépolarise la terminaison axonale, les canaux Ca^{2+} sensibles au voltage s'ouvrent et le calcium diffuse à partir du liquide extracellulaire dans la terminaison axonale. L'augmentation des ions calciums dans la terminaison entraînent la fusion des quelques vésicules synaptiques avec des sites des liaisons vésiculaires particuliers sur la face interne de la membrane plasmique du neurone pré synaptique. Cela provoque la libération du contenu de la vésicule dans la fente synaptique par le processus d'exocytose. Après leur libération de la terminaison axonale, de petites quantités de neurotransmetteur diffusent à travers la fente synaptique. Une fraction de cette molécule se lie aux sites récepteurs sur la membrane plasmique du neurone postsynaptique. Le récepteur peut être lui-même un canal ionique ou il peut agir directement sur un canal ionique par l'intermédiaire d'une protéine G. Dans l'un ou l'autre cas, l'effet de la liaison du neurotransmetteur au récepteur est la cause de l'ouverture ou de la fermeture des canaux ioniques spécifiques dans la membrane plasmique post synaptique. Les canaux ioniques de la membrane post synaptique retrouvent leur état de repos au moment où les neurotransmetteurs cessent d'être liés aux récepteurs.

2.4. Les neurotransmetteurs

Les neurotransmetteurs sont des molécules libérées par les terminaisons nerveuses des neurones. Ils jouent le rôle de messagers chimiques permettant la transmission de l'influx nerveux. Il existe de nombreux neurotransmetteurs aux effets très différents. Certains neurotransmetteurs sont excitateurs tandis que d'autres sont inhibiteurs et parfois, les deux ; ceci en fonction des récepteurs avec lesquels ils interagissent. L'acétylcholine et la noradrénaline se lient à au moins deux types de récepteurs qui ont des effets opposés. Ainsi, l'acétylcholine est excitatrice dans les synapses musculaires des muscles squelettiques mais, inhibitrice lorsqu'elle est libérée dans les synapses musculaires du muscle cardiaque.

Travaux Dirigés

- 1- Définir les termes suivants : Histologie, tissu, épithélium, fibroblaste, fibrocyte....
- 2- Donner les différences qui existent entre un épithélium simple, un épithélium stratifié et un épithélium pseudostratifié.
- 3- Citer les étapes permettant de faire une étude histologique.
- 4- Citer les principaux types de tissus rencontrés au niveau du corps humain.
- 5- Donner des exemples d'un tissu épithélial et d'un tissu conjonctif.
- 6- Citer les principales caractéristiques permettant de reconnaître un tissu épithélial d'un tissu conjonctif.
- 7- Donner les rôles de fibroblaste et de fibrocyte.
- 8- Qu'est-ce qu'un adipocyte ? Citer les différentes phases de son renouvellement.
- 9- Donner quelques exemples de fibres, des cellules et la constitution de la substance fondamentale constituant un tissu conjonctif.
- 10- Quels sont les principales classes du tissu conjonctif
- 11- Quels sont les différents types cellulaires observés au niveau d'un tissu osseux.
- 12- Quels sont les différents aspects du tissu conjonctif.
- 13- Donner les fonctions principales que peuvent jouer les épithéliums.
- 14- Où sont situés le pôle apical et le pôle basal d'une cellule épithéliale.
- 15- Définir les différents types des tissus glandulaires.
- 16- Donner des exemples de glandes endocrines et exocrines et indiquer leurs sécrétions.
- 17- Nommer deux glandes cutanées et précisez la sécrétion de chacune d'elles.
- 18- Donner le rôle d'une glande. Qu'est-ce qu'une hormone.
- 19- Quels sont les myofilaments que l'on peut rencontrer dans une fibre musculaire lisse.
- 20- Citer les différents types de tissus musculaires.
- 21- Donner la morphologie des fibres musculaire.
- 22- Citer les types de cartilages et donner des exemples d'organes constitués de ceux-ci.
- 23- Quels sont les différents principaux types des cellules constituant le tissu nerveux.
- 24- Quels sont les différentes synapses que vous connaissez ? Donner leurs rôles essentiels.

Références bibliographiques

- 1- Biology Dictionary. (2017). [en ligne], <https://biologydictionary.net/meiosis/>. Dernier accès le : 20/04/2019.
- 2- Bresnick, S.D. (2004). Biologie en bref, 1ère éd. Lippincott Williams & Wilkins, USA. Traduit de l'anglais par Delorme, P. De Boeck & Larcier, s.a., Bruxelles.
- 3- Campbell, N.A. & Reece, J.B. (2004). Biologie, 2ème éd, Benjamin Cummings, San Francisco. Traduit de l'anglais par Richard Mathieu. Éditions du Renouveau Pédagogique Inc, Québec.
- 4- Elias H., Pauly J.E. & Burns E.R., 1984. Histologie et micro-anatomie du corps humain. PICCIN. 608p.
- 5- Lacombe, M. (2000). Précis d'anatomie et de physiologie humaines. Éditions Lamarre, Paris.
- 6- Marieb, E.N. (2008). Biologie humaine : Principes d'anatomie et de physiologie, 8th ed. Benjamin Cummings, San Francisco. Traduit de l'anglais par René Lachaine, Nouveaux Horizons, Paris.
- 7- McGeown, J.H. (2003). Physiologie : L'essentiel. Churchill Livingstone (Elsevier Health Sciences). Traduit de l'anglais par Pradel, J.L. Éditions Maloine, Paris.
- 8- McMillan, B. & Starr, C. (2010). Human biology, 8ème éd. Yolanda Cossio, USA. 59
- 9- Peycru, P. Baehr, J-C. Cariou, F. Grandperrin, D. Perrier, C. Fogelgesang, J-F. Dupin, J-M. (2010). BIOLOGIE TOUT-EN-UN •2e année BCPST, 2ème éd. DUNOD, Paris.
- 10- Richard, D. (2010). Biologie : tout le cours en fiches. DUNOD, Paris.
- 11- Schäffler, A. & Schmidt, S. (1995). Biologie, Anatomie, Physiologie. Jungjohann Verlag, Neckarsulm.
- 12- Starr, C. Evers, C.A. & Starr, L. (2010). Biology: Today and Tomorrow with Physiology. Brooks/Cole, USA.