

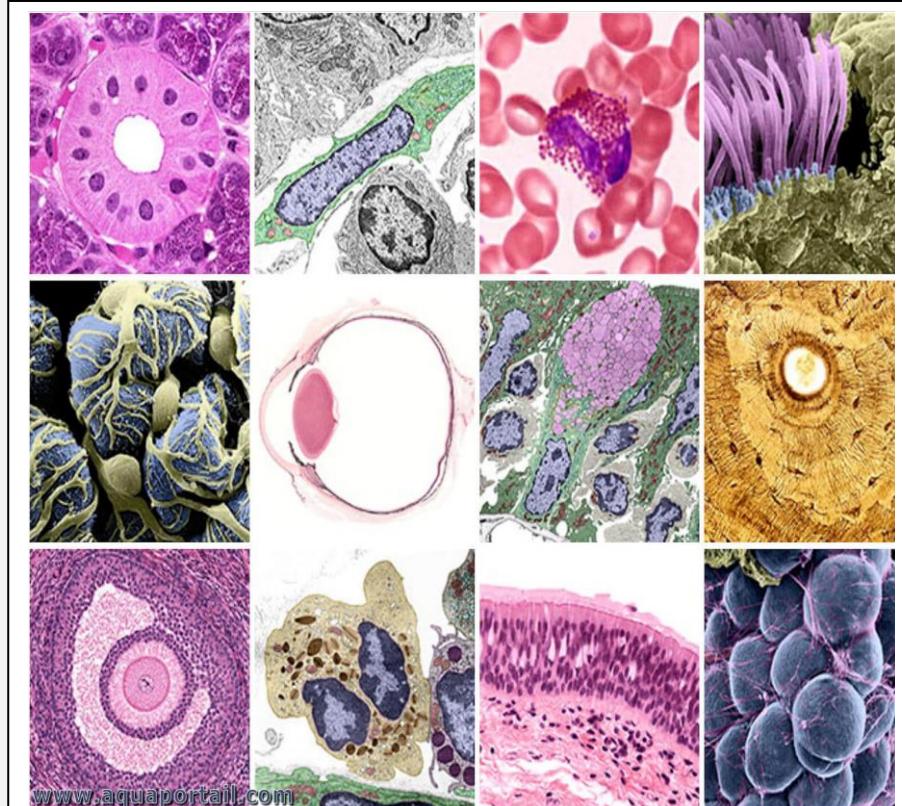
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Constantine 3
Faculté de Médecine
Département de Pharmacie

Support pédagogique
Destiné aux Etudiants de Première Année
de Pharmacie

Elaboré par
Abla HECINI- HANNACHI

HISTOLOGIE GENERALE



Année 2023-2024

SOMMAIRE	PAGE
PREFACE.....	1
INTRODUCTION.....	2
I. LES TISSUS EPITHELIAUX.....	4
1.1. LES EPITHELIUMS DE REVETEMENT.....	5
1.1.1. Origine embryonnaire.....	5
1.1.2. Classification.....	5
1.1.2.1. Nombre de couches cellulaires.....	5
1.1.2.2. Forme des cellules.....	7
1.1.2.3. Spécialisation du pôle apical.....	7
1.1.3. Les différents types d'épithélium.....	9
1.1.3.1. Épithélium uni stratifié.....	9
1.1.3.2. Epithéliums stratifiés.....	11
1.1.3.3. Epithéliums pseudo-stratifiés.....	14
1.1.4. Fonction et propriétés des épithéliums.....	14
1.2. LES EPITHELIUMS GLANDULAIRES.....	16
1.2.1. Origine embryonnaire.....	17
1.2.2. Fonctions de sécrétion.....	17
1.2.3. LES GLANDES EXOCRINES.....	18
1.2.3.1. Classification.....	18
1.2.3.1.1. En fonction de la nature des sécrétions.....	18
1.2.3.1.2. En fonction de la forme de la portion excrétrice.....	20
1.2.3.1.3. En fonction du mode de sécrétion.....	22
1.2.3.1.4. Selon l'organisation de la partie sécrétrice.....	23
1.2.4. LES GLANDES ENDOCRINES.....	25
1.2.4.1. Classification morphologique.....	25
1.2.4.1.1. Glandes en cordons.....	25
1.2.4.1.2. Glandes folliculeuses.....	25
1.2.4.1.3. Glandes en amas	26
1.2.5. LES GLANDES AMPHICRINES.....	26
1.2.5.1. Les glandes amphicrines homotypiques.....	26
1.2.5.2. Les glandes amphicrines hétérotypiques.....	27
II. LES TISSUS CONJONCTIFS.....	28
2.1. Origine embryonnaire.....	28
2.2.TISSU CONJONCTIF NON SPECIALISE.....	29
2.2.1. Structure.....	29
2.2.1.1. Les cellules.....	29
2.2.1.2. Les fibres.....	33
2.2.1.3. La substance fondamentale.....	36
2.2.2. Variétés des tissus conjonctifs.....	37
2.2.2.1. Tissu conjonctif lâche (sans prédominance)	37
2.2.2.2. Tissu conjonctif dense	38
2.2.2.3. Tissu conjonctif élastique.....	39
2.2.2.4. Tissu conjonctif réticulaire.....	39
2.2.2.5. Tissu conjonctif muqueux.....	39
2.2.2.6. Tissu conjonctif adipeux	39
2.2.3. Fonctions des tissus conjonctifs.....	39
2.3. LE TISSU CARTILAGINEUX.....	41
2.3.1. Structure	41
2.3.1.1. Les cellules (chondrocytes)	41

2.3.1.2. La substance fondamentale.....	42
2.3.1.3. Les fibres.....	42
2.3.1.4. Le péricondre.....	42
2.3.2. Variétés des tissus cartilagineux.....	43
2.3.2.1. Le cartilage hyalin	43
2.3.2.2. Le cartilage élastique.....	44
2.3.2.3. Le fibrocartilage.....	44
2.3.3. Croissance du cartilage	45
2.3.3.1. La croissance appositionnelle	45
2.3.3.2. La croissance interstitielle.....	45
2.3.4. Nutrition du cartilage.....	46
2.4. LE TISSU OSSEUX.....	47
2.4.1. Structure.....	47
2.4.1.1. Les cellules.....	47
2.4.1.2. La matrice extracellulaire.....	49
2.4.2. Variétés des tissus osseux.....	50
2.4.2.1. Tissu osseux non lamellaire.....	50
2.4.2.2. Tissu osseux lamellaire.....	51
2.4.3. Tissu conjonctif associé au tissu osseux.....	53
2.4.3.1. Le périoste.....	53
2.4.3.2. L'endoste.....	53
2.4.4. Différents types d'os.....	54
2.4.4.1. Os longs.....	54
2.4.4.2. Os courts	54
2.4.4.3. Os plats.....	54
2.5. LE TISSU SANGUIN.....	56
2.5.1. Structure.....	57
2.5.1.1. Le plasma.....	57
2.5.1.2. Les éléments figurés.....	58
2.5.1.2.1. Les globules rouges (hématies ou érythrocytes).....	58
2.5.1.2.2. Les globules blancs (ou leucocytes).....	60
2.5.1.2.3. Les thrombocytes.....	65
2.5.2. L'hématopoïèse.....	66
2.5.2.1. Lignée myéloïde.....	66
2.5.2.2. Lignée lymphoïde.....	68
III. LE TISSU MUSCULAIRE.....	69
3.1. Origine embryonnaire	70
3.2. Types de tissu musculaire.....	70
3.2.1. Le tissu musculaire squelettique.....	70
3.2.1.1. Structure.....	70
3.2.1.1.1. Fibres musculaires squelettiques.....	70
3.2.1.1.2. Charpente conjonctive.....	75
3.2.1.1.3. Cellules satellites.....	76
3.2.1.2. Vascularisation et innervation.....	76
3.2.1.3. Contraction.....	76
3.2.2. Le tissu musculaire cardiaque.....	79
3.2.2.1. Structure.....	79
3.2.2.1.1. Les fibres musculaires cardiaques.....	79
3.2.2.1.2. Les cellules du tissu nodal.....	81
3.2.2.2. Vascularisation et innervation.....	82

3.2.2.3. Contraction.....	82
3.2.3. Le tissu musculaire lisse.....	82
3.2.3.1. Structure.....	82
3.2.3.1.1. Les fibres musculaires lisses.....	82
3.2.3.2. Organisation.....	84
3.2.3.3. Vascularisation et innervation.....	85
3.2.3.4. Contraction.....	85
IV. LE TISSU NERVEUX.....	87
4.1. Origine embryonnaire.....	88
4.2. Structure du neurone.....	88
4.2.1. Le corps cellulaire (péricaryon).....	89
4.2.2. L'axone.....	89
4.2.3. Les dendrites.....	89
4.2.4. Les synapses.....	89
4.3. Classification.....	92
4.3.1. Classification morphologique.....	93
4.3.1.1. Forme du corps cellulaire.....	93
4.3.1.2. Nombre de prolongements cellulaires.....	93
4.3.2. Classification fonctionnelle.....	93
4.4. Les cellules gliales.....	95
4.4.1. Les oligodendrocytes.....	95
4.4.2. Les astrocytes.....	95
4.4.3. Les cellules microgliales.....	95
4.5. Les nerfs.....	96
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	101

PREFACE

Bichat considérait que les tissus étaient les constituants élémentaires de l'organisme, avec la théorie cellulaire, la cellule est devenu l'unité élémentaire de la vie et le tissu est devenu le premier niveau d'organisation supracellulaire.

L'histologie a pour but d'explorer la structure. Elle demeure une science vivante et utile pour tout étudiant en médecine, en chirurgie dentaire, en pharmacie et en biologie. En effet, la connaissance des tissus normaux, sur le plan structural, permet d'assurer le lien entre structure et fonction.

Ce polycopié de cours traite les différents tissus de l'organisme. Il contient de nombreuses illustrations sous forme de schémas et plus rarement de coupes histologiques. Il est conforme au programme du premier cycle des études médicales.

INTRODUCTION

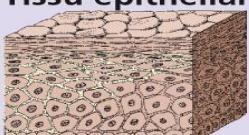
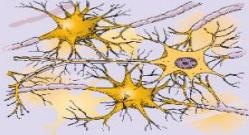
L'histologie générale est l'étude de l'association des cellules pour former des tissus. Chaque chapitre de l'histologie générale étudie donc un type différent de tissu qui se définit par la structure et l'agencement de ses cellules et la présence ou non de matériel extracellulaire. Un tissu est un ensemble de cellules différenciées et d'éléments intercellulaires qui ont la même structure générale et la même fonction.

L'on classe les tissus suivant la morphologie en 4 grandes familles:

- **Les tissus épithéliaux**, constitués exclusivement de cellules. Ces tissus ont des fonctions diverses (protection, absorption, sécrétion,...) : épithéliums de revêtement et glandulaire.
- **Les tissus conjonctifs**, constitués par des cellules, une matrice extracellulaire et des fibres. Ces tissus jouent un rôle de “remplissage” : tissu conjonctif, tissu cartilagineux, tissu osseux et tissu sanguin.
- **Les tissus musculaires**, constitués par des cellules mais aussi des éléments intercellulaires. Ces tissus interviennent dans les phénomènes de contraction.
- **Les tissus nerveux**, contenant des cellules et des éléments de soutien. Ces tissus participent à la transmission d'informations à partir de centres nerveux.

Tableau 1. Présentation des tissus fondamentaux

Tableau 4.1 Présentation générale des quatre tissus fondamentaux, fonctions et exemples de localisation au sein de l'organisme.

Tissus fondamentaux	Fonction	Exemple dans l'organisme
Tissu épithéial 	Protège la surface de l'organisme Tapisse les cavités corporelles Transport, réabsorption, sécrétion, excrétion de substances	Épiderme Muqueuses Glandes
Tissu conjonctif et de soutien 	Mise en contact des structures de l'organisme, statique de l'organisme, stockage de substances, processus de transport	Cartilages, os, ligaments, tendons Tissu adipeux Sang
Tissu musculaire 	Mouvements du corps et des organes Thermogenèse	Muscles squelettiques, Cœur Parois vasculaires, Organes creux
Tissu nerveux 	Recueil, traitement, stockage et envoi des informations Commandes des fonctions de l'organisme	Cerveau, moelle spinale (MS), nerfs périphériques, organes des sens

I. LES TISSUS EPITHELIAUX

Un épithélium est un tissu à prédominance cellulaire formé de cellules jointives, juxtaposées, solidaires les unes des autres par des systèmes de jonction et séparées du tissu conjonctif sous jacent par une lame basale. Les systèmes de jonction permettent notamment la cohésion des cellules entre elles ainsi que la cohésion des cellules avec les constituants du tissu conjonctif sous jacent.

Les épithéliums ont deux types de fonctions principales :

- **Les épithéliums de revêtement** : ils forment le revêtement des cavités de l'organisme ainsi que la surface du corps.
- **Les épithéliums glandulaires** : ils constituent des éléments glandulaires qui peuvent être soit regroupés en organes, soit associés à un épithélium de revêtement, soit des éléments unicellulaires dans un épithélium de revêtement ou encore des éléments pluricellulaires dans un épithélium de revêtement.

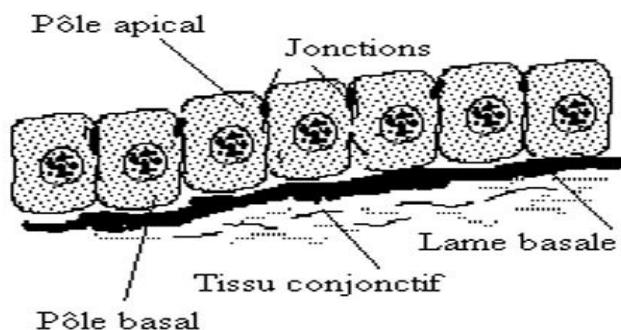


Figure 1. Structure schématique d'un Epithélium

1.1. LES EPITHELIUMS DE REVETEMENT

Les épithéliums de revêtement tapissent la surface du corps et bordent les cavités et conduits internes ainsi que les organes creux.

L'organisme est entièrement recouvert par la peau. Cet épithélium de revêtement est l'épiderme.

Les cavités "ouvertes" (prolongements de l'extérieur) telles que voies aériennes, tube digestif, voies urinaires et voies génitales sont tapissées par un épithélium.

Les cavités "fermées" telles que cavités cardiaques et vasculaires (vaisseaux sanguins et lymphatiques) sont tapissées par un endothélium.

Les cavités telles que cavités pleurale, péritonéale et péricardique sont tapissées par un mésothélium.

1.1.1. Origine embryonnaire

Les épithéliums de revêtement dérivent de trois feuillets embryonnaires. Parmi eux on peut citer :

- l'ectoblaste qui se différencie en épiderme....etc.
- l'entoblaste qui donnera l'épithélium des appareils respiratoire, digestifetc .
- le mésoblaste donnera d'une part les endothéliums qui tapissent la paroi interne des vaisseaux sanguins et des cavités cardiaques et d'autres parts les mésothéliums au niveau du péricarde, des plèvres et du péritoine.

1.1.2. Classification

Trois critères sont utilisés pour classer les différents épithéliums de revêtement :

1.1.2.1. Nombre de couches cellulaires

Epithéliums simples : ils sont constitués d'une seule couche de cellules. Le pôle apical de

chaque cellule est en contact avec la lumière de la cavité et le pôle basal repose sur la lame basale.

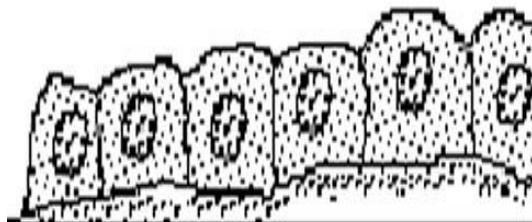


Figure 2 : Aspect d'un Epithélium de revêtement simple

- **Epithéliums pseudostratifiés** : Toutes les cellules sont au même niveau, puisqu'elles sont toutes en contact avec la membrane basale. Par contre, le pôle apical n'atteint pas toujours la surface de l'épithélium.

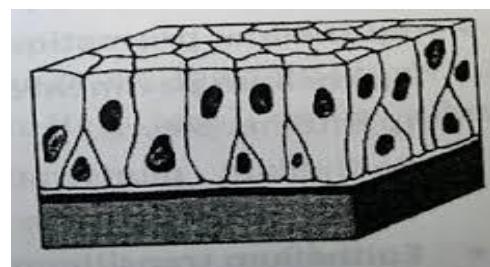


Figure 3 : Structure d'un Epithélium de revêtement pseudostratifié

- **Epithéliums stratifiés** : ils comportent plusieurs assises cellulaires superposées. Une seule couche repose sur la lame basale. La forme des cellules de l'épithélium, est attribuée à la couche la plus superficielle car c'est la plus mature.

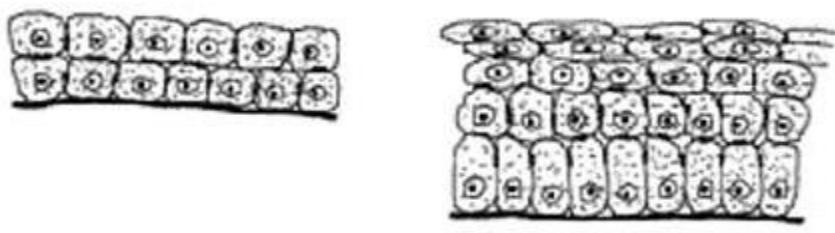


Figure 3 : Aspect d'un Epithélium de revêtement stratifié

1.1.2.2. Forme des cellules

Il existe trois types cellulaires :

- **Les cellules pavimenteuses:** ce sont des cellules très minces, très plates.
- **Les cellules cubiques:** ces cellules sont aussi hautes que larges.
- **Les cellules prismatiques:** les cellules sont plus hautes que larges.

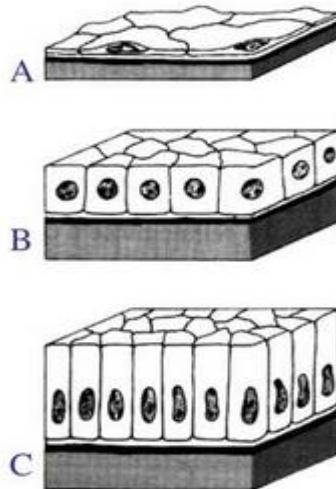


Figure 5. Forme de cellules : A : pavimenteuses ; B : cubiques ;
C : prismatiques

1.1.2.3. Spécialisation du pôle apical

Présence éventuelle de différenciation dans ces cellules surtout au pôle apical comme les microvillosités, les cils, les stéréocils, le plateau strié, la bordure en brosse, la cuticule et les cellules kératinisées.

- **Les microvillosités** sont de fins prolongements cellulaires de forme cylindrique d'environ 1 à 2 micromètres de longueur, localisées sur des cellules épithéliales et servant à absorber des substances. On en distingue deux types :

- **microvillosités organisées en plateau strié** : les microvillosités sont parallèles entre elles, régulières en largeur (0,1 µm) et longueur (1 µm), et dont les sommets sont recouverts par le Cell-Coat.
- **microvillosités organisées en bordure en brosse** : leur organisation n'est pas régulière : les microvillosités sont larges d'environ 0,1 µm et d'une longueur variant de 1 à 2 µm, plus longues que celles des plateaux striés.
 - **Les cils vibratiles** sont des extensions cytoplasmiques plus courtes que les flagelles.
 - **Les stéréocils** sont des expansions cytoplasmiques ramifiées longues (> 2 µm), fines (0,02 µm) et immobiles (contrairement aux cils vibratiles), semblables à des microvillosités très longues qui s'agglutinent en pinceaux.
 - Chez l'être humain, certaines cellules se trouvant dans la couche profonde de l'épiderme produisent la kératine.

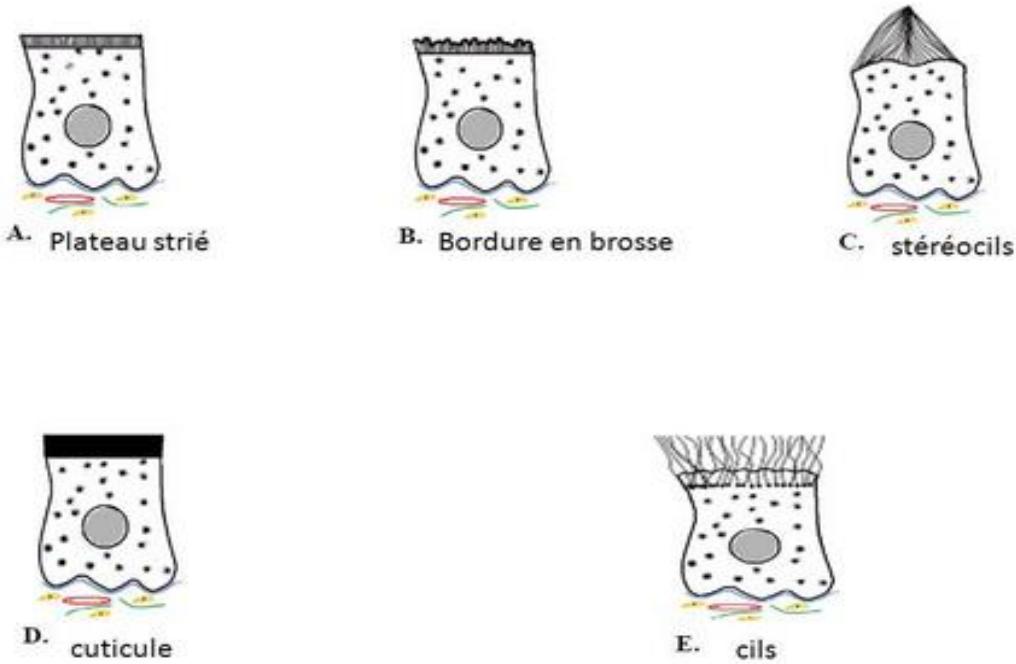
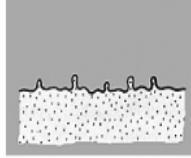
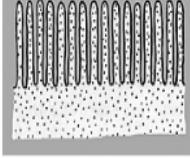
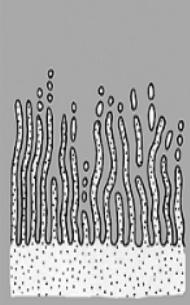
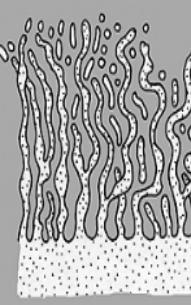


Figure 6. Spécialisations apicales

Tableau 2. Exemples des spécialisations des membranes

microvillosités simples	plateau strié	bordure en brosse	stéréocils
irrégulières, courtes, invisibles en MO	régulières en largeur et longueur $l = 0,1 \mu; L = 1\mu$	espacement régulier, longueur variable $l = 0,1 \mu; L = 1 à 2 \mu$	\emptyset corpuscules basaux, \emptyset ligne L jusqu'à 80μ
			
ubiquitaires	uniquement dans les entérocytes	uniquement dans le Tube Contourné Proximal du rein	ex. : epididyme

1.1.3. Les différents types d'épithélium

1.1.3.1. Épithélium uni stratifié

➤ **Épithélium Pavimenteux uni stratifié**

L'épithélium pavimenteux simple est composée de cellules aplatis, de forme irrégulière, formant une surface continue qui est parfois appelé épithélium squameux. L'épithélium pavimenteux simple couvre les surfaces assurant le transport passif (diffusion) soit de gaz (comme dans les poumons) ou des liquides (comme dans les parois des capillaires sanguins). Les épithéliums pavimenteux simples forment également le revêtement délicat des cavités pleurale, péricardique et péritonéale .

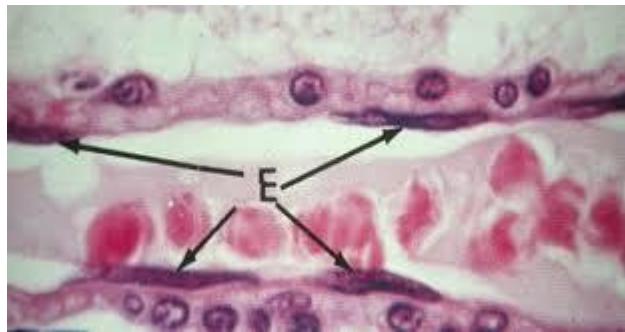


Figure 7. Endothélium des vaisseaux (microscopie photonique G×40)

➤ Épithélium cubique uni stratifié

L'épithélium cubique simple représente une forme intermédiaire entre l'épithélium pavimenteux simple et cylindrique simple. Dans la coupe perpendiculaire à la membrane basale , les cellules épithéliales paraissent carrées d'où sa description traditionnelle d'épithélium cuboïde; Le noyau est généralement rond et située au centre de la cellule.

L'épithélium simple cuboïde tapisse généralement les petits canaux et les tubules qui peuvent avoir des fonctions d'excrétion, sécrétoires ou d'absorption, par exemples les tubes collecteurs du rein, les petits canaux excréteurs des glandes salivaires et du pancréas.

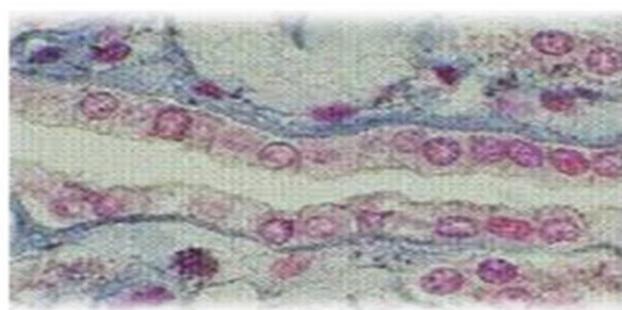


Figure 8. Epithélium ovarien (microscopie photonique G×40)

➤ Épithélium prismatique uni stratifié

L'épithélium cylindrique simple est semblable à l'épithélium cubique simple, sauf que les cellules sont plus hautes et apparaissent cylindriques sur les sections perpendiculaires à la membrane basale. Les noyaux sont de forme allongée et peuvent être située en bas, au

centre ou à l'occasion au sommet du cytoplasme. L'épithélium cylindrique simple tapisse le plus souvent les surfaces absorbantes telles que l'épithélium de l'intestin grêle et celui de l'estomac.

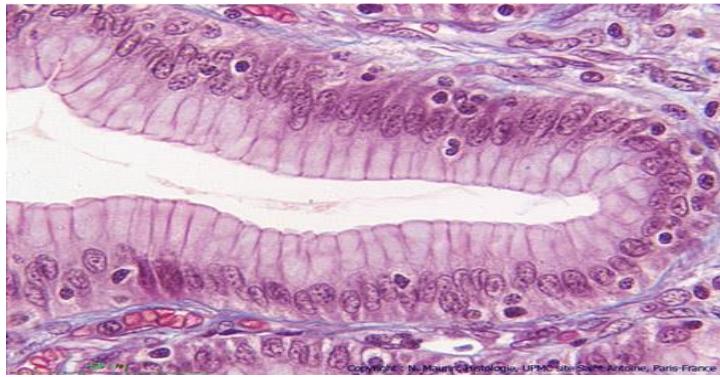


Figure 9. Epithélium gastrique (microscopie photonique G×40)

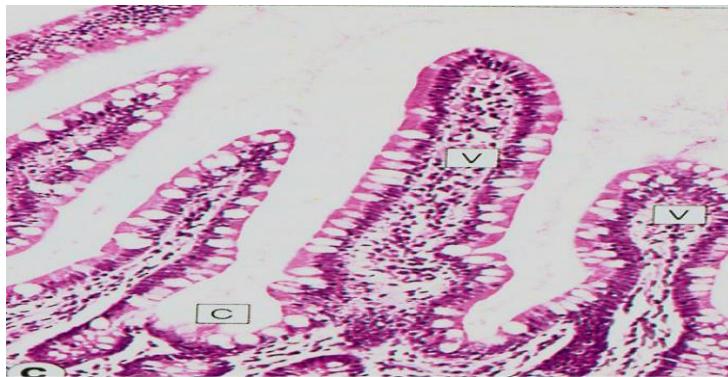


Figure 10. Épithélium de revêtement de l'intestin (microscopie photonique G×40)

1.1.3.2. Epithéliums stratifiés

La classification des épithéliums stratifiés est basée sur la forme et la structure des cellules à la surface, car les cellules de la couche basale sont généralement de forme cubique.

➤ Epithélium pavimenteux stratifié non kératinisé

Constitué d'une couche basale cuboïde et la maturation en grandes cellules polygonales dans les couches intermédiaires, aux cellules malpighiennes superficielles aplatis. Ce type d'épithélium borde la cavité buccale, le pharynx, l'œsophage, le canal anal, le col utérin et le vagin.



Figure 11. Epithélium œsophagien (microscopie photonique G \times 40)

➤ **Epithélium pavimenteux stratifié kératinisé**

Plusieurs couches constituent l'épiderme. La couche la plus profonde est la couche basale ou stratum germinativum. Au dessus de la couche basale se trouvent des cellules losangiques qui forment la couche épineuse ou stratum spinosum. Ces cellules sont liées les unes aux autres par des desmosomes. La couche située au-dessus du corps muqueux de Malpighi est la couche granuleuse ou stratum granulosum caractérisée par le fait que les cellules constituant cette couche se chargent de kératohyaline sous forme de granules. La couche au dessus est la couche claire ou stratum lucidum. Il s'agit d'une couche transparente où les cellules aplatisées présentent un noyau pycnotique. La dernière couche est la couche cornée ou stratum corneum. Les cellules sont anucléées très allongées et remplies de kératine.

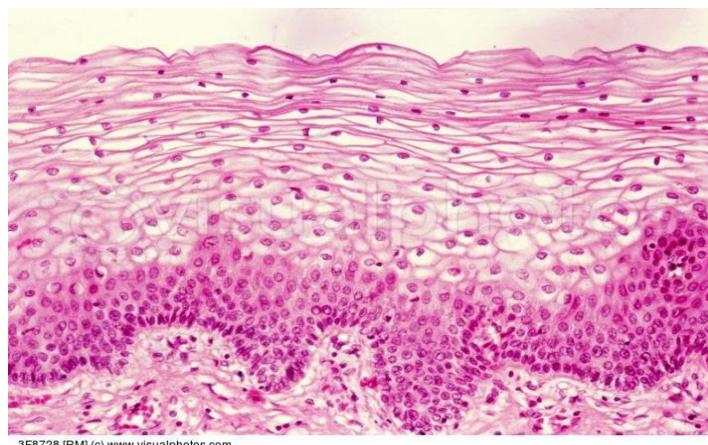


Figure 12. Epithélium de la peau microscopie photonique G \times 40)

➤ Epithélium cubique stratifié

L'épithélium cubique stratifié est un mince épithélium stratifié qui se compose généralement de deux ou trois couches de cellules cubiques. Ce type d'épithélium est habituellement rencontré les canaux excréteurs des glandes exocrines tels que les glandes salivaires et sudoripares.

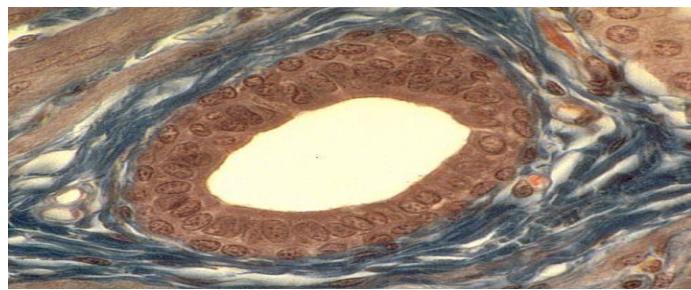


Figure 13. Epithélium des canaux excréteurs des glandes sudoripares
(microscopie photonique G×40)

➤ Epithélium prismatique pluristratifié

Cet épithélium limite la lumière de canaux excréteurs lorsque ceux-ci ont un diamètre relativement important. Il est formé d'une ou de deux couches profondes de cellules cubiques et d'une couche superficielle de cellules cylindriques. La lumière du canal peut contenir des filaments de mucus ou d'autres produits de sécrétion.

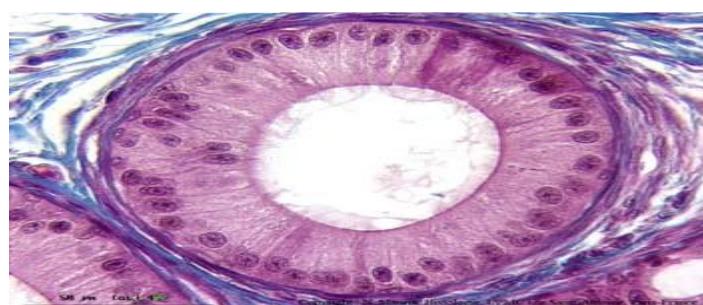


Figure 14. Epithélium du nasopharynx (microscopie photonique G×40)

1.1.3.3. Epithéliums pseudo-stratifiés

➤ Epithéliums pseudo-stratifiés prismatiques

Dans ce cas toutes les cellules sont en contact avec la lame basale mais certaines n'atteignent pas le pôle apical. Les cellules varient de longueur. Notons que les noyaux des cellules, sont situés à différents niveaux. Ce type a d'abord été confondu avec l'épithélium cylindrique stratifié, mais il s'agit d'une fausse impression de stratification. Ce sont des épithéliums de revêtement localisés au niveau des épithéliums de revêtement respiratoires, canal épididymaire.



Figure 15. Epithélium respiratoire (microscopie photonique G×40)

1.1.3.4. Fonction et propriétés des épithéliums

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

➤ **Fonction de protection** : les épithéliums de revêtement 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) ainsi qu'une protection chimique par exemple contre les enzymes, les substances toxiques et l'HCl (épithélium gastrique).

- **Fonction d'échange** : les épithéliums jouent un rôle majeur dans les échanges entre le milieu extérieur et le milieu intérieur comme les échanges entre l'air et le sang ou entre les urines et le sang (tube contourné proximal du rein)
- **Fonction de transport** et de mouvement : cette fonction est effectuée par certains épithéliums comme l'épithélium cilié du tractus respiratoire ou de la trompe utérine.
- **Fonction d'absorption** : comme les cellules épithéliales prismatiques du canal intestinal grâce aux microvillosités.
- **Fonction d'excrétion** comme les cellules des tubes contournés proximaux des reins ou cellules de l'estomac
- **Fonction de réception de messages sensoriels** : comme les cellules auditives et les cellules gustatives
- **Propriété d'innervation** : certaines cellules épithéliales sont entourées par des terminaisons nerveuses sensitives par exemple à la douleur comme l'épiderme.
- **Propriété de nutrition** : du fait que la majorité des épithéliums est avasculaire, sa nutrition est assurée par les capillaires sanguins du tissu conjonctif par diffusion à travers la membrane basale.
- **Propriété de renouvellement** : la durée de vie des cellules épithéliales est brève et varie d'un organe à l'autre. Il existe un renouvellement constant par activité mitotique intense des cellules souches.
- **Propriété de cicatrisation** : la cicatrisation est un processus qui s'effectue en plusieurs étapes. Lorsqu'une plaie cutanée n'est ni trop profonde, ni trop étendue, elle cicatrice rapidement en une semaine ou deux.

1.2. LES EPITHELIUMS GLANDULAIRES

Les épithéliums glandulaires sont des tissus composés de cellules élaborant des substances au profit de l'organisme. Ces cellules n'utilisent pas elles-mêmes ce produit de sécrétion mais le mettent à disposition d'autres éléments de l'organisme par excrétion.

Les tissus glandulaires peuvent être classés en trois groupes :

- **Les glandes exocrines** dont le produit de sécrétion est acheminé vers l'extérieur ou dans un organe creux par un ou des canaux excréteurs.
- **Les glandes endocrines** qui déversent leur produit de sécrétion (appelé hormone) dans le sang.
- **Les glandes amphicrines** sont à la fois exocrines et endocrines, qu'elles soient composées d'un seul type cellulaire exerçant les deux fonctions (comme la cellule hépatique dans le foie) ou qu'elles contiennent des cellules exocrines et des cellules endocrines (comme le pancréas, avec les acinus séreux exocrines et les cellules endocrines des îlots de Langerhans).

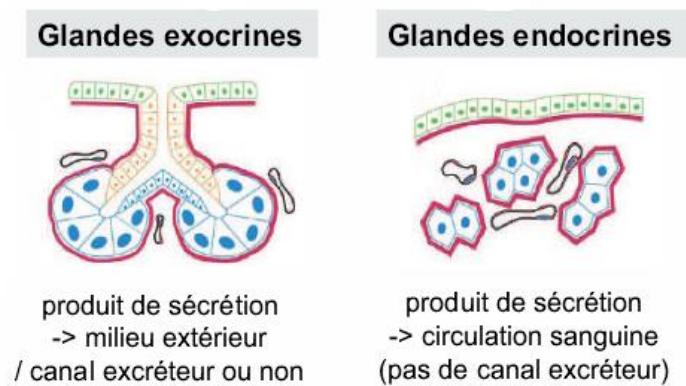


Figure 16. Les types de glandes

1.2.1. Origine embryonnaire

L'épithélium glandulaire dérive toujours d'un épithélium de revêtement. Il est d'abord un simple bourgeon qui s'enfonce dans les tissus sous-jacents. Ce bourgeon s'accroît progressivement et son évolution diffère selon le type de glande qu'il produira. Certains bourgeons (A) restent attachés à leur épithélium d'origine. Ils se creusent dans leur partie centrale de telle sorte que les produits synthétisés par leurs cellules sont déversés dans le milieu extérieur par l'intermédiaire d'un canal. De telles glandes sont dites exocrines. D'autres bourgeons (B), très tôt au cours de leur évolution, se dissocient de leur épithélium d'origine mais acquièrent des rapports très étroits avec les vaisseaux sanguins dans lesquels ils déverseront leur produit. De telles glandes sont dites endocrines.

1.2.2. Fonction de sécrétion

s'effectue en 4 phases:

- **Phase d'assimilation:** consiste en la captation de métabolites nécessaires à la synthèse du produit depuis les vaisseaux sanguins
 - **Phase de synthèse ou d'élaboration du produit:** C'est au niveau du RER que commence la synthèse qui se poursuit dans l'appareil de Golgi le plus souvent en position supra-nucléaire. Par la suite les substances formées sont accumulées au pôle apical de la cellule.
 - **Phase de stockage:** Le produit de sécrétion peut être stocké intracellulairement sous forme de grains de sécrétion.
 - **Phase d'excrétion:** la phase d'excrétion pendant laquelle le produit est expulsé de la cellule peut être réglée par effet nerveux ou hormonal.

1.2.3. LES GLANDES EXOCRINES

Les glandes exocrines sont composées d'une partie sécrétante (adénomère) et d'un canal permettant de draîner le produit de sécrétion (canal excréteur). Ces glandes sont localisées dans la peau et dans les muqueuses.

1.2.3.1. Classification

1.2.3.1.1. En fonction de la nature des sécrétions

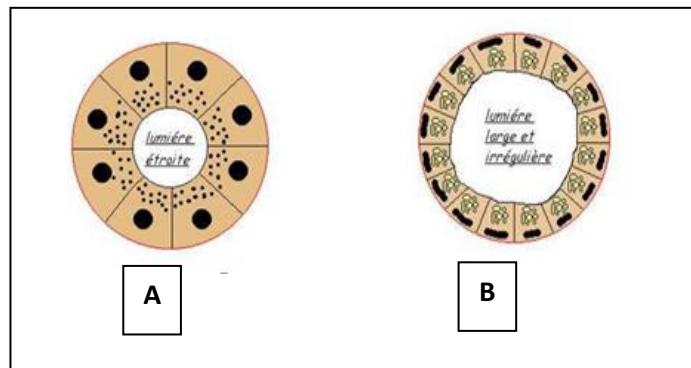
Les glandes exocrines produisent des substances de nature soit muqueuse (visqueux) soit séreuse (aqueux). Selon la nature des sécrétions trois types de glandes sont répertoriées:

➤ les glandes muqueuses

Les glandes muqueuses sont composée de cellules qui produisent du mucus, substance visqueuse riche en glucides (glycosaminoglycans) et en glycoprotéines dont la fonction est la protection de l'épithélium. Les cellules formant des acini ont une grande taille et limitent une lumière bien visible. Le noyau des cellules est allongé, aplati et situé au pôle basal. Des boules de mucigène occupent la partie supérieure du cytoplasme. On trouve les glandes exocrines muqueuses dans le système digestif, respiratoire et génital féminin.

➤ Les glandes séreuses

Les cellules des acini sont pyramidales et limitent une lumière à peine visible. Ces cellules produisent des enzymes. Le noyau des cellules est arrondi et parabasal. Le tiers basal de la cellule est basophile du au réticulum endoplasmique rugueux très développé. Au niveau du pôle apical, des grains de sécrétion (grains de zymogène) sont stockés. Les glandes séreuses sont particulièrement nombreuses dans le système digestif.



Figue 17. Coupes d'un acinus muqueux (A) et d'un acinus séreux (B)

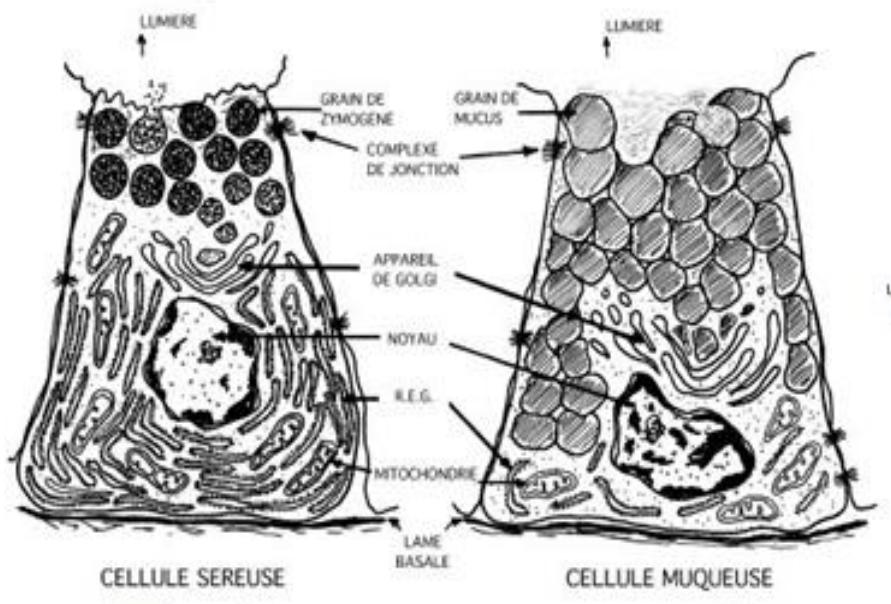


Figure 18. Différences entre une cellule muqueuse et une cellule séreuse

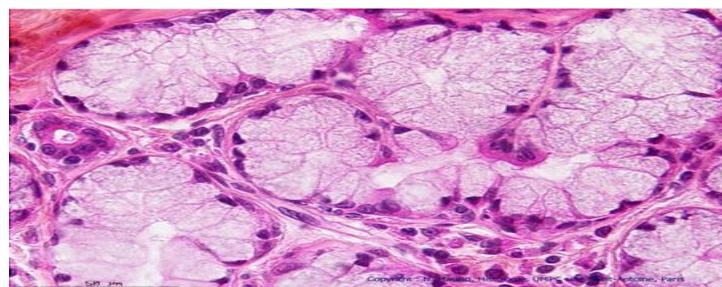
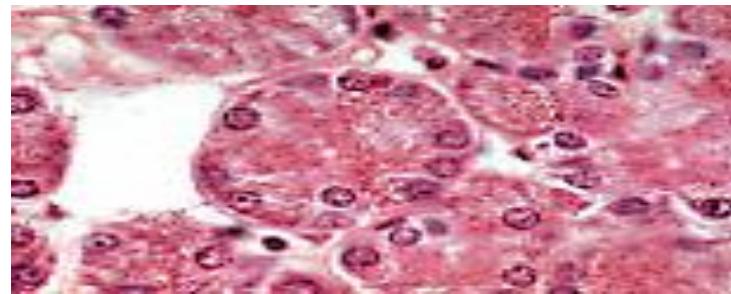


Figure 19. Acini muqueux (microscopie photonique G×40)



Figue 20. Acini séreux(microscopie photonique G×40)

➤ **Les glandes mixtes**

Certaines glandes contiennent les deux types d'acini . Ce sont donc des glandes séro-muqueuses ou muco-séreuses comme les glandes sous-maxillaires, les glandes sous-mandibulaires et les glandes sublinguales.

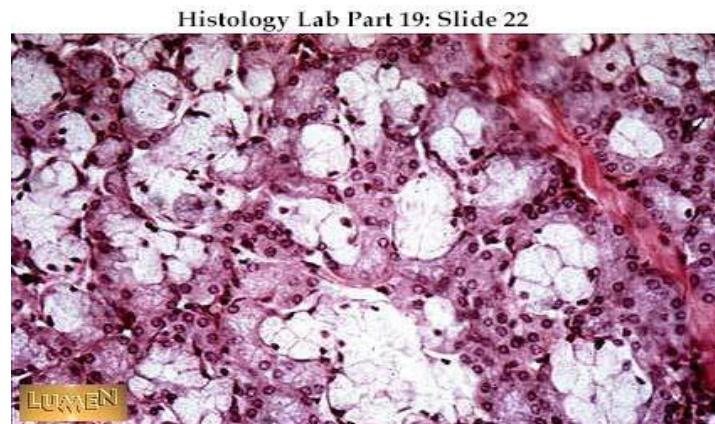


Figure 21. Glande mixte(microscopie photonique G×40)

1.2.3.1.2. En fonction de la forme de la portion excrétrice

- **Forme tubulaire** : les tubes sont des formations allongées avec une lumière bien dessinée. Ils sont entourés d'une lame basale et de cellules myo-épithéliales. Le noyau des cellules est situé dans la partie basale (ex : glande pylorique de l'estomac).
- **Forme acineuse** : les unités sécrétrices sont des dilatations en forme de sac avec une lumière centrale relativement réduite, c'est l'acinus. Les acini sont reliés à

l'épithélium de revêtement par un ou plusieurs canaux excréteurs (ex : glande sudoripare).

- **Forme alvéolaire** : les unités sécrétaires se caractérisent par l'élargissement de la lumière sécrétoire à certains endroits pour former de petites saccules, les alvéoles (ex : glande sébacée).

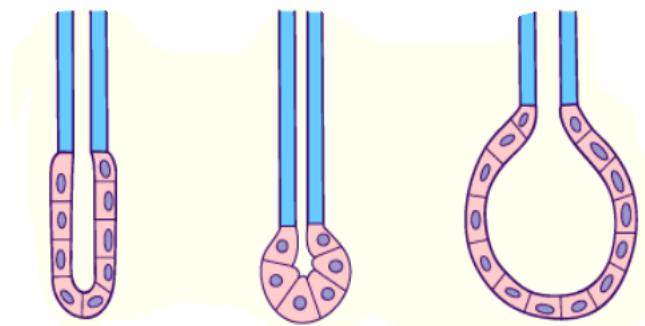


Figure 22. Forme de la portion excrétrice

En fonction de la forme du canal excréteur, on rencontre :

- Glande tubuleuse droite simple (ex : estomac).
- Glande tubuleuse droite ramifiée (ex : estomac).
- Glande tubuleuse contournée simple (ex : glande sudoripare).
- Glande tubuleuse contournée ramifiée (ex : parotide).
- Glande alvéolaire composée (ex : glande mammaire).
- Glande acineuse composée (ex : pancréas exocrine).

D'autres formes intermédiaires sont possibles comme la glande tubulo-acineuse composée (ex : glandes salivaires accessoires) et la glande tubulo-alvéolaire composée(ex : glande mammaire, prostate).

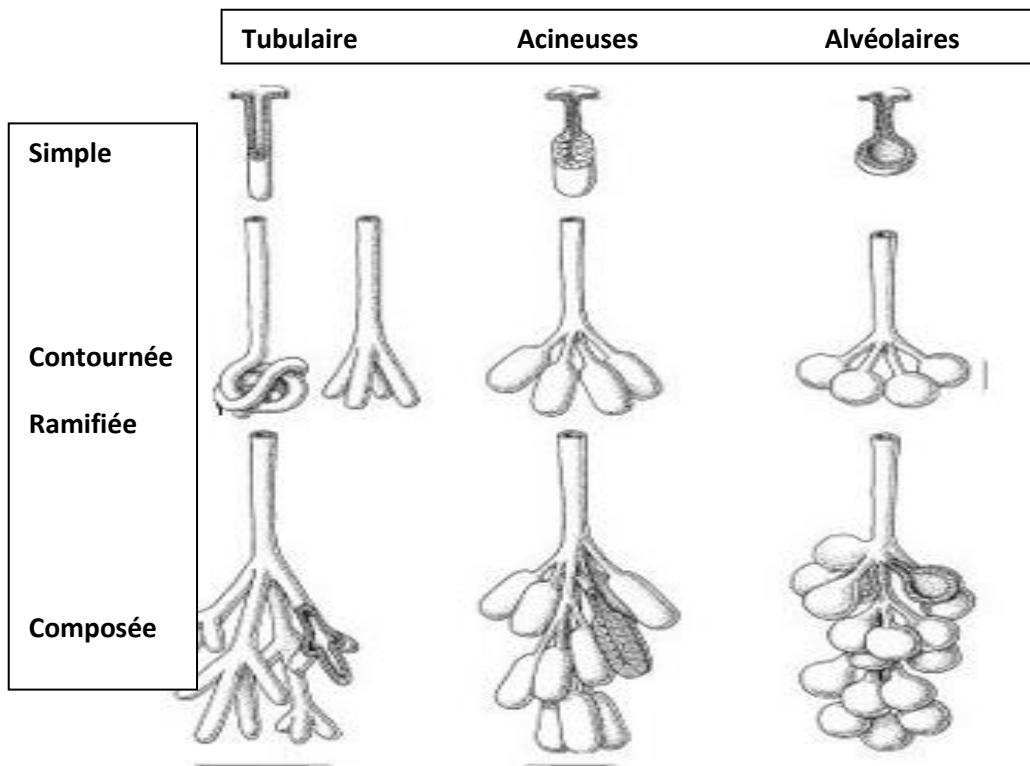


Figure 23. Forme du canal excréteur

1.2.3.1.3. En fonction du mode de sécrétion

On décrit 3 modes de sécrétion exocrine : la mérocrinie, l'apocrinie et l'holocrinie.

- **Excrétion mérocrine** : la majorité des glandes exocrines utilisent le mode d'excrétion mérocrine. Dans ce cas le produit de sécrétion est éliminé par diffusion et par exocytose tout en respectant l'intégrité de la cellule. C'est le cas des glandes salivaires, du pancréas exocrine (granules de zymogène) et de la glande mammaire pour la sécrétion de protéine (caséine).
- **Excrétion apocrine** : le produit de sécrétion peut être éliminé en même temps qu'une partie du cytoplasme apical qui se détache par décapitation cellulaire. La cellule glandulaire conserve cependant son noyau et ses organites. Elle peut ainsi reprendre un cycle sécrétoire. La cellule renouvelle par la suite ses organites perdus et restaure

sa continuité durant la phase de repos. Cette modalité de sécrétion est observée par exemple dans certaines glandes sudoripares et au niveau de la glande mammaire pour la sécretion de produit lipidique.

- **Excrétion holocrine** : la cellule ne parcourt qu'un seul cycle sécrétoire. Elle se charge d'une quantité considérable de produit de sécrétions et meurt. Le produit glandulaire sera constitué par l'ensemble de la cellule qui est entièrement excrétée par la glande. En d'autres termes la cellule en mourant devient elle-même le produit de sécrétion. C'est le cas de la glande sébacée. On peut citer aussi les tubes séminifères des testicules qui秘ètent et excrètent les spermatozoïdes.

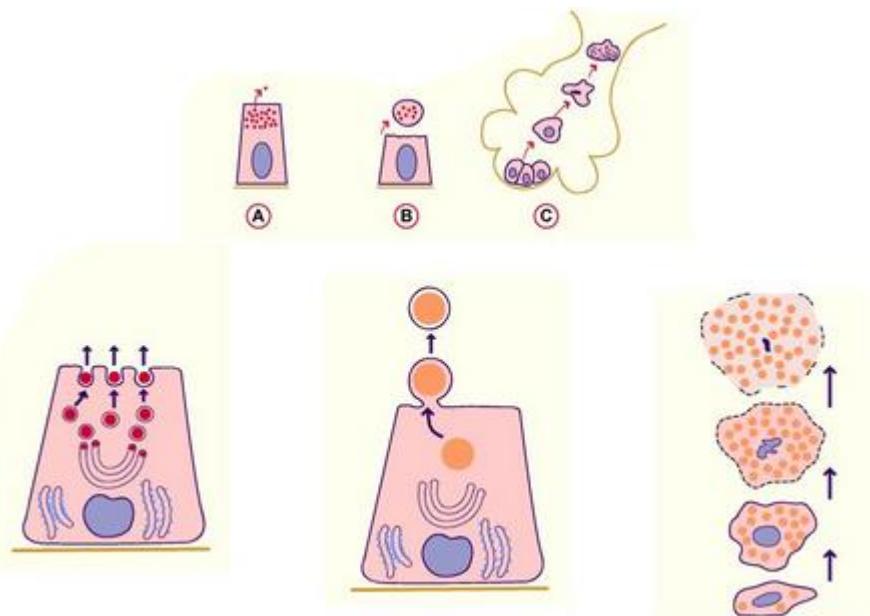


Figure 24. Diversités des modalités de sécrétion

A : mérocrinie ; B : apocrinie ; C : holocrine

1.2.3.1.4. Selon l'organisation de la partie sécrétrice

- **Glandes unicellulaires** : L'exemple le plus courant est la cellule caliciforme. C'est une cellule isolée de l'épithélium de l'intestin. Le noyau, aplati, ainsi

que les organites cellulaires sont refoulés à la base, le cytoplasme apical est occupé par de grandes vacuoles riches en grains de mucine.

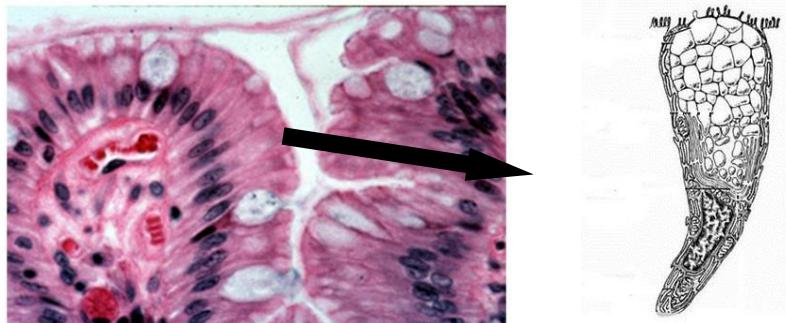


Figure 25. Epithélium intestinal avec cellules caliciformes

- **Glandes en feillet** : C'est un épithélium de revêtement cylindrique simple où toutes les cellules sécrètent du mucus. On le trouve dans l'estomac.



Figure 26. Epithélium gastrique(microscopie photonique G×40)

- **Glandes pluricellulaires** : La majorité des glandes exocrines sont multicellulaires. Il s'agit souvent de formations enfouies dans le tissu conjonctif qui constituent la majeure partie des glandes exocrines. Elles sont constituées d'un ou plusieurs canaux et de portions sécrétrices.

1.2.4. LES GLANDES ENDOCRINES

Elles sont formées de cellules qui déversent leur produit de sécrétion directement dans le sang. Ces produits agissent par voie sanguine sur des cellules cibles de l'organisme. Elles sont donc entourées d'un tissu conjonctif très vascularisé.

1.2.4.1. Classification morphologique

L'organisation cellulaire permet de distinguer :

1.2.4.1.1. Glandes en cordons

Les cellules sont organisées en cordons épais parfois anastomosés, séparés par des espaces conjonctivo vasculaires particulièrement riches en capillaires.

Exemple : Adénohypophyse, surrénale.

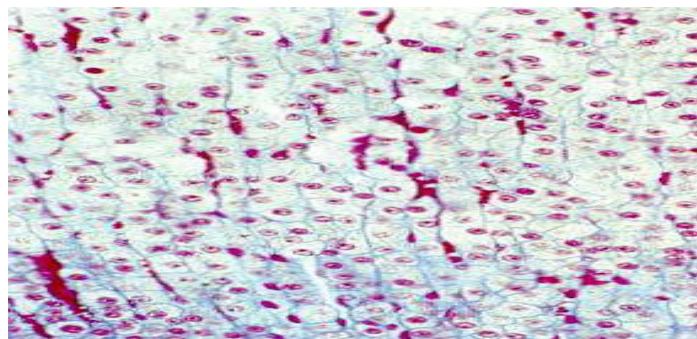


Figure 27. Glande surrénale(microscopie photonique G×40)

1.2.4.1.2. Glandes folliculeuses

Les cellules s'organisent en une couche cellulaire entourant le produit de sécrétion (colloïde) et l'ensemble prend l'aspect d'une sphère (follicule). Exemple : Thyroïde

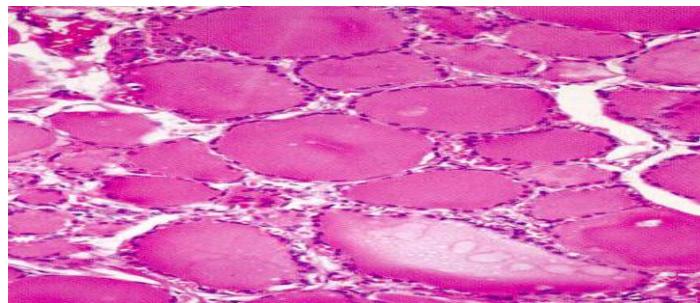


Figure 28. Glande thyroïde(microscopie photonique G×40)

1.2.4.1.3. Glande en amas

Les cellules se disposent en amas plus ou moins grand, dispersées entre d'autres formations non glandulaires. Exemple. : glandes interstitielles (cellules de Leydig) du testicule qui se disposent entre les tubes séminifères.

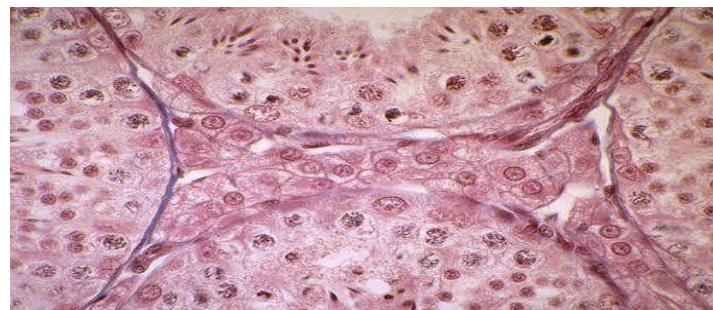


Figure 29. Cellules de Leydig(microscopie photonique G×40)

1.2.5. LES GLANDES AMPHICRINES

Ce sont des glandes à la fois exocrines et endocrines. On distingue :

1.2.5.1. Les glandes amphicrines homotypiques : qui comportent un seul type cellulaire qui assure les fonctions exocrine et endocrine.

Exemple : les hépatocytes au niveau du foie.

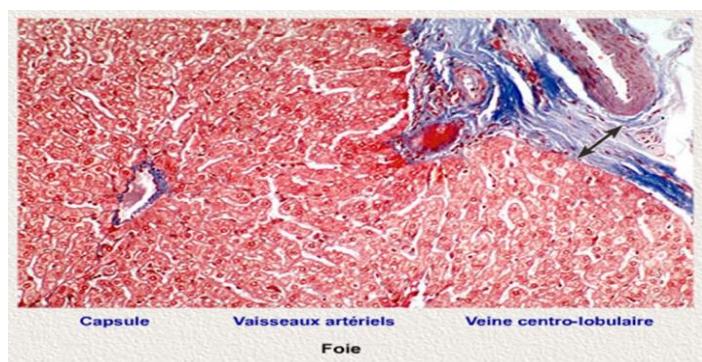


Figure 30. Cellules hépatiques(microscopie photonique G×40)

1.2.5.2. Les glandes amphicrines hétérotypiques : qui comportent deux parenchymes différents au sein de la même glande assurant deux fonctions différentes, exocrine ou endocrine

Exemple : le pancréas, responsable de la sécrétion du suc pancréatique (exocrine) et de la sécrétion de l'insuline et du glucagon (endocrine).

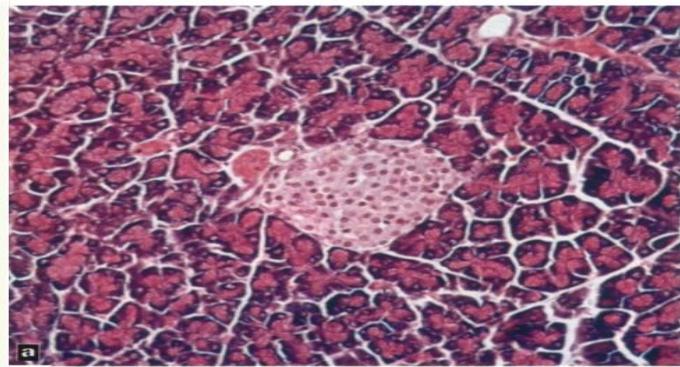


Figure 31. Cellules du pancréas(microscopie photonique G×40)

II. LES TISSUS CONJONCTIFS

Le tissu conjonctif est une trame tridimensionnelle qui supporte les épithéliums et les autres tissus. C'est le milieu intérieur du corps et en général n'a pas de forme propre. Le tissu conjonctif constitue le stroma de soutien des organes.

Si les autres tissus (épithelial, musculaire et nerveux) sont constitués essentiellement de cellules, le tissu conjonctif comporte outre les cellules, des fibres et de la substance fondamentale amorphe. Les cellules représentent la partie vivante, les fibres la partie structurée et la substance fondamentale amorphe (SFA) la partie non structurée de la matrice extracellulaire. Ces trois constituants existent en proportions variables dans les différents types de tissu conjonctif.

Les différents tissus conjonctifs présentent une même origine : ils sont tous issus du mésoblaste intra embryonnaire. Ils diffèrent par la variation des proportions des constituants (fibres, cellules, substance fondamentale) et l'arrangement des composants de la cellule, notamment l'arrangement des fibres.

Il existe différents tissus conjonctifs en plus du tissu conjonctif proprement dit : le tissu cartilagineux ; le tissu osseux et le tissu sanguin (liquide biologique).

2.1. Origine embryonnaire

Ils sont d'origine mésenchymateuse: Le mésenchyme est un tissu embryonnaire qui provient de la différenciation du mésoblaste. Il est formé par des cellules indifférenciées, étoilées ou fusiformes, reliées entre elles par leurs prolongements cytoplasmiques qui dessinent un réseau lâche dont les mailles renferment une substance fondamentale, fluide, de viscosité variable.

Ses cellules sont douées de potentialités multiples et sont à l'origine de :

- fibroblastes- macrophages- adipocytes
- cellules mésothéliales-cellules endothéliales
- chondroblastes-chondrocytes
- ostéoblastes-ostéocytes- ostéoclastes

Les cellules mésenchymateuses peuvent se transformer en cellules réticulaires

primitives et donner naissance aux cellules souches des lignées sanguines.

2.2. TISSU CONJONCTIF NON SPECIALISE

Le tissu conjonctif proprement dit est un tissu non spécialisé, présent dans tous l'organisme occupant les espaces libres entre les autres tissus. Il joue un rôle de remplissage ou de soutien, de nutrition et de protection. Il est formé de cellules séparées par la matrice extracellulaire constituée d'une substance fondamentale fluide et de fibres.

2.2.1. Structure

2.2.1.1. Les cellules

Ce sont des cellules dites fixes ou résidentes comme les fibroblastes et les adipocytes ainsi que des cellules mobiles dites libres comme les cellules du système immunitaire.

- **Les cellules fixes :** Ce sont les cellules autochtones.

➤ **Fibroblastes et fibrocytes:** Les fibroblastes possèdent de longs prolongements qui peuvent être en contact les uns aux autres à aspect fusiforme, étoilé. Le noyau du fibrocyte est central, ovalaire; Cellules à REG et appareil de Golgi très développés, sous jacentes à l'épithélium impliqué dans la synthèse des protéines. Ces cellules sont caractérisées par leur fonction élaboratrice des protéines et des polysaccharides constituants de la MEC et la membrane basale. Lorsque le fibroblaste vieillit, il est dit fibrocyte; cette cellule possède alors moins de prolongements et montre des organites moins développés que dans le fibroblaste en activité.



Figure 1. Fibroblastes et fibrocytes

➤ **Adipocyte** : On en distingue deux catégories :

- Adipocytes de la graisse blanche: ce sont des cellules volumineuses, jusqu'à 150 μ de diamètre, ovoïdes ou sphériques. Chaque adipocyte comporte une vacuole graisseuse occupant la majeure partie de son volume. Le noyau est déformé, aplati, rejeté vers la périphérie contre la membrane plasmique. Le cytoplasme est réduit à une mince enveloppe qui contient les organites classiques en quantités modérées.
- Adipocytes de la graisse brune: ce sont des cellules de petite taille, d'un diamètre de 20 μm , et remplies de petites vacuoles graisseuses de tailles variées, disséminées dans tout le cytoplasme(adipocyte multiloculaire), très riches en mitochondries, n'existent quasiment plus chez l'adulte et on ne les observe, dans l'espèce humaine, que pendant la période fœtale.

Ce sont des cellules spécialisées dans la mise en réserve des lipides.

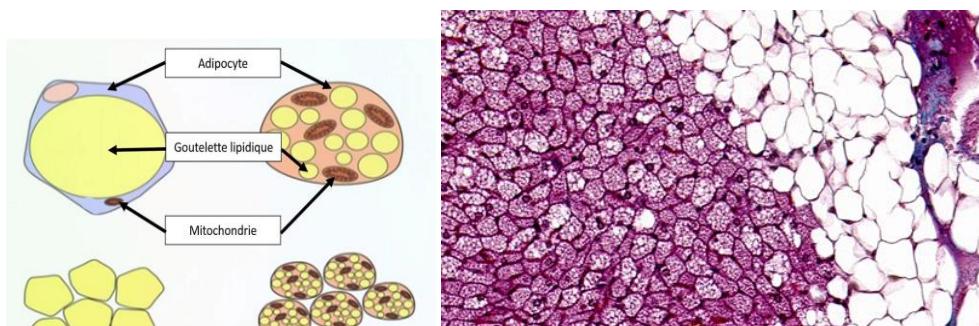


Figure 2. Adipocytes

- **Les cellules libres ou mobiles**

Ce sont des cellules de passage, la plupart proviennent du sang, les cellules présentent un aspect morphologique différent.

➤ **Macrophage**

Ce sont des cellules généralement d'assez grande taille qui ont un contour irrégulier avec des prolongements cytoplasmiques constituants des pseudopodes. 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. Ces cellules ont une origine sanguine et sont de grande taille (20 à 50 micromètres de diamètre), elles possèdent un système vacuolaire développé. Ces cellules possèdent de nombreux lysosomes. Elles circulent sous forme de monocyte dans le sang, sortent des vaisseaux sanguins, se transforment dans le tissu conjonctif en histiocyte : cellule mobile et capable de fusionner entre elles formant des cellules polynucléées (cette cellule peut revenir dans le sang). Lorsque la cellule commence la phagocytose, on parle de macrophage : cellule tissulaire qui ne peut pas revenir dans le sang. et interviennent dans la défense de l'organisme

Ils peuvent agir par:

- phagocytose
- sécrétion de substances toxiques
- déclenchement de réactions immunitaires.

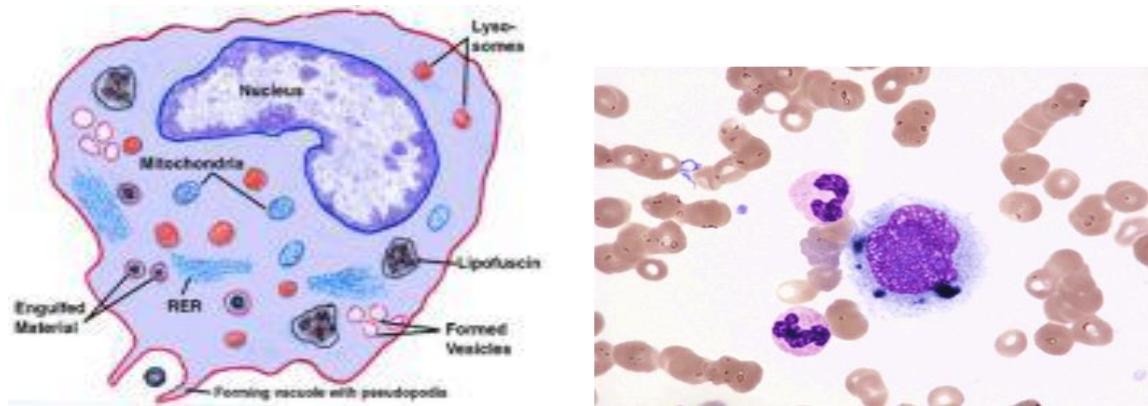


Figure 3. Macrophages

➤ Mastocyte

Le mastocyte est une cellule mononucléée de 20 à 30 µm de diamètre, de forme variable (ronde, ovalaire, polygonale ou fusiforme), avec un noyau rond et central, et un cytoplasme basophile ou incolore rempli de très nombreuses granulations. Le mastocyte est une cellule principalement localisée dans les tissus conjonctifs. La peau en est l'organe le plus riche, mais tous les autres organes en contiennent à des degrés variables.

Le mastocyte se caractérise par la présence dans son cytoplasme de très nombreuses granulations contenant des médiateurs chimiques comme la sérotonine, l'histamine et l'héparine. Lorsqu'il est en contact avec un allergène et qu'il présente à sa surface les IgE spécifiques de celui-ci ou en contact d'agents infectieux, il dégranule et libère ses médiateurs de façon très rapide, par un mécanisme d'exocytose. Il déclenche ainsi des réactions allergiques immédiates (choc anaphylactique).

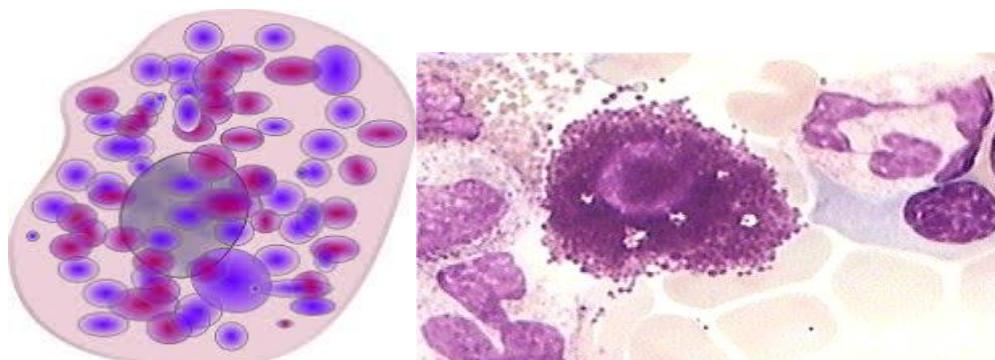


Figure 4. Mastocyte

➤ Plasmocyte

les plasmocytes correspondent au stade ultime de différenciation des lymphocytes B et sont les seules cellules du système immunitaire capables de sécréter des immunoglobulines. Il s'agit de cellules ovoïdes dont le noyau excentré présente une chromatine dite « en rayons de roue ». Les plasmocytes possèdent un volumineux appareil de Golgi et un réticulum endoplasmique granuleux abondant. Les plasmocytes sont des cellules non circulantes (c'est-à-dire non présentes dans le sang), présentes exclusivement au niveau des tissus conjonctifs lâches, des organes lymphoïdes et de la moelle osseuse.

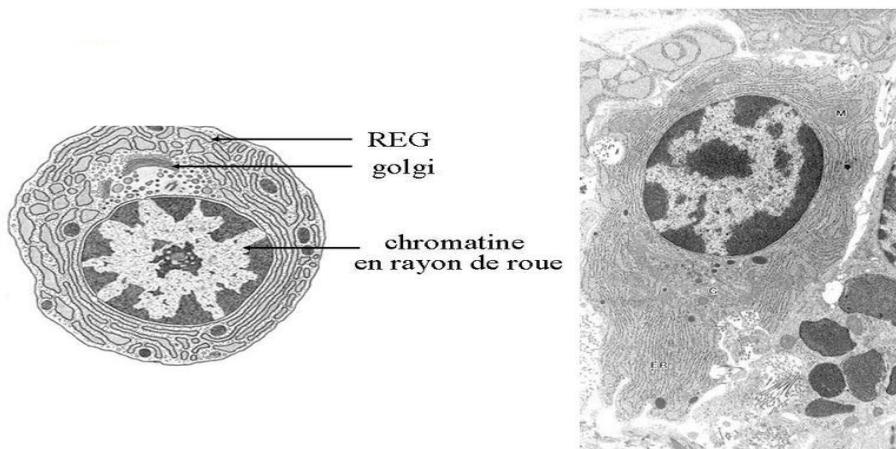


Figure 5. Plasmocyte

2.2.1.2. Les fibres

Il existe trois variétés : les fibres de collagène, les fibres de réticuline et les fibres élastiques.

➤ Les Fibres de Collagène

Elles sont les plus abondantes, longues et sinuées, sous forme de ruban ou cylindre de 7-10µm de largeur et groupées en faisceaux. Non anastomosées, extensibles mais non élastiques, elles sont constituées par une protéine, le collagène, qui représente 30 à 35 % des protéines totales de l'organisme humain.

De façon générale, les fibres de collagènes sont résistantes aux tractions et aux forces mécaniques, souples, insolubles dans l'eau froide et solubles dans l'eau chaude.

les fibres, limitées par la gaine de Henlé, sont constituées par l'assemblage de fibrilles parallèles entre elles, organisées en faisceaux d'un diamètre de 200 à 2000A° et d'une longueur de 10 à 100µm. Chaque fibrille correspond à l'agrégation de micro fibrilles d'un diamètre de 100 à 200A° et présentent la même striation transversale. Les micros fibrilles sont formées de macromolécules : Le tropocollagène qui représente l'unité moléculaire fondamentale du collagène. Il s'agit d'une glycoprotéine formée par l'enroulement en hélice de 3 chaînes polypeptidiques, porteuses de glucides (glucose, galactose). Les acides aminés, dont la proline, la lysine, la glycine, l'hydroxyproline et l'hydroxylysine sont les précurseurs de la collagénèse.

On connaît actuellement 20 types de collagène, les plus répandus sont :

- Collagène de type I : derme, tendon, os (tissu minéralisé).
- Collagène de type II : cartilage.
- Collagène de type III : muscle, paroi vasculaire.
- Collagène de type IV : membrane basale.

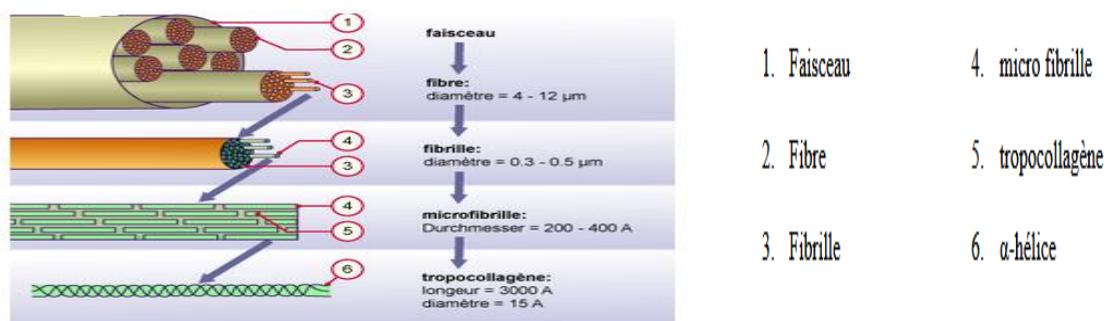


Figure 6. Structure des fibres de collagène

➤ Les fibres de réticuline

Les fibres de réticuline n'ont pas la même organisation microscopique que les fibres de collagène, plus petites que les fibres de collagènes, plus linéaires, et relativement proches les

unes des autres, apparemment anastomosées. Les fibres de réticuline, comme de collagène, sont constituées de tropocollagène. La différence provient de la formation des fibres : l'assemblage du tropocollagène s'arrête rapidement et induit l'organisation de fibres de réticuline, et non de collagène. Les fibres de réticuline sont des « précurseurs » des fibres de collagène. Au delà des différences de formes, elles ont la même fonction dans le tissu conjonctif. Elles sont localisées dans les organes hématopoïétiques (ganglions lymphatiques, rate, moelle osseuse).

➤ Les fibres d'élastine

Constituent un réseau de fibres anastomosées, ramifiées, extensibles et élastiques, longues et de faible diamètre (0,2 -2 μ m). elles sont formées d'élastine, elles ont une fonction physiologique de fournir une élasticité. qui sont réellement anastomosées. Au plan moléculaire, les fibres élastiques sont constituées d'une partie fibrillaire et amorphe d'une molécule principale, l'élastine. 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. Les fibres élastiques sont rencontrées au niveau du ligament jaune intervertébral, du cartilage élastique et de la paroi des grosses artères.

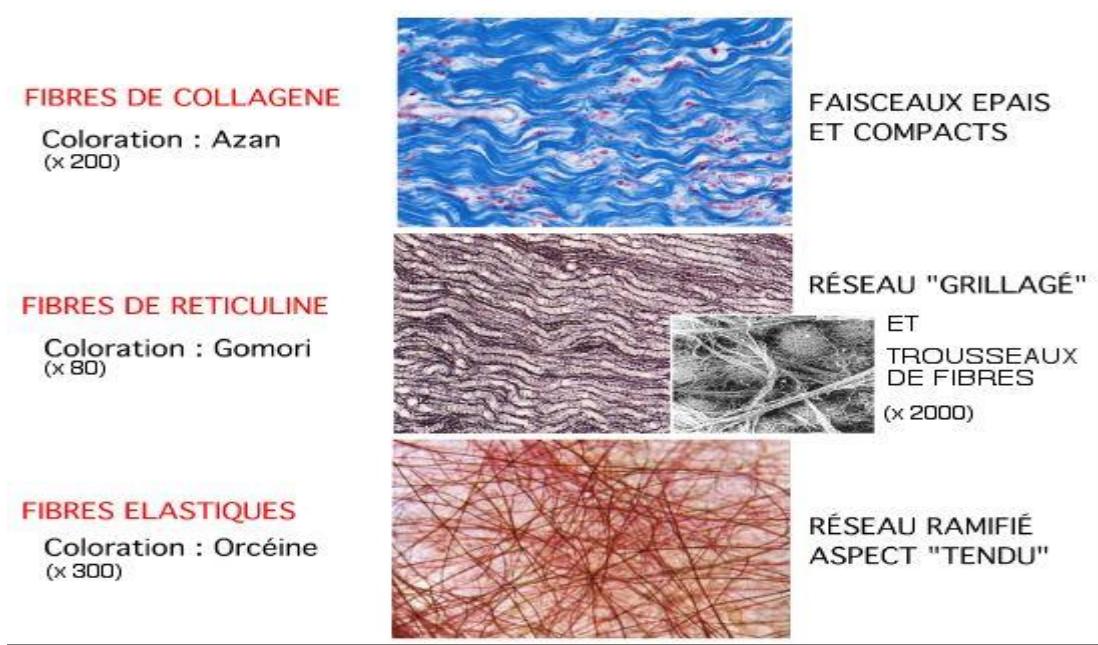


Figure 7. Les fibres du tissu conjonctif

2.2.1.3. La substance fondamentale

Homogène, amorphe, occupe les espaces compris entre les cellules et les fibres du tissu conjonctif. Il s'agit d'un matériel de remplissage sécrété par les fibroblastes. Comprenant, en plus des acides aminés, glucose, eau, sels minéraux et substances exogènes provenant du plasma sanguin, trois types de macromolécules:

- **Les glycosaminoglycans** qui sont de grosses molécules formées de longues chaînes de polysaccharides, il en existe deux types :
 - Les glycosaminoglycans non sulfatés : l'acide hyaluronique qui attire l'eau formant un gel hydraté.
 - Les glycosaminoglycans sulfatés : principalement les chondroitines sulfates.
- **Les protéoglycans**, glycoprotéines formées par l'association de glycosaminoglycane (partie glucidique formée d'un diose modifié polymérisé en chaîne non ramifiée) et d'une chaîne protéique.

- Les **glycoprotéines**, comme la fibronectine qui permet l'adhésion des cellules à la matrice extracellulaire et la laminine qui entre dans la composition de la lame basale.

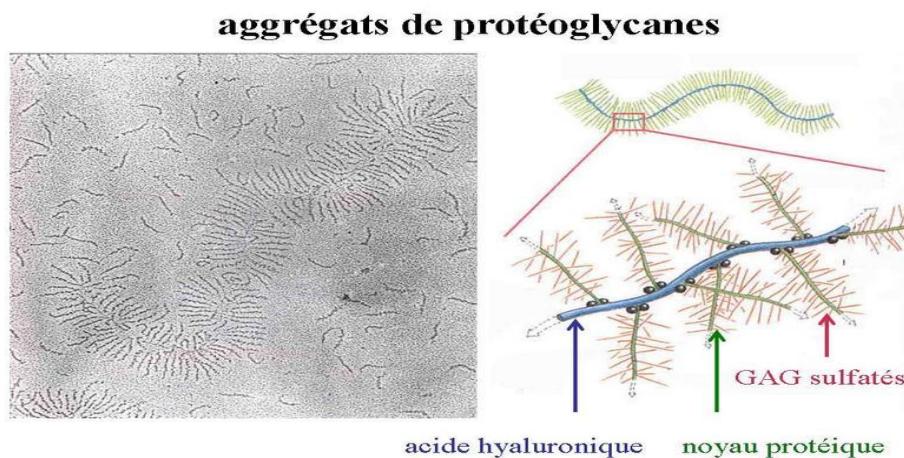


Figure 8. Composition de la substance fondamentale

2.2.2. Variétés des tissus conjonctifs

Il existe plusieurs variétés de tissu conjonctif qui sont classées en fonction de la quantité relative des trois composants : cellules, fibres et substance fondamentale.

2.2.2.1. Tissu conjonctif lâche (sans prédominance)

Les trois principaux constituants du tissu conjonctif sont en proportions équivalentes. Le tissu conjonctif lâche est un tissu de soutien et de remplissage très répondu. On le trouve au niveau de l'hypoderme, entre les masses musculaires, au niveau des voies respiratoires, génitales et urinaires, tube digestif, l'aventice des vaisseaux sanguins et les séreuses... Le rôle que joue le tissu conjonctif lâche dans l'organisme est important et complexe, il possède un rôle de soutien et d'emballage des tissus et organes ; il assure le passage de nombreuses substances entre le sang et les tissus.

2.2.2.2. Tissu conjonctif dense

Le tissu conjonctif dense est compact, résistant, très riche en fibres de collagènes qui forment des faisceaux épais. Les cellules sont moins nombreuses que dans le tissu conjonctif lâche et la substance fondamentale est moins abondante. On distingue :

➤ **Tissu conjonctif dense non orienté**

Contient des fibres de collagènes sans orientation particulière : derme, périoste.

➤ **Tissu conjonctif dense orienté**

Possède des fibres de collagènes orientées parallèlement les unes au autres et dans une ou plusieurs directions. On distingue :

- **Tissu conjonctif dense orienté unitendu** : constitué de faisceaux de fibres de collagènes disposées dans une seule direction : ligaments et tendons
- **Tissu conjonctif dense orienté bitendu** : Les fibres sont disposées parallèlement. Les fibres de chaque plan sont perpendiculaires aux fibres des plans adjacents : les aponévroses.

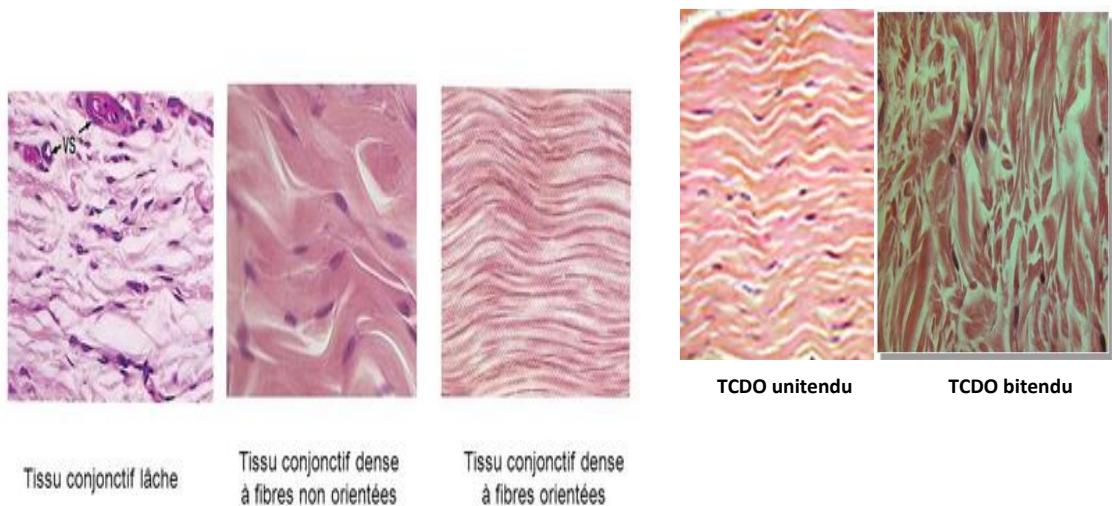


Figure 9. Tissus conjonctifs lâche et dense(microscopie photonique G×40)

2.2.2.3. Tissu conjonctif élastique

Tissu conjonctif à prédominance de fibres élastiques, rare dans l'organisme humain, on le rencontre essentiellement au niveau des ligaments jaune de la colonne vertébrale.

2.2.2.4. Tissu réticulaire

Tissu conjonctif à prédominance de fibres de réticuline, il est particulier à des organes comme le foie ou les organes lymphoïdes et hématopoïétiques.

2.2.2.5. Tissu conjonctif muqueux

Il est très peu répondu. Il est pauvre en cellules et en fibres. La substance fondamentale est abondante et riche en eau et en glucosaminoglycanes, rencontré, dans la gelée de Wharton au niveau du cordon ombilical.

2.2.2.6. Tissu conjonctif adipeux

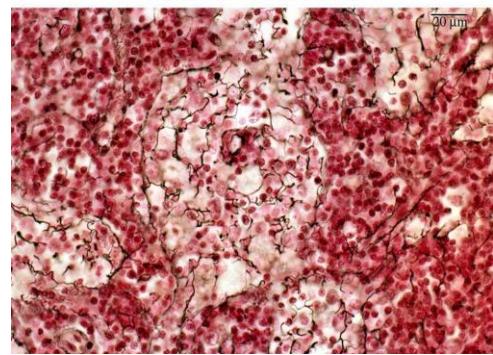
Tissu conjonctif à prédominance cellulaire, formé d'adipocytes sous forme de lobules adipeux séparés par des cloisons conjonctives riches en capillaires sanguins, rencontré au niveau de l'hypoderme.

2.2.3. Fonctions des tissus conjonctifs

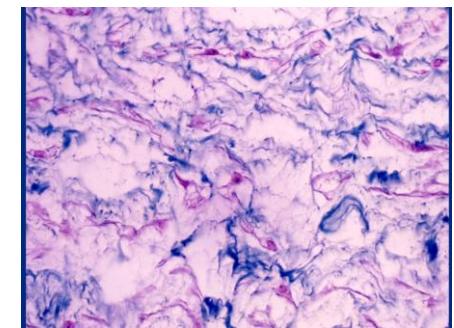
Le tissu conjonctif assure essentiellement trois fonctions :

- une fonction de soutien et de cohésion, liée à sa richesse en fibres ;
- une fonction nutritive et d'échange, liée à sa richesse en matrice extracellulaire et en vaisseaux ;
- une fonction de défense, liée à la présence de cellules immunes dites de passage.

Tissu réticulaire



TC élastique



TC muqueux

TC réticulé

TC adipeux

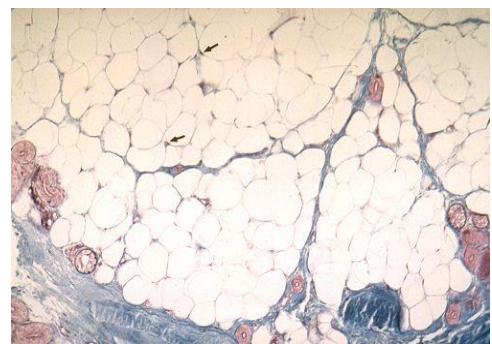


Figure 10. Les autres tissus conjonctifs
(microscopie photonique G \times 40)

2.3. 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 péricondre qui assure la nutrition et la croissance du tissu cartilagineux. Le péricondre est absent au niveau des surfaces articulaire.

Les tissu cartilagineux est un tissu conjonctif spécialisé d'origine mésenchymateuse, Tissu élastique et solide, compact, translucide, déformable, non minéralisé qui sert de support, facilite les mouvements et joue un rôle primordial dans l'ossification, est dépourvu de vascularisation

Sa localisation dépend de l'âge, constitué de cellules appelées les chondrocytes. Ces chondrocytes sont associés à des fibres et à une substance fondamentale. L'ensemble des fibres et de la substance fondamentale constitue la matrice extra-cellulaire. Le cartilage est entouré en dehors des surfaces articulaires d'une enveloppe conjonctive appelé péricondre.

2.3.1. Structure

2.3.1.1. Les cellules (chondrocytes)

Les chondrocytes, issus des chondroblastes, possèdent un volumineux noyau, rond avec un ou deux nucléoles. Le cytoplasme est granuleux, contient du glycogène, des enclaves lipidiques et un RER peu développé. Les cellules sont isolées seules ou par paires, dans de petites logettes ou chondroplastes.

Les chondrocytes synthétisent les molécules de tropocollagène et de la substance fondamentale qui confère au cartilage ses caractères de rigidité et plasticité.

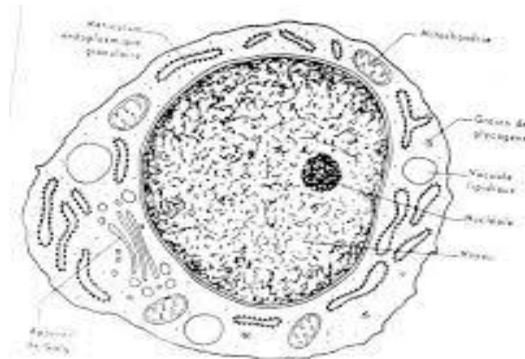


Figure 1. Chondrocyte au microscope électronique

2.3.1.2. La substance fondamentale

C'est une substance amorphe, solide mais non minéralisée, résistante, et élastique. Le cartilage comporte 70% d'eau, des sels, en particulier, des sels de sodium, des glycosaminoglycannes, en particulier la chondroïtine-4-sulfate et la chondrítine-6-sulfate ; des kératanes sulfate. Ils sont liés à des protéines pour former des protéoglycannes

2.3.1.3. Les fibres

On peut observer des fibres de collagène et des fibres élastiques dans le cartilage. Elles présentent la même structure que celles étudiées dans le tissu conjonctif non spécialisé.

2.3.1.4. Le périchondre

C'est un tissu conjonctif qui limite le cartilage en dehors des surfaces articulaires.

Le périchondre comporte deux couches :

- une couche fibreuse externe richement vascularisée, elle est formée de fibres de collagènes et de quelques cellules conjonctives, c'est la couche nourricière.
- Une couche cellulaire interne, qui est constituée par des cellules conjonctives qui se modifient progressivement pour prendre l'aspect de cellules cartilagineuses. Les cellules se multiplient activement, c'est la couche chondrogène faite de chondroblastes.

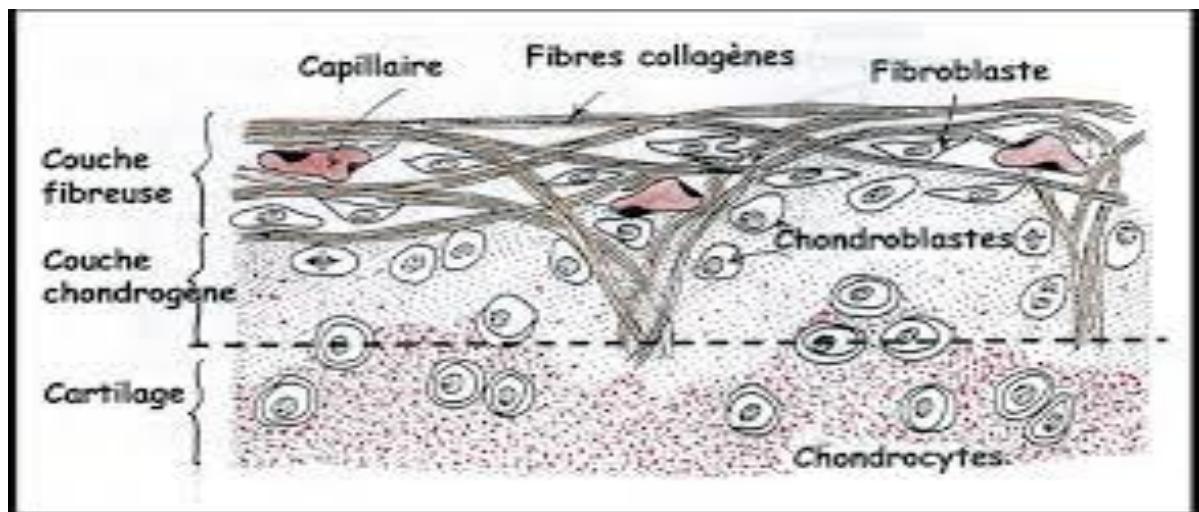


Figure 2. Structure du tissu cartilagineux

2.3.2. Variétés des tissus cartilagineux

Il existe chez l'adulte trois types de cartilage :

- le cartilage hyalin
- le cartilage élastique
- le cartilage fibreux

2.3.2.1. Le cartilage hyalin

C'est le type le plus courant, il est rencontré au niveau des surfaces articulaires, des côtes, de l'arbre trachéo-bronchique, de la cloison nasale. Chez le fœtus, il constitue l'essentiel du modèle des pièces osseuses avant l'ossification, et chez l'enfant on le trouve pour former les cartilages de conjugaison permettant la croissance en longueur des os.

La matrice extracellulaire constitue 90% de la masse cartilagineuse, homogène, translucide (grec *hyalos* = verre) (substance fondamentale= 40%, fibres= 50%). Il doit son nom à l'aspect blanc bleuté vitreux de sa substance fondamentale constituée de nombreuses fibres de collagène de type II (90% du collagène) qui ont le même indice de réfraction que la substance fondamentale (invisibles en microscopie optique avec colorations usuelles), disposées autour des chondroplastes formant un panier.

2.3.2.2. Le cartilage élastique

Le tissu se compose d'une grande quantité de fibres d'élastine lui permettant ainsi de conserver la forme de la structure qu'il compose tout en lui assurant une grande flexibilité, comme c'est le cas pour le pavillon de l'oreille externe et l'épiglotte.

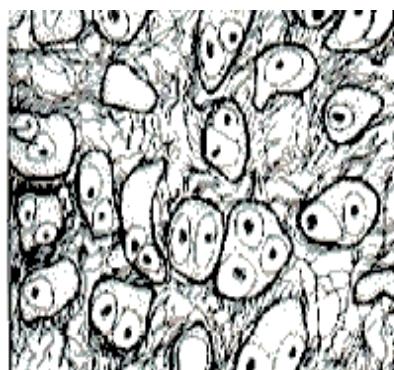
2.3.2.3. Le fibrocartilage

Il se distingue des deux autres types de cartilage par la présence de grosses fibres de collagène disposées plus ou moins parallèlement au sens des contraintes qu'elles subissent.

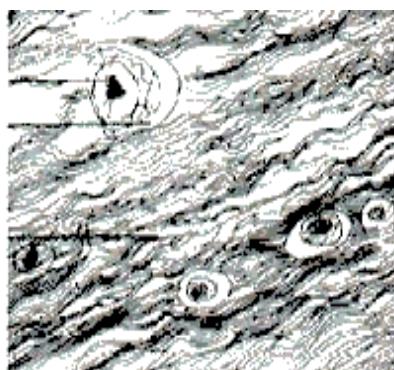
Cette structure qui se rapproche de celle du tissu conjonctif dense orienté, lui permet de résister à des forces de traction et de compression.

On retrouve ce type de tissu dans les disques intervertébraux de la colonne vertébrale ainsi que dans les ménisques articulaires.

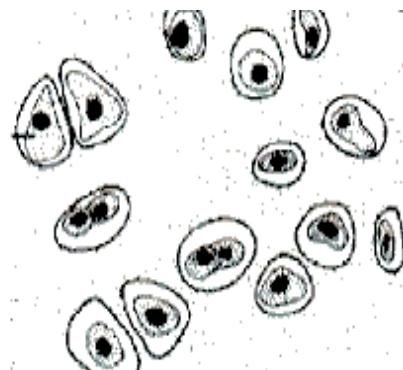
Remarque : Le cartilage articulaire est un cartilage hyalin formant la limite des cavités articulaires. Ce cartilage est disposé au niveau de la surface des pièces osseuses. Le cartilage permet le mouvement d'une pièce osseuse par rapport à l'autre et de supporter le poids du corps.



Cartilage élastique du pavillon de l'oreille humaine



Fibrocartilage d'un disque intervertébral



Cartilage hyalin de la trachée

Figure 3. Les différents types de cartilages

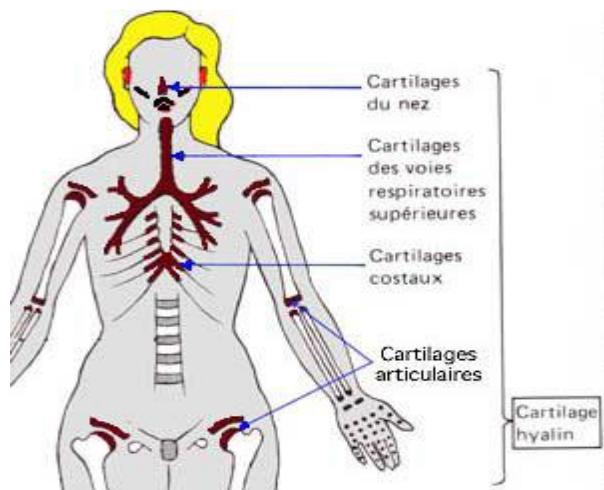


Figure 4. Localisation du cartilage hyalin

2.3.3. Croissance du cartilage

Le cartilage s'accroît selon deux modalités : croissance appositionnelle et croissance interstitielle.

2.3.3.1. La croissance appositionnelle

Est assurée par la couche profonde du périchondre, les fibroblastes se multiplient activement et se différencient en chondroblastes qui, à leur tour s'entourent de substance fondamentale.

Le cartilage s'accroît en épaisseur par formation de nouvelles couches successives.

2.3.3.2. La croissance interstitielle

Est due à des divisions des chondrocytes. Un chondrocyte se divise plusieurs fois de suite dans sa logette et, après chaque division la cellule fille s'éloigne ainsi de la cellule mère.

-Les divisions peuvent se faire dans un sens déterminé, les cellules filles se disposent alors, en files, réalisant ainsi des groupes isogéniques axiaux.

-Elles peuvent se faire dans tous les sens (ou directions) et produisent alors des groupes isogéniques coronaires.

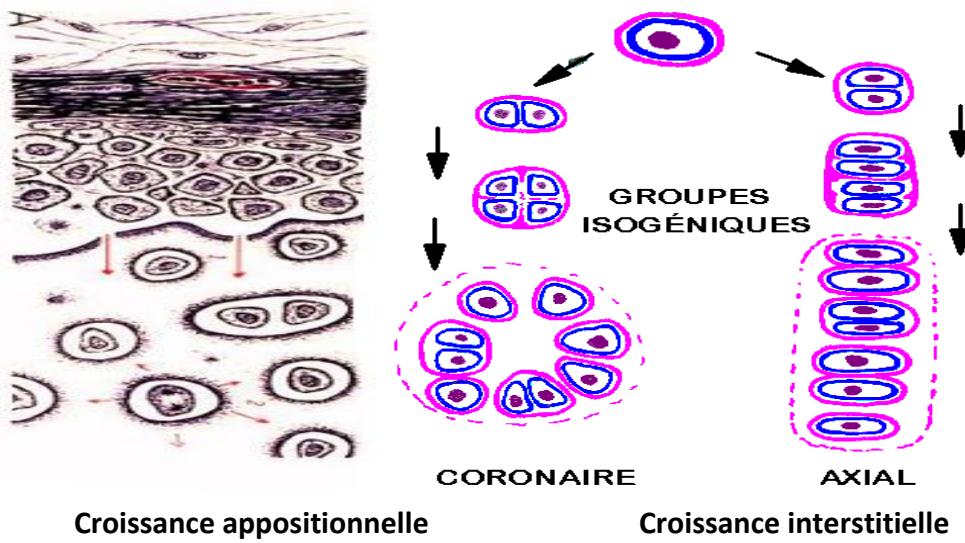


Figure 5. Croissance du cartilage

2.3.4. Nutrition du cartilage

Le cartilage n'est ni vascularisé, ni innervé et les chondrocytes ne sont pas en contact les uns avec les autres, de sorte que tous les échanges avec le sang se font par diffusion à partir du périchondre. Par contre la nutrition des cartilages articulaires se fait par diffusion à partir du liquide synoviale.

2.4. LE TISSU OSSEUX

Le tissu osseux, comme le cartilage, est un tissu conjonctif spécialisé ou squelettique. Il comporte une matrice extra-cellulaire (MEC) minéralisée qui confère au tissu osseux sa rigidité et sa solidité (substance fondamentale, des fibres) et des cellules osseuses (cellules bordantes, ostéoblastes, ostéocytes, ostéoclastes). Il est parcouru par un très riche réseau vasculaire.

Le squelette a 3 fonctions.

- Fonction mécanique : le tissu osseux est un des tissus les plus résistants de l'organisme, capable de supporter des contraintes mécaniques, donnant à l'os son rôle de soutien du corps et de protection des organes.
- Fonction métabolique : le tissu osseux est un tissu dynamique, constamment remodelé sous l'effet des pressions mécaniques, entraînant la libération ou le stockage de sels minéraux, et assurant ainsi dans une large mesure (conjointement avec l'intestin et les reins) le contrôle du métabolisme phosphocalcique.
- Fonction hématopoïétique : les os renferment dans leurs espaces médullaires, la moelle hématopoïétique, dont les cellules souches, à l'origine des 3 lignées de globules du sang, se trouvent au voisinage des cellules osseuses.

2.4.1. Structure

2.4.1.1. Les cellules

Le tissu osseux contient 4 types de cellules : Les cellules bordantes, les ostéoblastes et les ostéocytes sont les cellules ostéoformatrices. Les ostéoclastes sont ostéorésorbants.

Les cellules ostéoformatrices qui sont responsables de la synthèse de la matrice extra cellulaire de l'os dérivent des cellules souches mésenchymateuses pluripotentes alors que les ostéoclastes dérivent de la lignée hématopoïétique monocyttaire.

➤ **Les ostéoblastes**

Ce sont des cellules polyédriques ; prismatiques munies de nombreuses et longues expansions cytoplasmiques, situées à la surface externe et interne du tissu osseux en croissance, avec un noyau arrondi le plus souvent excentré pourvu d'un gros nucléole, reliées entre elles et avec les ostéocytes par des jonctions communicantes. Elles élaborent les constituants organiques de la MEC ; de ce fait, leur cytoplasme est riche en organites impliqués dans la synthèse protéique (réticulum endoplasmique granulaire abondant, appareil de Golgi volumineux). Les ostéoblastes interviennent dans l'élaboration de la matrice organique et sa minéralisation. Une fois l'ostéoblaste complètement enfoui dans la matrice minéralisée, il devient un ostéocyte.

➤ **Les ostéocytes**

Ce sont des ostéoblastes différenciés, entièrement entourés par la MEC osseuse minéralisée. Les ostéocytes siègent dans des logettes (ostéoplastes). L'ostéocyte n'est pas isolé des autres cellules, il est relié aux ostéocytes à proximité par des petits canalicules présents dans le tissu osseux. A l'intérieur de ces canalicules, les ostéocytes émettent des fins prolongements cytoplasmiques qui viennent au contact les uns des autres, plus petits que les ostéoblastes, fusiformes, possédant moins d'organites que les ostéoblastes. L'ostéocyte n'a pas la capacité de se diviser, d'autant que la rigidité et l'imperméabilité de la matrice extracellulaire s'y opposent. Elle joue un rôle dans le renouvellement et l'entretien de la matrice osseuse. Les ostéocytes sont capables de mobiliser le phosphate de calcium sur la surface de la lacune, ceci représente une quantité importante de sels minéraux rapidement échangeables.

➤ **Les cellules bordantes**

Les cellules bordantes sont des ostéoblastes au repos, pouvant être des ostéoblastes actifs. Ce sont des cellules aplatis et allongées, possédant peu d'organites et reliées entre elles et avec les ostéocytes voisins par des jonctions communicantes. Elles revêtent les surfaces osseuses.

➤ Les ostéoclastes

Ce sont de grandes cellules qui mesurent 100 µ de diamètre, elles sont plurinucléées, Elles sont hautement mobiles et peuvent se déplacer sur les travées osseuses et dans les lacunes de résorption qu'elles créent (lacunes de Howship). Au contact de l'os, la surface cellulaire présente une bordure en brosse, se terminant au contact de lysosomes et de vacuoles de sécrétion. Ce sont des cellules impliquées dans la destruction du tissu osseux ancien : une déminéralisation de tissu osseux; une dégradation de la trame organique. sécrèterait des acides faibles (acides lactiques, acide citrique), solubilisant les cristaux minéraux (sels de calcium) dans le milieu extracellulaire. Le collagène est digéré dans les vacuoles cellulaires par une collagénase. l'ostéoclaste est une cellule d'origine hématopoïétique dérivant des monocytes.

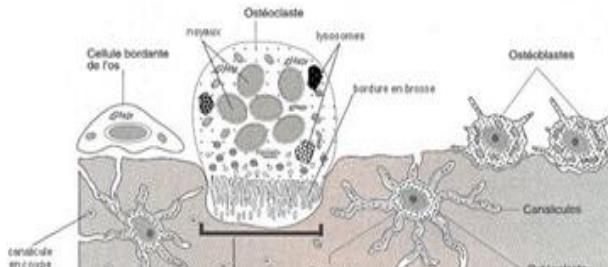


Figure 1. Les cellules du tissu osseux

2.4.1.2. La matrice extracellulaire

Elle est composée d'une fraction organique représentant 30% de sa masse et d'une fraction minérale en représentant 70%.

- **La fraction organique**

Appelée ostéoïde est principalement représentée par des fibres de collagène de type I qui correspond à 90% des molécules organiques de la matrice extracellulaire osseuse d'orientation et de disposition variables, modelées par les lignes de force et une substance

fondamentale constituée par l'eau, des protéoglycanes comme la fibromoduline, le biglycan et la décorine qui jouent un rôle dans l'agencement des molécules de collagènes et leur organisation dans le tissu osseux ainsi que des glycoprotéines comme l'ostéocalcine intervenant dans la minéralisation, l'ostéonectine intervenant dans la minéralisation par son affinité pour le collagène I et le calcium et l'ostéopontine reliant l'hydroxy-apatite aux cellules osseuses.

• La fraction minérale

L'os est le réservoir le plus riche de l'organisme en éléments minéraux. Il contient 99 % du calcium, 85 % du phosphore, 57 % de magnésium et autres. La matrice organique se minéralise par des dépôts de phosphate et de calcium cristallisés, formant des cristaux d'hydroxy-apatite (phosphate de calcium cristallisé) et de carbonate de calcium $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, se présentant comme de petites aiguilles hexagonales. Leur disposition est orientée par les fibres de la fraction organique de la matrice extracellulaire.

La fraction minérale est responsable de la rigidité et la densité du tissu osseux qui augmentent avec l'agencement des cristaux en rangées alignées.

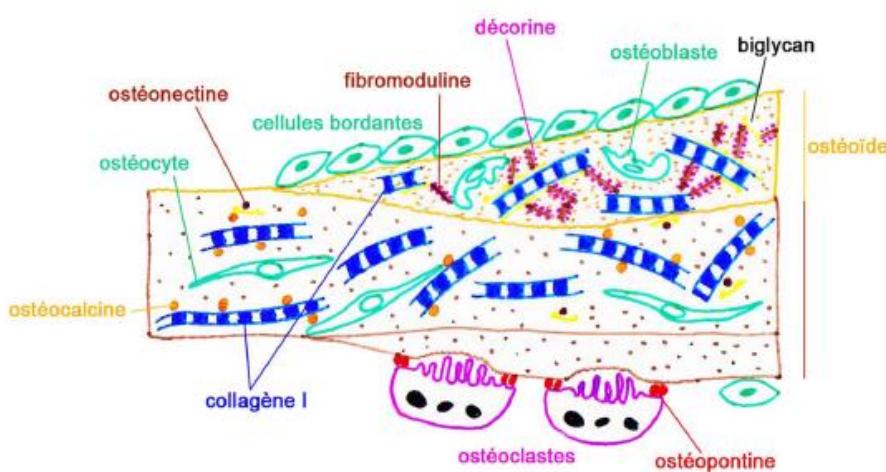


Figure 3. La matrice extracellulaire du tissu osseux

2.4.2. Variétés des tissus osseux

Deux types de tissus osseux sont distingués selon l'agencement du collagène dans la matrice extracellulaire :

2.4.2.1. Tissu osseux non lamellaire

Ou tissu osseux réticulaire comportant des fibres de collagène non orientées (la trame collagénique orientée dans toutes les directions). C'est un tissu osseux primitif ou immature faiblement minéralisé donc mécaniquement fragile qui se forme à partir du tissu conjonctif (os court, os plat) ou du cartilage (os long). retrouvé chez le fœtus et le jeune enfant. Chez l'adulte, il n'est observé que dans deux situations : en cas de fracture ou au cours de certaines maladies.

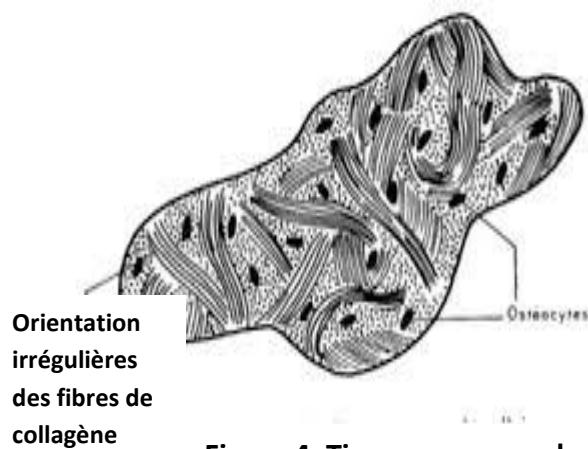


Figure 4. Tissu osseux non lamellaire

2.4.2.2. Tissu osseux lamellaire

Tissu osseux secondaire, formé à partir du tissu osseux primaire, les fibres de collagène sont parallèles, formant des couches circulaires concentriques, les lamelles osseuses entre lesquelles sont disposés les ostéocytes. Ce tissu est mécaniquement solide.

Le tissu osseux lamellaire se présente sous deux formes :

- **Le tissu osseux compact (ou cortical ou haversien)**

Ce sont des structures cylindriques : ostéons ou systèmes de Havers, d'un diamètre de 200 à 300 μ, d'une longueur variant selon l'os, alignés parallèlement à la diaphyse. Chacun de ces ostéons est constitué de lamelles concentriques. A l'intérieur des lamelles, on a des fibres de collagène qui vont s'orienter de façon à donner au tissu cortical une résistance mécanique optimale et des ostéoplastes contenant les ostéocytes.

Chaque ostéon est centré par un canal (canal de Havers), de 50 μ de diamètre.

Tous les canaux de Havers de la diaphyse sont reliés les uns aux autres par des canaux transversaux (perpendiculaires à l'axe de la diaphyse) : canaux de Volkmann.

Chaque canal de Havers est centré par un vaisseau sanguin, est innervé, et communique grâce aux canaux de Volkmann avec la vascularisation périostée et avec la moelle osseuse.

Le tissu osseux compact forme la diaphyse des os longs surtout le Fémur et l'Humérus.

- **Le tissu osseux spongieux (ou trabéculaire)**

Il est constitué par un réseau de plaques qui sont plus ou moins anastomosées les unes avec les autres. L'architecture de ces travées osseuses dépend des lignes de forces s'exerçant sur l'os, car les cellules, qui constituent ces os, remanient en permanence les travées osseuses qui ont la capacité de percevoir les forces mécaniques. L'os spongieux constitue les épiphyses et les métaphyses des os longs ainsi que l'intérieur des os plats et courts.

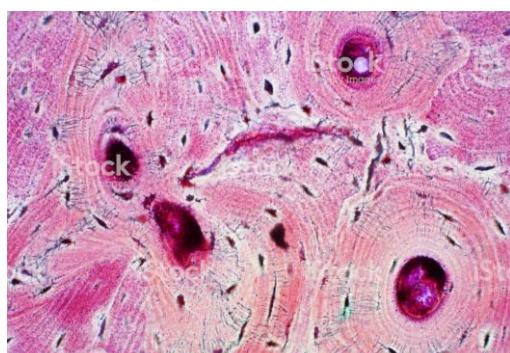


Figure 5. Tissu osseux compact

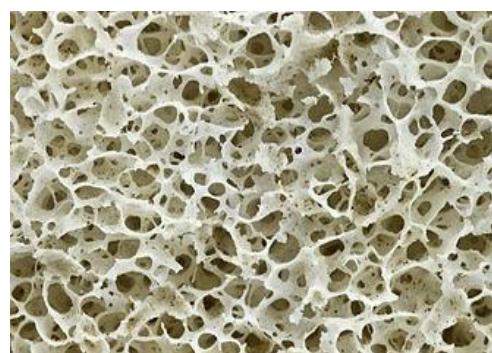


Figure 6. Tissu osseux spongieux

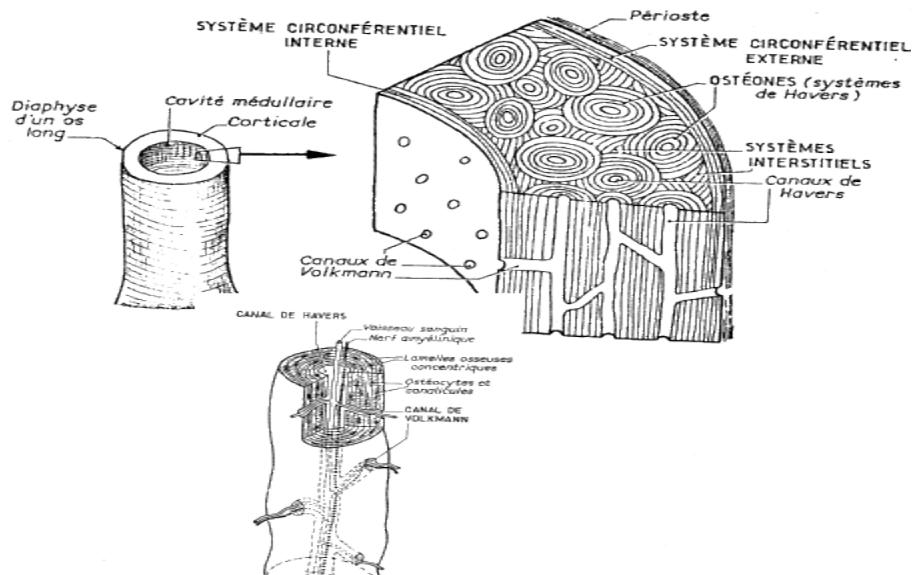


Figure 7. Structure du tissu osseux compact

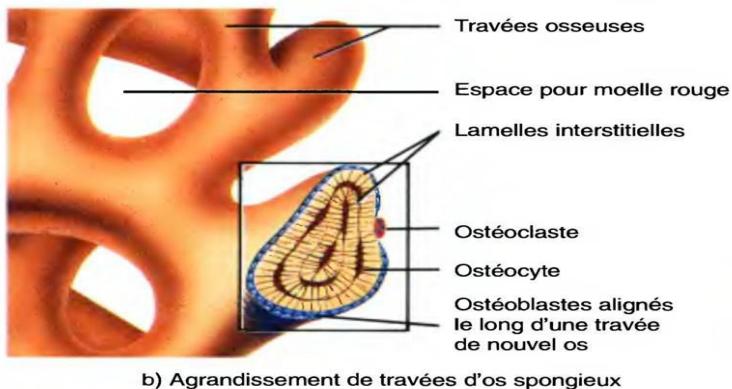


Figure 8. Structure du tissu osseux spongieux

2.4.3. Tissu conjonctif associé au tissu osseux

les surfaces externes et internes de tissu osseux sont recouvertes de tissu conjonctif non spécialisé : le périoste recouvre la surface externe des os et l'endoste recouvre ses surfaces internes.

2.4.3.1. Le périoste

C'est un tissu conjonctif qui revêt la surface externe de tous les os sauf au niveau des cartilages articulaires (des épiphyses). Le périoste comporte deux couches :

- ✓ une couche superficielle composée de tissu conjonctif dense riche en fibres de collagène et très vascularisée.
- ✓ une couche profonde composée de tissu conjonctif lâche en contact avec l'os. Cette couche profonde constitue une source essentielle de cellules ostéoformatrices (ostéoblastes) à partir des cellules mésenchymateuse assurant la régénération de l'os en cas de fracture. Enfin, au niveau des articulations, le périoste est remplacé par du tissu cartilagineux qui recouvre la surface externe de l'os.

2.4.3.2. L'endoste

Présente la même composition tissulaire que la couche interne du périoste. tapissant toutes les parois des cavités vascularisées des os, les surfaces internes forment la paroi des canaux de WolKmann, des canaux de Havers et des trabécules de l'os spongieux.

2.4.4. Différents types d'os:

2.4.4.1. Os longs

L'os long est formé par un tube d'os compact, la diaphyse, dont la lumière constitue le canal médullaire, rempli de moelle osseuse; l'extérieur est tapissé par le périoste et l'intérieur par l'endoste.

La diaphyse se termine à ses extrémités par des zones élargies et arrondies : les épiphyses, dont l'extérieur est tapissé par les surfaces articulaires (faites de cartilage hyalin) l'intérieur est constitué par de l'os spongieux.

La zone de jonction entre la diaphyse et l'épiphyse s'appelle métaphyse.

2.4.2.2. Os courts

C'est une masse de tissu osseux spongieux, contenant de la moelle osseuse et qui est limitée en périphérie par de l'os compact (tapissé à son tour soit de périoste, soit de cartilage articulaire).

2.4.4.3. Os plats

L'os plat est formé en son centre d'os spongieux, contenant de la moelle osseuse et délimité en périphérie par de l'os compact (on parle de tables externe et interne).

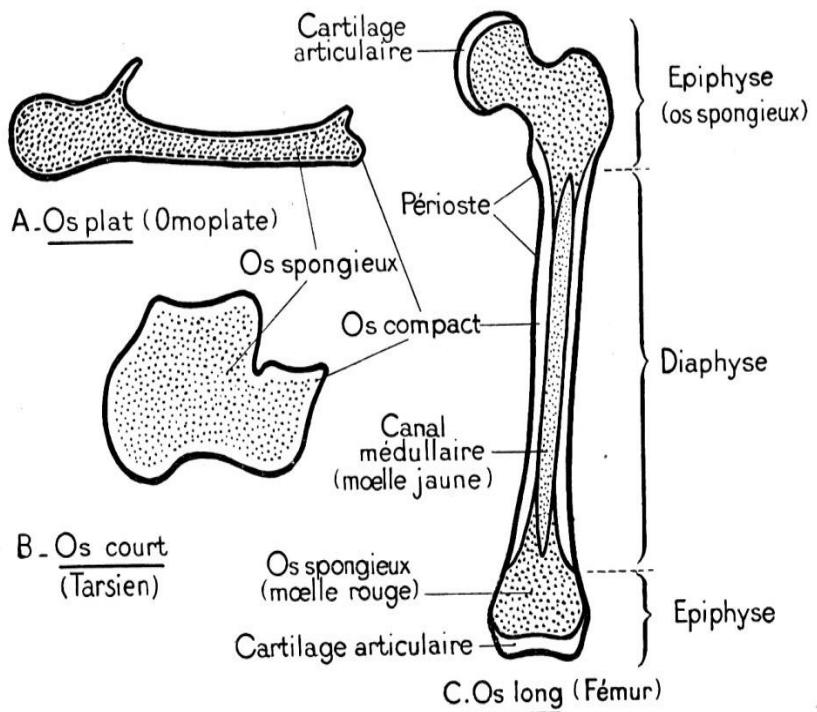


Figure 9. Les différents types d'os

Os Long:
Clavicule, humérus,
radius, phalanges,
fémur, tibia ...



Os court :
Carpe, tarse, rotule



Os plat :
Crâne, omoplate,
côtes, sternum



Os irrégulier :
Vertèbres, bassin



2.5. LE TISSU SANGUIN

Le sang est un tissu conjonctif spécialisé d'origine mésenchymateuse, circule dans un système clos, le système vasculaire, selon un flux unidirectionnel et son volume est de 5L.

Le sang comprend le plasma (55%) et les éléments figurés (45%).

Le plasma est constitué de protéines (albumine, globulines), d'enzymes, de lipides, de glucides, d'ions et de sels minéraux, de vitamines, de gaz dissous et d'eau.

Les éléments figures du sang regroupent 4 types de cellules :

- Les globules rouges (ou hématies) et Les réticulocytes
- Les globules blancs (ou leucocytes)
- Les plaquettes (ou thrombocytes)

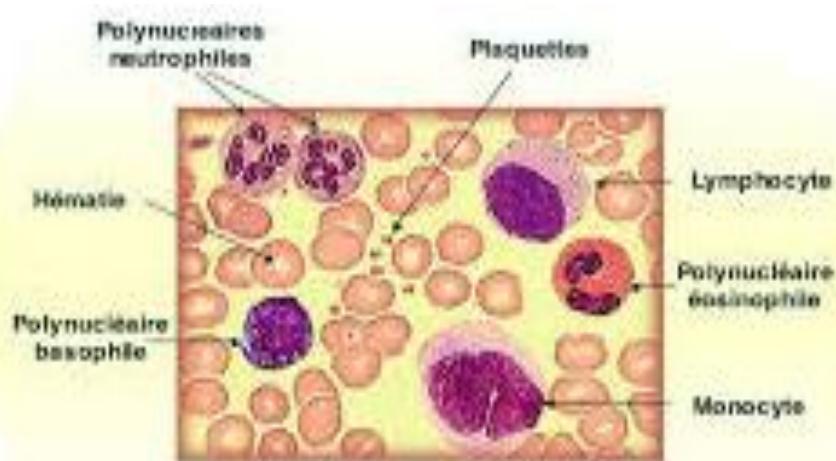


Figure 1. Les éléments du sang

Le sang va ainsi intervenir dans:

- les échanges entre l'organisme et le milieu extérieur : il apporte aux tissus les éléments nutritifs et l'O₂ et en évacue les déchets et le CO₂.
 - Le transport d'éléments nutritifs et de produits terminaux du métabolisme considérés comme "déchets".

- La communication entre cellules en acheminant les messagers chimiques, hormonaux et autres, synthétisés par différents tissus.
- L'équilibre acide-base de l'organisme et le contrôle du pH.
- Le mouvement au niveau de certains organes.
- Le transport de chaleur et la thermorégulation au niveau de l'organisme.
- La défense de l'organisme au niveau cellulaire contre des éléments étrangers.
- La réparation de déchirures vasculaires par les phénomènes d'hémostase et de coagulation.

2.5.1. Structure

2.5.1.1. Le plasma

Le plasma représente environ 55% du volume sanguin. C'est une solution aqueuse de substance organique et inorganique dans laquelle baignent les cellules. Le plasma est constitué d'environ 90% d'eau, de couleur jaunâtre, il contient des protéines plasmatiques (dont la plupart sont constituées par le foie), de sels (sodium, potassium, calcium, magnésium, les chlorures et les bicarbonates) et autres substances (on y retrouve des nutriments comme le glucose, les acides gras, les acides aminés et les vitamines, des hormones et d'autres).

Tableau 1. Constitution du plasma

constituants minéraux	Quantité par litre	constituants organiques	quantité par litre
Eau	910 mL	Protéines	75 g
Ions		Lipides totaux dont cholestérol	5 g 2 g
Na ⁺	142 mmol (3,3 g)	Glucose	1 g
Cl ⁻	103 mmol (3,4 g)	Acides aminés	0,4 g
K ⁺	5 mmol (0,2 g)	Hormones	< 0,5 mg
Ca ²⁺	2,5 mmol (0,1 g)	Urée	0,3 g
Gaz		Vitamines	< 25 mg
O ₂	2 mL		
CO ₂	20 mL		

2.5.1.2. Les éléments figurés

2.5.1.2.1. Les globules rouges (hématies ou érythrocytes)

Ce sont des cellules anucléées qui ont l'aspect d'un disque biconcave de 7 μ de diamètre et 2 μ d'épaisseur. Le nombre de globules rouges est d'environ 5 millions/mm³, taux un peu plus élevé chez l'homme que chez la femme (5,7 et 4,5 m/mm³). Le cytoplasme, dépourvu d'organites, est rempli d'hémoglobine impliquée dans le transport de l'oxygène et du CO₂. Leur déformabilité permet leur passage à l'intérieur des capillaires, ils peuvent transiter à travers des capillaires de 1 à 2 microns. Ils ont une durée de vie de 120 jours. Les réticulocytes sont les formes jeunes des globules rouges.

Le cytoplasme des globules rouges contient l'hémoglobine et d'autres constituants comme H₂O, ions (K⁺), glucose, enzymes..... Chez l'adulte on trouve l'HbA1 et l'HbA2.

L'hémoglobine qui représente 1/3 de la masse du globule rouge est composée de :

- l'hème = protoporphyrine naturellement rouge qui confère sa couleur au globule rouge + un atome de fer ferreux qui fixe la molécule l'O₂.
- la globine : constituée de 4 chaînes polypeptidiques α , β , γ , δ ou ϵ , identiques 2 à 2 ; elle permet la fixation de 25% du CO₂.

Le globule rouge, limité par une membrane plasmique, enveloppe un contenu granuleux et filamentueux : le cytosquelette, constitué de 4 protéines (spectrine, actine, bande IV et ankyrine) et permet à l'hématie non seulement de garder sa forme, mais aussi de se déformer pour passer dans les capillaires les plus fins. Il présente également des antigènes de surface déterminant le groupe sanguin ABO.

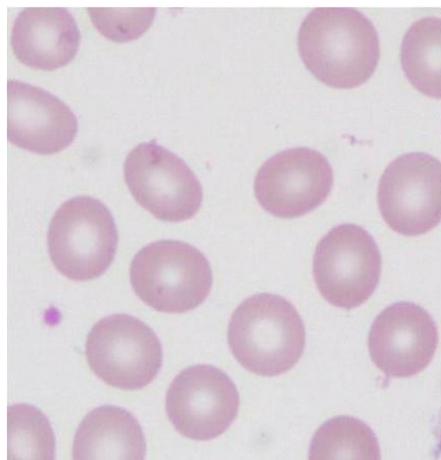


Figure 2. Aspect des hématies en microscopie Optique



Figure 3. Aspect des hématies en microscopie électronique à balayage

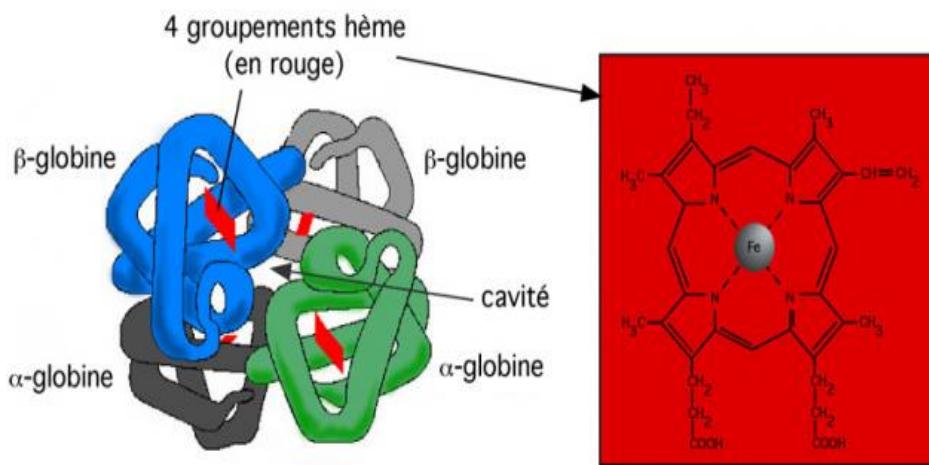


Figure 4. Structure de l'hémoglobine

2.5.1.2.2. Les globules blancs (ou leucocytes)

Cellules nucléées, plus grandes que les hématies, très mobiles grâce aux propriétés de leur cytoplasme qui peut émettre des prolongements, les pseudopodes. Leur nombre total est de 6000 à 8000 globules/mm³ chez l'adulte.

La fonction essentielle pour les polynucléaires est de lutter contre l'inflammation et l'infection, les mononucléaires jouent un rôle fondamental dans les phénomènes immunitaires,

après leur formation les polynucléaires jeunes restent dans la moelle osseuse, lorsqu'ils arrivent en fin de maturation, ils passent dans le sang ou ils forment 2 groupes, 1 circulant, l'autre adhérant à la paroi des vaisseaux et se mobilisant à la demande, les polynucléaires âgés passent dans les tissus où il vont mourir et disparaître.

Les globules blancs comptent deux grandes catégories, à savoir :

- **Les leucocytes granuleux (ou granulocytes) ou polynucléaires** : ils doivent leur nom aux très nombreuses granulations que contient leur cytoplasme ainsi qu'à l'aspect de leur noyau qui possède plusieurs lobes reliés par de fins ponts de chromatine. Il s'agit des polynucléaires neutrophiles, éosinophiles et basophiles.
- **Les leucocytes hyalins ou mononucléaires** : ils possèdent quelques granulations non spécifiques dans le cytoplasme. Il s'agit des lymphocytes et des monocytes.
- **Les leucocytes granuleux**
 - **Polynucléaires neutrophiles** : ce sont les polynucléaires les plus nombreux (40 à 75 % de l'ensemble des globules blancs). Ce sont des cellules d'environ 12 µm de diamètre, le noyau est polylobé (2 à 5 lobes). Le cytoplasme légèrement acidophile, contient deux types de granulations : les granulations non spécifiques ou primaires, azurophiles qui renferment une myélopéroxydase, des hydrolases acides et du lysosome et des granulations spécifiques secondaires, neutrophiles, de petite taille dépourvues d'enzymes lysosomiales et de peroxydases mais contiennent du lysosome. Leur durée de vie est de l'ordre de 24 heures. Les neutrophiles sont une des premières barrières de défense lors de l'introduction d'un agent pathogène dans l'organisme. Ils sont un des pivots de l'immunité innée. Ils constituent un puissant système de défense contre les agents pathogènes, principalement les bactéries et les champignons, mais aussi contre des cellules ou des molécules endogènes altérées.

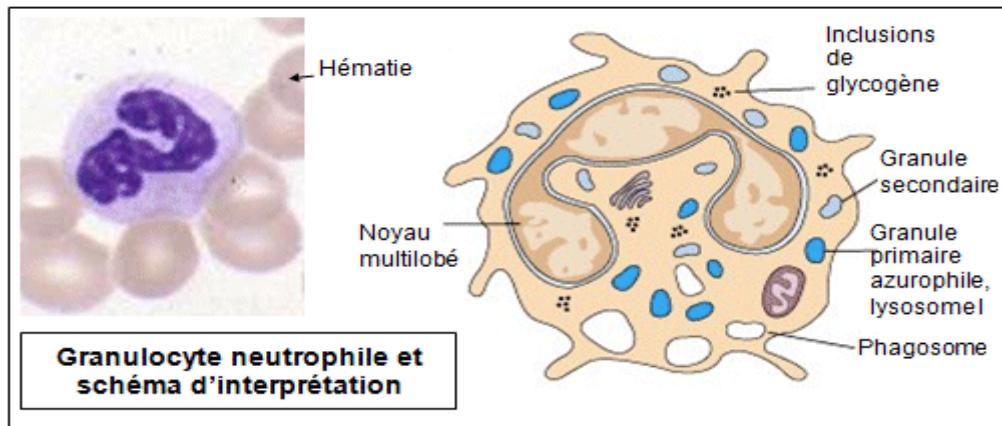


Figure 5. Granulocyte neutrophile

➤ **Polynucléaires éosinophiles** : ces cellules représentent 1 à 3 % des globules blancs.

Cellules rondes, de 12-14 μ de diamètre avec un noyau, le plus souvent, bilobé; un cytoplasme acidophile renfermant de grosses granulations éosinophiles, cristalloïdes, colorées en rouge-orangé et correspondant à des lysosomes. Ces derniers possèdent des peroxydases mais pas de lysozyme. Ces polynucléaires ont une demi-vie dans le sang circulant de 4 à 5 heures puis passent dans les tissus où elles restent 8 à 10 jours.

Ils jouent un rôle dans les allergies et les infections parasitaires.

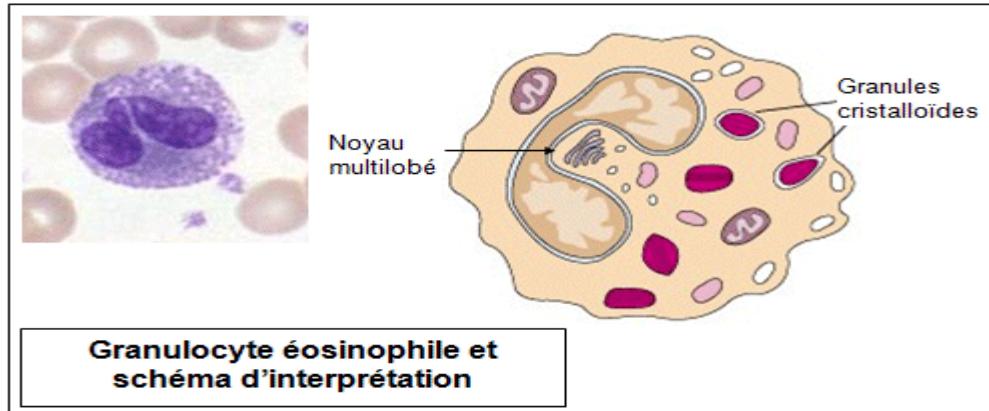


Figure 6. Granulocyte éosinophile

➤ **Polynucléaires basophiles**: ces cellules sont les moins nombreuses des polynucléaires (0 à 1 % de l'ensemble des globules blancs). La durée de vie de ces cellules est de 3 à 4 jours. Cellules d'un diamètre de 10 à 14 µm avec un noyau irrégulier qui peut prendre un aspect de trèfle, et de nombreuses et volumineuses granulations métachromatiques pourpres contenant de l'histamine et de l'héparine. Ils libèrent l'histamine* qui contribue aux réponses inflammatoires*, mais leur rôle est peu connu. Ils contiennent également de l'héparine, un anticoagulant naturel.

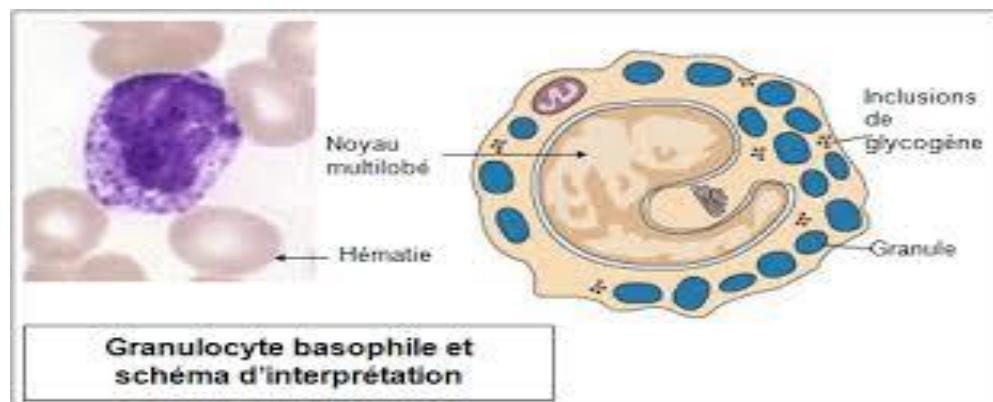


Figure 7. Granulocyte basophile

- **Les leucocytes hyalins**

➤ **Les lymphocytes**: cellules à forme arrondie et régulière (représentent 25 à 45 % des leucocytes) le plus souvent de petite taille environ 7 µm de diamètre à noyau sphérique, foncé et sans nucléole visible occupant la presque totalité du volume de la cellule. Leur durée de vie est variable, certains lymphocytes mémoires peuvent avoir une durée de vie très longue. Les lymphocytes jouent en effet, un rôle très important dans les processus immunitaires. On compte 2 grandes familles fonctionnelles :

- **Les lymphocytes B** : Ils possèdent des immunoglobulines de surface et représentent 5 à 15 % des lymphocytes. Lorsqu'ils sont activés par un antigène, ils peuvent se transformer en plasmocytes. Ils sont responsables du phénomène d'immunité humorale.
- **Les lymphocytes T** : Ils commencent à se former dans la moelle osseuse et se différencient dans le thymus. Les lymphocytes T représentent 65 à 75 % des lymphocytes et sont impliqués dans l'immunité à médiation cellulaire.

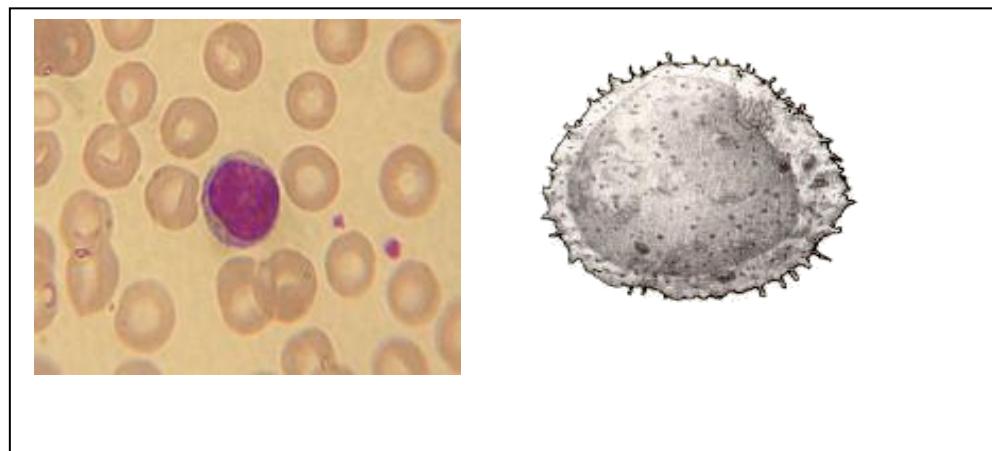


Figure 8. Lymphocyte

- **Les monocytes** : représentent les plus grands leucocytes, cellules arrondies d'un diamètre de 15 à 20 μm . Ils forment de 2 à 8 % des globules blancs. Le cytoplasme est gris bleuté d'aspect un peu granuleux. Le noyau est central, en fer à cheval central ou périphérique. Ces cellules ont une durée de vie dans le milieu sanguin très courte (environ 24 heures). Elles passent ensuite dans les tissus où elles se différencient en macrophages. Elles appartiennent au système mononucléé phagocytaire donc leur fonction est la phagocytose des bactéries, des corps étrangers et des cellules vieillissantes.

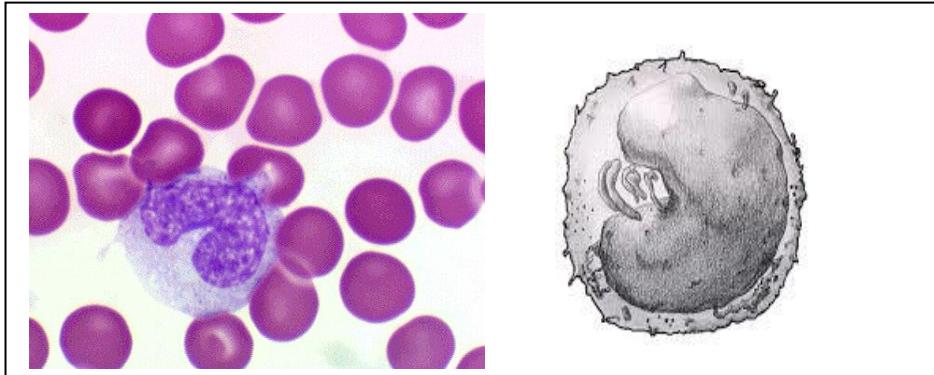


Figure 9. Monocyte

2.5.1.2.3. Les thrombocytes:

Ce sont des fragments cellulaires anucléés de 2 à 5 µm de diamètre, de forme lenticulaire, limités par une membrane et regroupées en petits amas. Leur cytoplasme présente une région périphérique homogène, l'hyalomère qui contient des microtubules et des microfilaments formant le cytosquelette de la plaquette et une partie centrale, le chromomère (granulomére) qui contient des mitochondries, un réticulum endoplasmique rugueux, un appareil de Golgi et des granulations (ATP, ADP, sérotonine, thrombosthénine, grains de glycogène). Ils ont une durée de vie de 8 à 12 jours.

Les thrombocytes jouent un rôle fondamental dans la coagulation sanguine ou l'hémostase (c'est-à-dire l'arrêt de l'hémorragie). Le sang circule sous pression à l'état liquide dans le système vasculaire. En cas de blessure et rupture d'un vaisseau, pour arrêter l'hémorragie, les plaquettes obturent la brèche en venant y agréger. Cette première phase est l'hémostase primaire. Mais cet agrégat plaquettaire est instable et perméable; il doit être consolidé. C'est le rôle de la coagulation qui transforme, après une cascade d'activations enzymatiques, le fibrinogène soluble en fibrine insoluble qui vient consolider l'agrégat plaquettaire en le coiffant d'un fin réseau fibrineux. La masse fibrino-plaquettaire qui a obturé la brèche sera

résorbée les jours suivants par la troisième phase, la fibrinolyse, après réparation de la paroi du vaisseau.

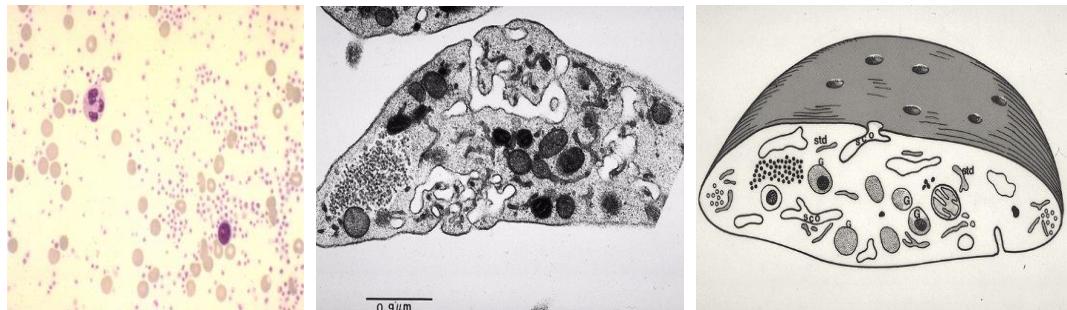


Figure 10. Thrombocyte

2.5.2. L'hématopoïèse

L'hématopoïèse est la fonction par laquelle l'organisme produit et renouvelle les éléments figurés du sang (hématies, leucocytes et plaquettes). Cette production, très finement régulée, est issue de cellules souches mésenchymateuses hématopoïétiques multipotentes.

Ces cellules souches sont capables de s'autorenouveler, ce qui permet le maintien d'un nombre constant de cellules souches, et de se différencier pour assurer le renouvellement des cellules qui meurent.

La première différenciation d'une cellule souche multipotente après sa mise en cycle se fait vers la lignée lymphoïde ou vers la lignée myéloïde : les progéniteurs.

Les progéniteurs se différencient en précurseurs : premières cellules morphologiquement identifiables de chaque lignée. Ce ne sont plus des cellules souches car elles ont perdu toute capacité d'auto renouvellement. Le compartiment des précurseurs a pour buts la multiplication et la maturation cellulaire.

Durant l'hématopoïèse, On distingue la myélopoïèse, permettant la production des cellules myéloïdes (hématies, polynucléaires, monocytes, plaquettes), et la lymphopoïèse permettant la production des lymphocytes.

La régulation de l'hématopoïèse est sous le contrôle de nombreux facteurs de croissance.

A la naissance, la moelle osseuse (occupe les espaces entre les travées de l'os spongieux médullaire, constituée d'un réseau de fibres de réticuline entre lequel se trouvent les cellules hématopoïétiques) est le siège principal de la production hématopoïétique.

Chez l'adulte, seule la moelle osseuse des vertèbres, des côtes, du crane, du bassin et de la partie proximale du fémur assure le renouvellement des lignées sanguines.

2.5.2.1. Lignée myéloïde

- **Érythroïde :** différenciation progressive de la CSH en pro érythroblastes (progéniteurs), en érythroblastes (précurseurs), en réticulocytes énucléés, et enfin en érythrocytes ou hématies matures. Le facteur de différenciation terminale est l'érythropoïétine.
- **Mégacaryocytaire :** différenciation progressive de la CSH en en mégacaryoblastes (progéniteurs), en mégacaryocytes (précurseurs), et enfin en plaquettes. Le mégacaryocyte est une cellule géante qui se fragmente en plaquettes. Le facteur de différenciation terminale est la thrombopoïétine.
- **Granulo-monocytaire :**
 - Différenciation progressive de la CSH en en myéloblastes (progéniteurs), myélo- et métamyélocytes (précurseurs), et enfin en polynucléaires.
 - Différenciation progressive de la CSH en monoblastes (Progéniteurs), promonocytes (précurseurs) et enfin monocytes matures.

2.5.2.2. lignée lymphoïde

lymphocytes B, T, NK.

Différenciation progressive à partir d'un progéniteur lymphoïde commun (MO) soit en précurseurs B qui donneront les LB naïfs ; soit en précurseurs T (thymus) qui donneront les LT naïfs ; soit en précurseurs des lymphocytes NK. Leur différenciation commence aussi au niveau de la moelle osseuse mais leur maturation est différente selon qu'on a affaire à un lymphocyte T (LT) (maturation dans le thymus) ou un lymphocyte B (LB) (maturation dans la moelle osseuse).

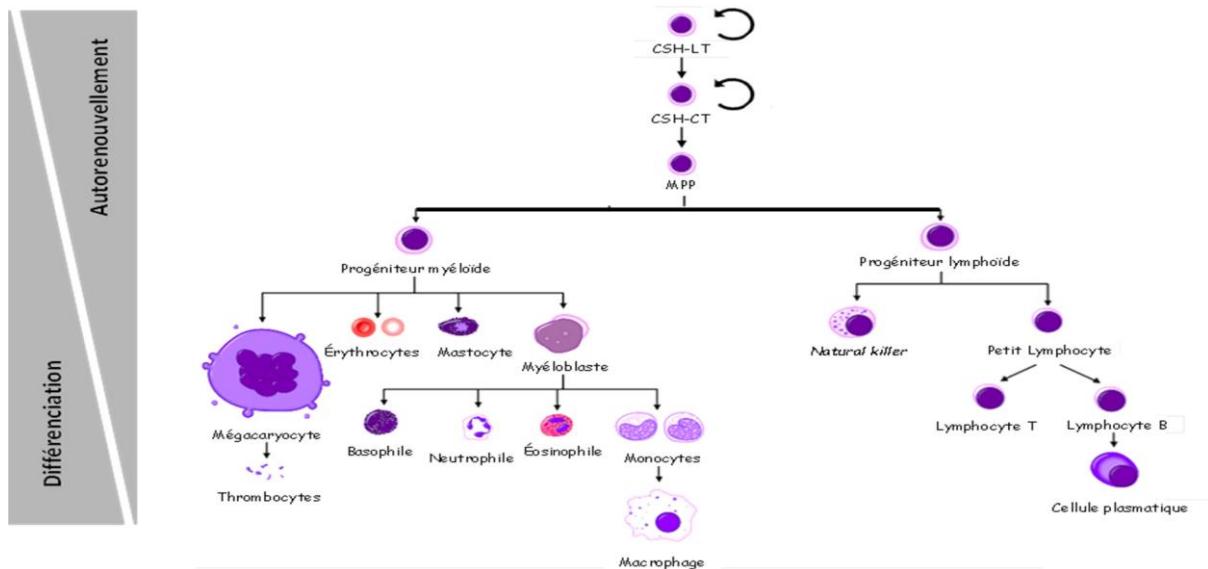


Figure 11. Schéma simplifié de l'hématopoïèse

III. LE TISSU MUSCULAIRE

Le tissu musculaire est une association de cellules spécialisées : les cellules musculaires ou myocytes, dénommées "fibres" musculaires. Ces cellules sont spécialisées dans la production d'un travail mécanique et la contraction musculaire, elles se caractérisent par la présence dans leur cytoplasme d'un matériel protéique filamentaire contractile (l'actine et la myosine) ; les filaments sont groupés en myofibrilles.

On distingue trois variétés de tissu musculaire :

- **le tissu musculaire squelettique** qui est généralement associé au squelette, il se trouve surtout dans les muscles locomoteurs. Il est innervé par le système nerveux volontaire.
- **le tissu musculaire cardiaque** qui existe uniquement dans le myocarde. Sa contraction rythmique est involontaire.
- **le tissu musculaire lisse** qui compose les tuniques musculaires des viscères et des vaisseaux. Il se contracte de façon involontaire en réponse à une stimulation du système nerveux autonome.

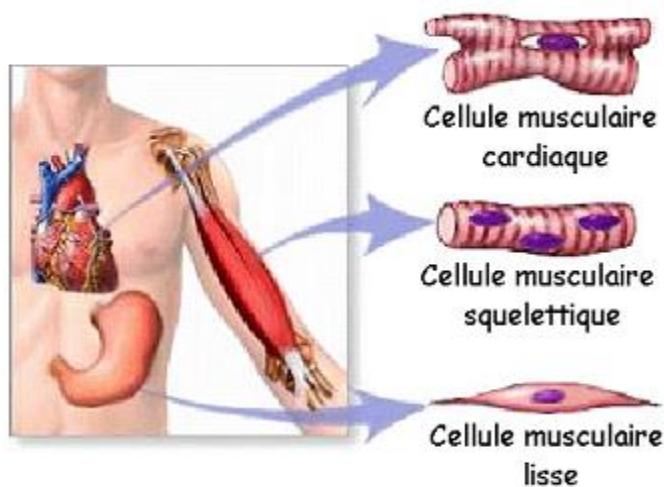


Figure 1. Les trois types de muscles

A coté des tissus musculaires individualisés existent des cellules contractiles diffuses ou isolées dans divers tissus et/ou organes : les péricytes (entourent les endothéliums capillaires), les myofibroblastes présents dans le tissu conjonctif et les cellules myoépithéliales au niveau des épithéliums glandulaires.

3.1. Origine embryonnaire

Les tissus musculaires dérivent du mésoderme (couche de cellules germinales embryologique) grâce à un processus connu sous le nom de la myogenèse.

3.2. Types de tissu musculaire

3.2.1. Le tissu musculaire squelettique

Les muscles squelettiques s'insèrent en général sur les os par l'intermédiaire de tendons. Ils peuvent aussi s'insérer sur des cartilages ou sur des lames fibreuses (aponévroses). Certains muscles, par exemple les muscles de la langue, s'insèrent à la face profonde des muqueuses.

3.2.1.1. Structure

3.2.1.1.1. Fibres musculaires squelettiques

Les fibres musculaires striées ou Rhabdomyocytes sont des cellules cylindriques, fusiformes ou coniques, larges mesurent 10 à 100 µm de diamètre et ont une longueur variable de quelques centaines de µm à plusieurs centimètres. Les noyaux sont ovales, nombreux et périphériques. Les fibres musculaires squelettiques forment de longs faisceaux épais où elles sont parallèles. Les organites cytoplasmiques sont autour des noyaux, contre la membrane plasmique ou sarcolemme, et dans les interstices entre les myofibrilles.

Le cytoplasme ou sarcoplasme comporte un appareil de Golgi au pôle de chaque noyau, des enclaves cytoplasmiques, des mitochondries et de la myoglobine qui est un pigment rouge, proche de l'hémoglobine, qui donne sa couleur au muscle et qui fixe l'oxygène apporté par le sang (le myoplasme désigne l'ensemble des myofibrilles).

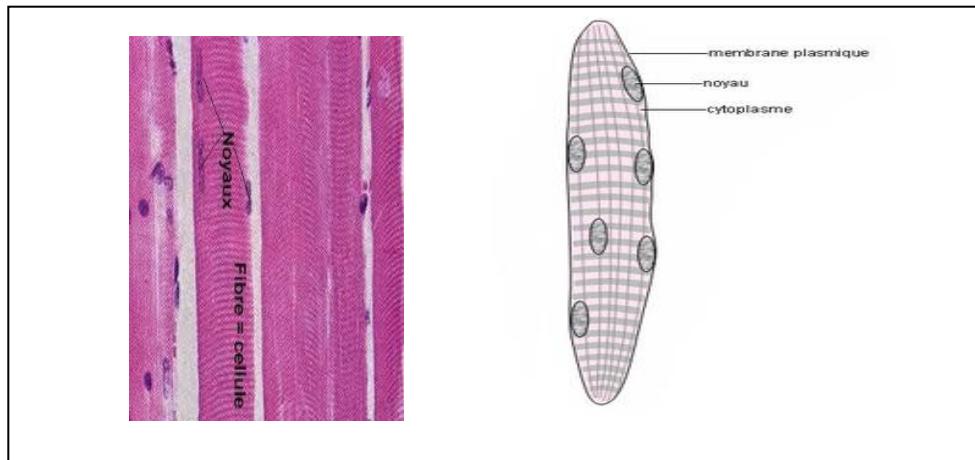


Figure 2. Tissu musculaire

Strié squelettique

Figure 3. Cellule musculaire

striée squelettique

❖ Le sarcomère

- La myofibrille est l'unité contractile de la fibre musculaire striée.
- La myofibrille est un enchainement de sarcomères,
- Le sarcomère mesure 2 à 3 μm de longueur pour 1 μm de diamètre, composé d'un faisceau de myofilaments (épais et fins) parallèles à son axe.
- Les filaments épais sont situés au milieu du sarcomère ; les filaments fins sont situés latéralement et se disposent entre les filaments épais : on distingue ainsi plusieurs régions au sein du sarcomère :
 - ✓ les bandes A anisotropes de 1,5 μm de long
 - ✓ les bandes I isotropes de 0,8 μm de long alternent d'un bout à l'autre de la fibre musculaire.
 - ✓ chaque bande A est scindée par une bande H plus claire.
 - ✓ la bande H est à son tour partagée par une ligne sombre, la ligne M.
 - ✓ chaque bande I est scindée par la ligne Z plus sombre.
 - ✓ deux lignes Z consécutives délimitent un sarcomère (1 bande sombre et 2 demi bandes claires).

❖ Les myofilaments

Le sarcomère contient deux types de myofilaments superposés les uns aux autres et orientés dans l'axe des myofibrilles.

- ✓ Les filaments fins ont un diamètre de 8 nm et sont composés principalement d'actine :
2 filaments entrecroisés chacun (actine F) est formé par la polymérisation de nombreuses molécules d'actine globulaire (actine G), s'insèrent sur les stries Z et se situent dans les disques I et les parties latérales du disque A (en dehors de la bande H). D'autres protéines sont présentes comme la tropomyosine et la troponine.
- ✓ Les filaments épais sont constitués par l'association de 200 à 300 molécules de myosine et chaque molécule présente une longueur de 140 à 170 nm. Chaque molécule est composée de deux chaînes lourdes qui s'enroulent l'une autour de l'autre et de quatre chaînes légères fixées sur les têtes des chaînes lourdes. Ils sont situés au milieu du sarcomère au niveau du disque A.
- ✓ D'autres protéines accessoires lient entre eux les myofilaments et leur confère l'élasticité nécessaire qui leur permet de retrouver leur forme initiale après la contraction. Parmi ces protéines :
 - la myomésine qui fixe la myosine dans la région de la strie M.
 - la titine qui fixe les extrémités des filaments épais à la strie Z.
 - la nébuline qui maintient la structure hélicoïdale des filaments fins.
 - la desmine qui lie entre elles les myofibrilles et à la membrane plasmique.
 - la protéine C qui lie la myosine.

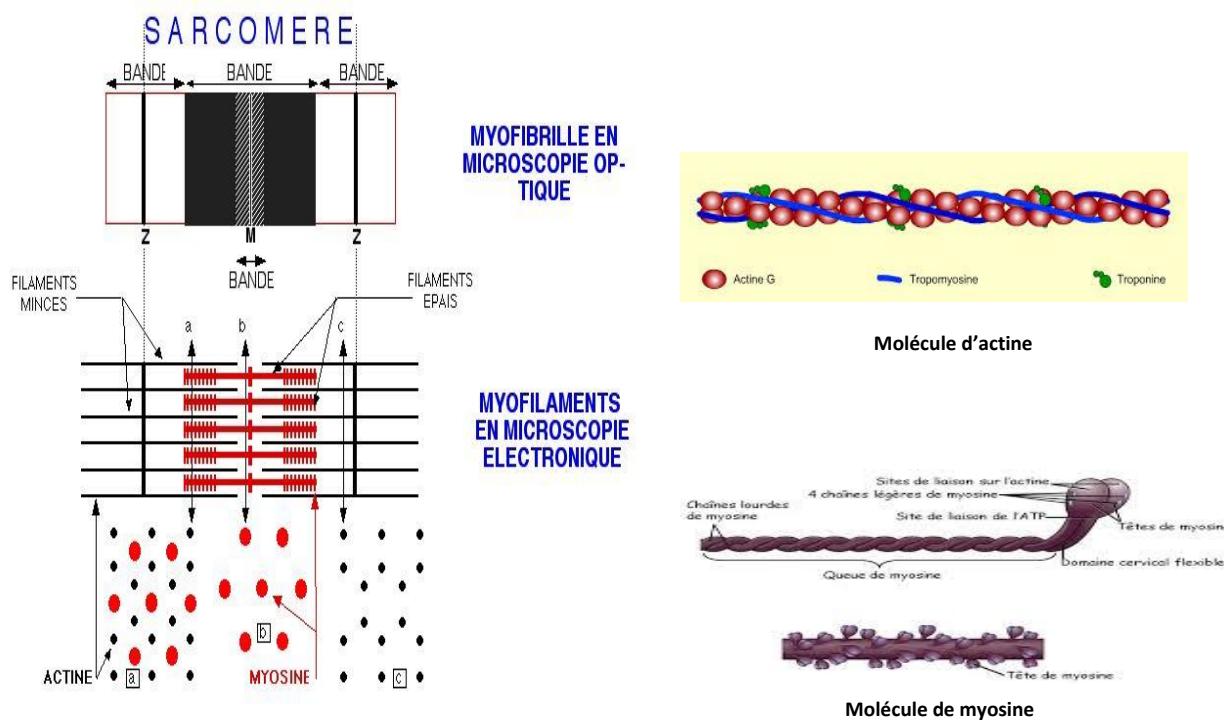
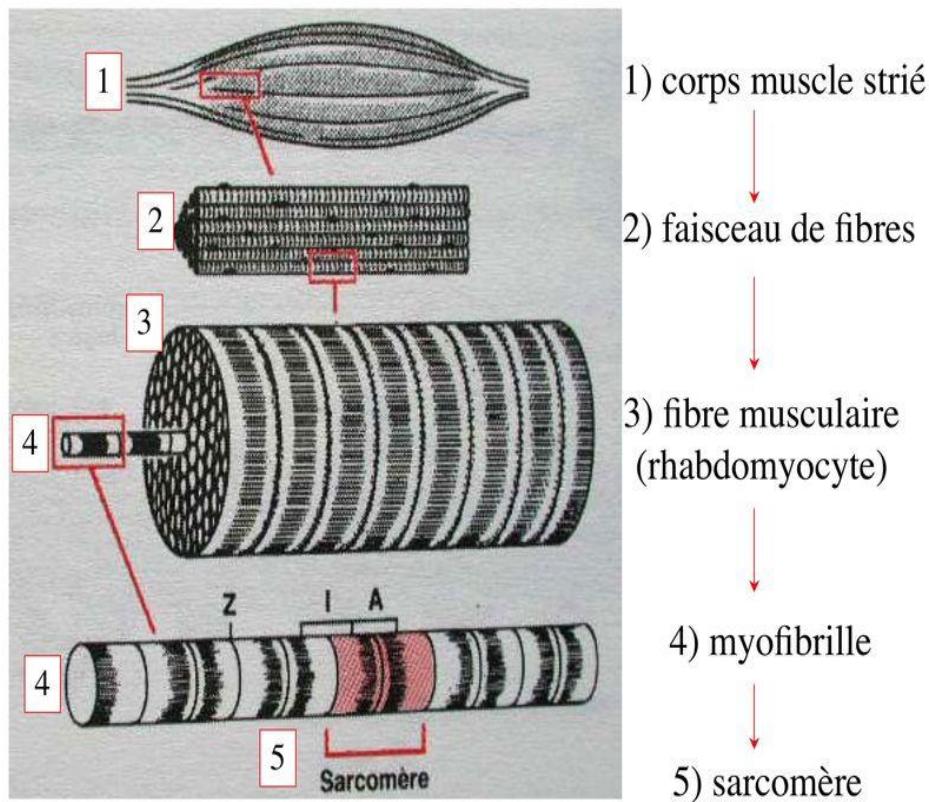


Planche 1. Ultrastructure des myofibrilles

❖ La triade

Le sarcolemme, émet des invaginations ou tubules T (transverses) qui s'insinuent entre les myofibrilles et s'appliquent contre elles au niveau de la limite entre bande A et bande I. Le réticulum endoplasmique lisse est un réseau très serré de canalicules au niveau de la bande H. De ce réseau partent quelques tubules qui s'anastomosent en une grande citerne adossée au tubule T. L'ensemble du tubule T et des deux citernes est une triade. Les tubules T augmentent la surface d'échanges et conduisent le potentiel d'action du sarcolemme jusqu'au centre de la cellule. Celui-ci induit la libération du calcium stocké dans les citernes du réticulum.

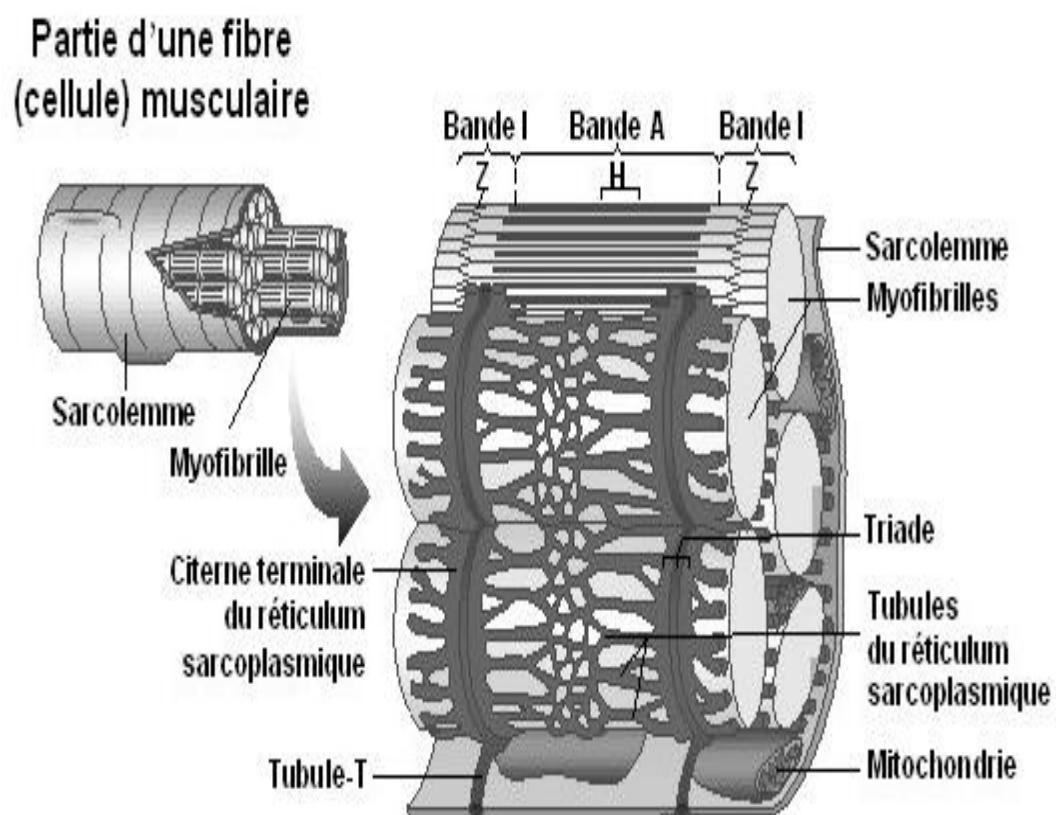


Figure 4. Structure du réticulum sarcoplasmique

3.2.1.1.2. Charpente conjonctive

Le tissu conjonctif unit les fibres musculaires striées entre elles et transmet les mouvements de contraction.

- ✓ Un muscle squelettique est entièrement enveloppé d'une couche épaisse de tissu conjonctif dense, l'épimysium.
- ✓ De cet épimysium se détachent des lames qui entourent chaque faisceau musculaire et qui forment le périmysium.
- ✓ Chaque fibre musculaire squelettique est entourée d'une fine gaine collagène (type 1), l'endomysium, riche en capillaires.

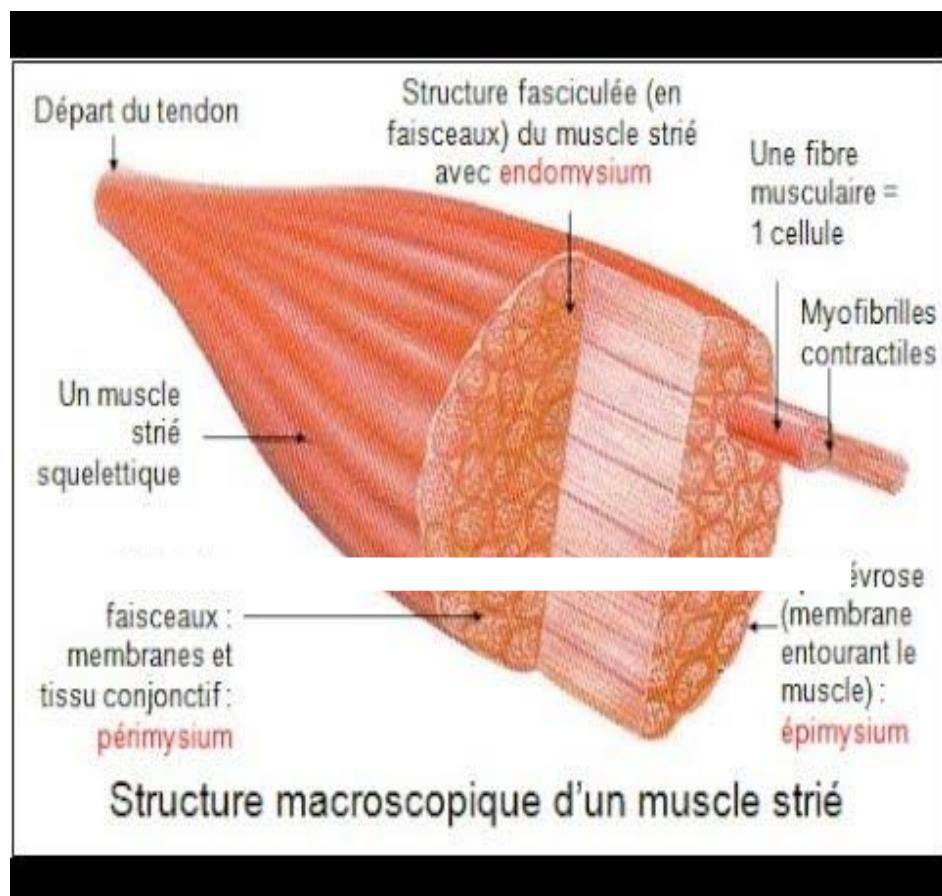


Figure 5. Structure de la charpente conjonctive d'un muscle squelettique

3.2.1.3. Cellules satellites

Cellules souches unipotentes, généralement quiescentes au repos. En cas de lésion musculaire, ces cellules sont capables de s'activer, de se diviser en redonnant une cellule satellite et une cellule fusionnant avec la fibre musculaire; ainsi elles contribuent à la réparation des myocytes lésés et à la formation de nouveaux myocytes musculaire.

3.2.1.2. Vascularisation et innervation

La vascularisation est assurée par un réseau capillaire, émanant des artères et veines, envoyant des ramifications dans le périmysium puis dans l'endomysium.

Chaque fibre musculaire striée possède une innervation individuelle triple (motrice, sensitive et végétative).

3.2.1.3. Contraction

- ✓ Au niveau de la plaque motrice, le neuromédiateur (acétylcholine) est libéré par la terminaison du nerf moteur induisant la dépolarisation du sarcolemme.
- ✓ La dépolarisation transmise à l'ensemble de la cellule, via le réseau en T, jusqu'au réticulum sarcoplasmique provoque la libération du calcium stocké.
- ✓ Au contact des systèmes sarcomériques, le calcium provoque des translocations sur les filaments fins, avec un déplacement de la troponine et de la tropomyosine.
- ✓ La translocation entraîne le démasquage de sites sur l'actine, et permet l'interaction entre actine et myosine.
- ✓ L'interaction actine-myosine, en présence d'ATP, permet alors le glissement mécanique des filaments fins sur les filaments épais.
- ✓ Ce glissement provoque un raccourcissement sarcomérique et explique la contraction.
- ✓ Lors d'une contraction, seule la longueur des bandes A (+ strie M) reste inchangée.
- ✓ Inversement les bandes I et H diminuent d'épaisseur dans les mêmes proportions : ce phénomène indique qu'il se produit un glissement des filaments les uns par rapport aux

autres, sans déformation des filaments eux-mêmes.

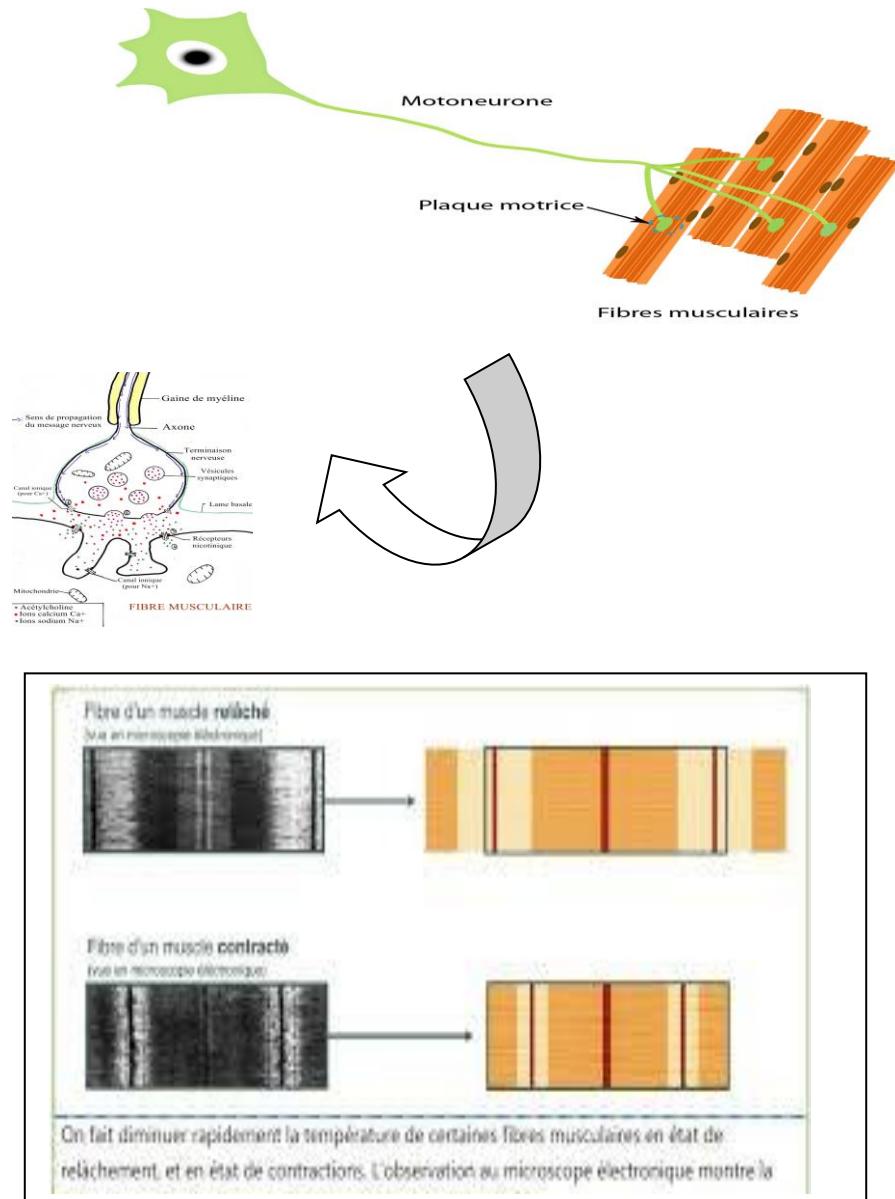


Planche 2. Variation de l'aspect du sarcomère au cours de la contraction musculaire.

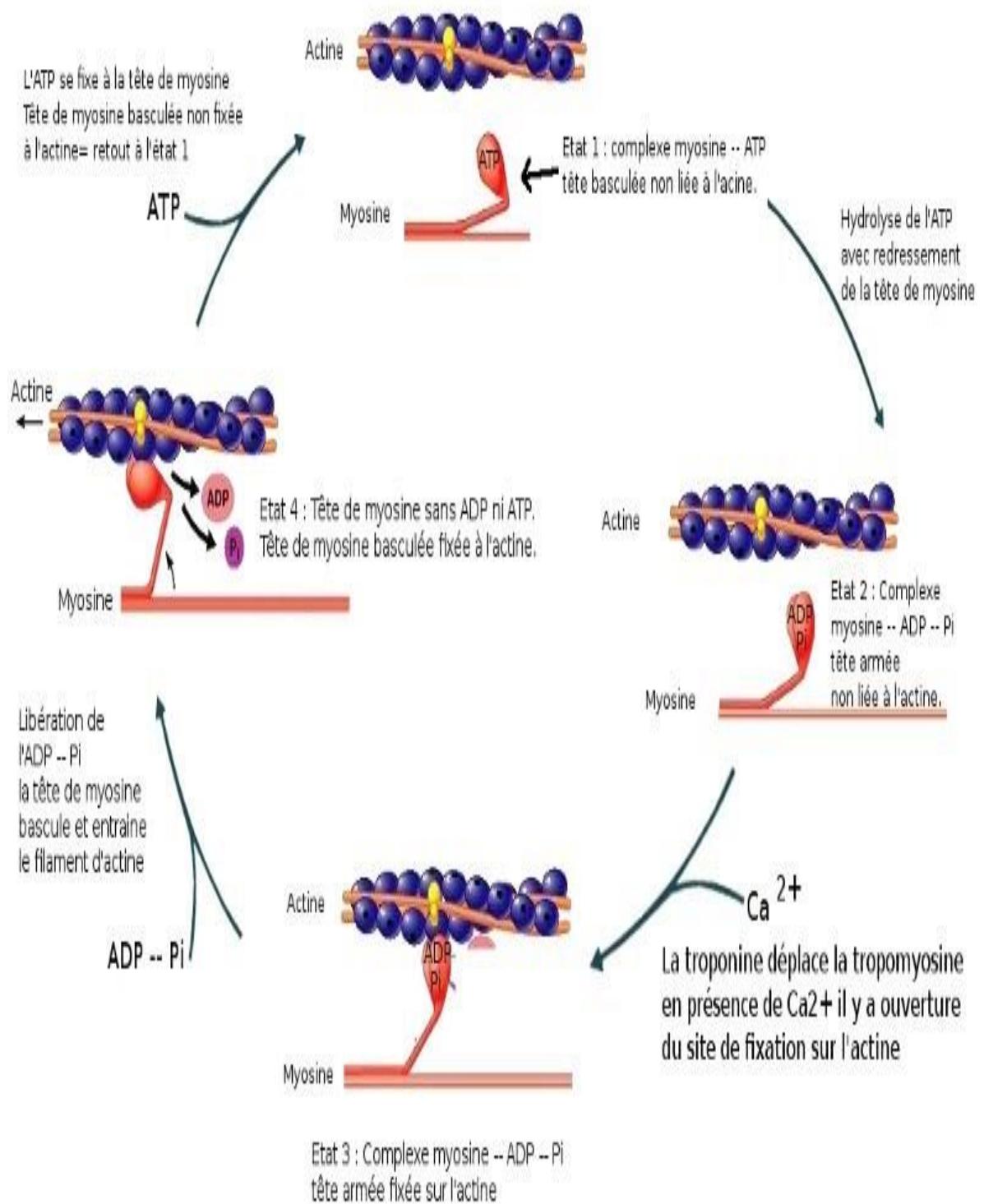


Figure 6. Mécanismes de la contraction

3.2.2. Le tissu musculaire cardiaque

Le muscle cardiaque est un muscle strié, comme le muscle squelettique. Il est composé de cellules musculaires striées myocardiques, qui présentent la caractéristique essentielle de se contracter spontanément de façon rythmique et de cellules du tissu nodal cardionectrices (nodales et de conduction) : elles génèrent et conduisent l'onde d'excitation cardiaque à partir du nœud sinusal. Les cellules satellites n'existent pas et de ce fait, la régénérescence est impossible.

3.2.2.1. Structure

3.2.2.1.1. Les fibres musculaires cardiaques

Les fibres musculaires cardiaques ou cardiomyocytes, sont des cellules cylindriques et ramifiées possédant de courts prolongements qui leur permettent de s'anastomoser aux cellules voisines. Elles sont courtes, leur longueur varie entre 100 et 150 µm, mononucléées et le noyau est central. Les organites cellulaires occupent la zone nucléaire et quelques fentes discontinues au sein de la masse contractile : appareil de Golgi, mitochondries, du glycogène, de la myoglobine et un pigment jaune ou brunâtre : la lipofuschine.

Les fibres musculaires cardiaques sont anastomosées en réseau grâce à leurs embranchements. Elles établissent des contacts intercellulaires sous forme de stries dites scalariformes : dispositifs de jonction particuliers qui assurent la cohésion des cellules myocardiques, ainsi que la transmission de la tension développée par la myofibrille et la diffusion rapide de l'excitation d'une cellule à l'autre (les desmosomes, une zonula adhaerans, des gaps jonctions).

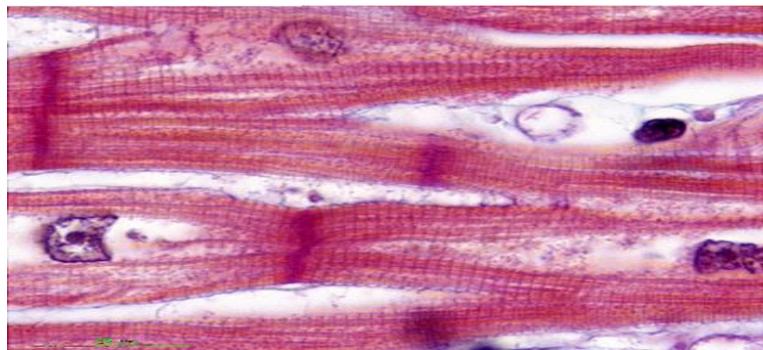


Figure 7. Tissu musculaire cardiaque

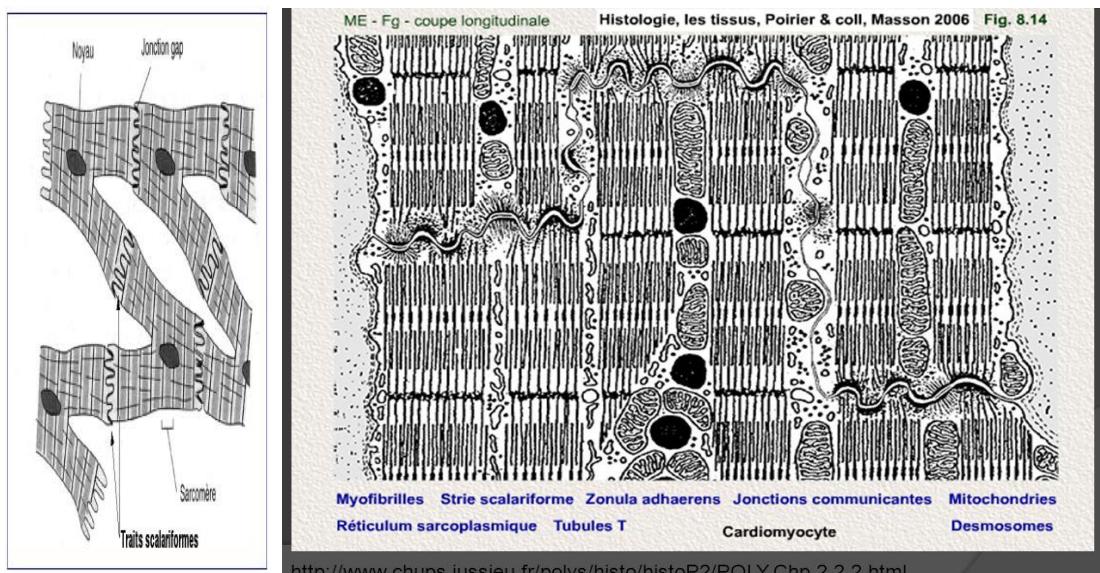


Figure 8. Fibres musculaires cardiaques

Le sarcolemme se différencie de celui des fibres squelettiques par l'absence de plaques motrices et de jonctions neuromusculaires.

L'appareil contractile ressemble très fort à celui du muscle squelettique et présente la même striation transversale puisqu'il est constitué de sarcomères superposés. Toutefois, il n'existe pas de vraie striation longitudinale. Les myofilaments ne sont pas organisés en myofibrilles cylindriques parallèles les unes aux autres. Au contraire, ils forment une large masse cylindrique incomplètement divisée par des zones cytoplasmiques et nucléaires.

L'association d'une tubule T et d'une seule citerne de calcium (ou réticulum sarcoplasmique cardiaque) forme des diades et non des triades comme dans les muscles squelettiques. Elles sont localisées au niveau des stries Z et non au niveau des jonctions entre bandes A et I. Le réticulum endoplasmique est peu développé, les réserves intracellulaires en calcium sont faibles. Toutefois, l'entrée de calcium est favorisée par l'abondance des tubules T.

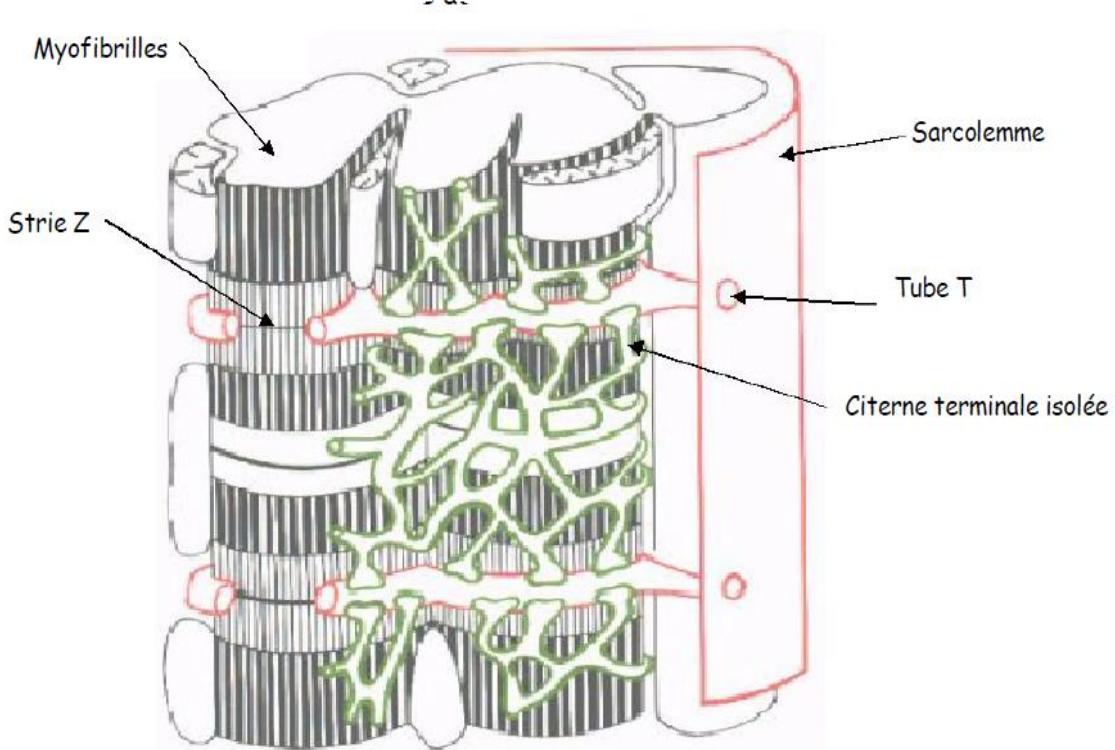


Figure 9. Structure du réticulum sarcoplasmique

3.2.2.1.2. Les cellules du tissu nodal

Les cellules nodales se regroupent au sein d'enchevêtrements de fibroblastes et forment, entre autres, le nœud sino-auriculaire, responsable de l'excitation cardiaque. D'autres cellules cardionectrices assurent la transmission de l'excitation formant des faisceaux dans la paroi myocardique comme le faisceau de His.

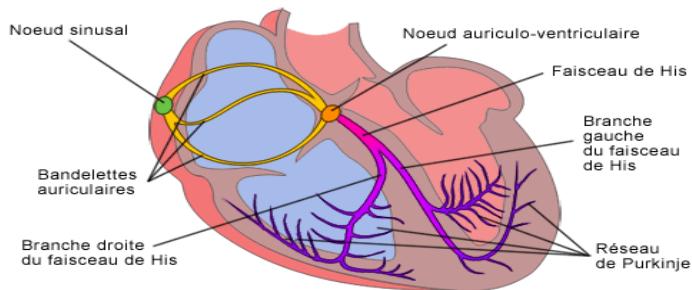


Figure 10. Le tissu nodal

3.2.2.2. Vascularisation et innervation

Le tissu cardiaque est vascularisé par les artères coronaires droite et gauche. Le drainage veineux est assuré par la grande veine du cœur et par un réseau veineux secondaire.

Il est innervé par le système nerveux végétatif : le rythme des battements cardiaques est déterminé par l'activité du nœud sino-auriculaire mais peut être modifié par les influx sympathiques et parasympathiques.

3.2.2.3. Contraction

La contraction du muscle cardiaque est contrôlée par la concentration en ions Ca++ d'une façon identique à celle de la cellule musculaire striée mais :

- Le système T est formé d'invaginations plus volumineuses
 - Le réticulum sarcoplasmique est moins régulier et moins bien organisé
 - Les diades sont en regard des stries Z et non pas en regard de la jonction A-I
 - La propagation de l'onde de contraction dans l'ensemble du myocarde est assurée par les jonctions de type nexus des traits scalariformes.

3.2.3. Le tissu musculaire lisse

3.2.3.1 . Structure

3.2.3.1.1. Les fibres musculaires lisses

Les fibres musculaires lisses ou léiomyocytes sont fusiformes et courtes; leur longueur varie entre 20 et 200 µm. Le noyau est long et effilé, unique et central.

Les organites cellulaires sont regroupés autour du noyau central dans une zone dépourvue de filaments contractiles. Les mitochondries sont nombreuses, le réticulum endoplasmique est également abondant, ainsi que l'appareil de Golgi. On trouve également des enclaves lipidiques et glycogéniques ainsi que des inclusions pigmentaires.

Le sarcolemme est formé de la membrane plasmique, de la membrane basale et du tissu conjonctif sous jacent.

L'appareil contractile et filamentaire est très développé. Les cellules musculaires lisses ne sont pas striées car l'appareil contractile ne comprend ni myofibrilles ni sarcomères. Certes elles contiennent des filaments épais et minces mais ces filaments sont différents de ceux des muscles squelettiques.

Les filaments épais et fins ne sont pas disposés en sarcomères, les filaments épais portent des têtes de myosine sur toute leur longueur, une caractéristique qui permet à ces muscles d'être aussi puissants. La tropomyosine est associée aux filaments minces mais pas de troponine.

Les faisceaux de protéines contractiles, actine et myosine, s'entrecroisent dans la cellule et s'insèrent sur des points d'ancre (corps denses) issus du feuillet interne du sarcolemme structuralement proches des jonctions adhérentes. Des corps denses sont aussi disséminés dans le sarcoplasme. L'ensemble de ces structures est relié par un réseau de filaments intermédiaires constitués majoritairement de desmine et de vimentine qui s'insèrent sur les corps denses.

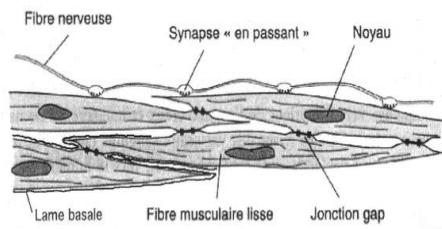
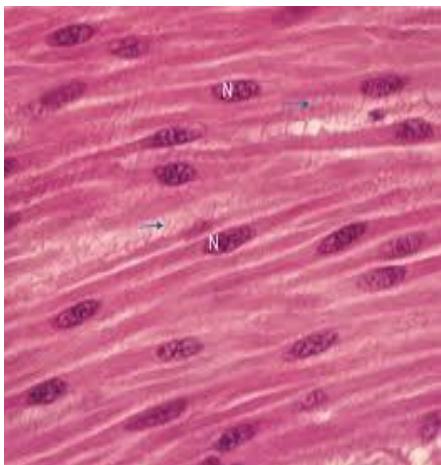


Figure 11. Tissu musculaire lisse

La lame basale fait défaut dans des zones où les cellules communiquent entre elles par des jonctions de type communicantes (nexus) très répandues permettant la diffusion de l'excitation d'une cellule à l'autre.

Le réticulum sarcoplasmique des fibres musculaires lisses est moins développé que celui des fibres musculaires squelettiques. De nombreuses petites invaginations de la membrane plasmique : les cavéoles caractérisent les cellules musculaires lisses qui fonctionnent d'une façon analogue au système des tubules T des cellules musculaires striées, en contrôlant l'entrée d'ions Ca++ dans la cellule. Des saccules de réticulum endoplasmique lisse arrivent au contact des cavéoles (elles seraient l'équivalent des triades du système T des cellules musculaires striées).

Les fibres musculaires lisses ne possèdent pas de terminaisons nerveuses très élaborées comme celle que l'on trouve dans les muscles squelettiques, par contre elles sont reliées à des neurofibres du système nerveux autonome.

3.2.3.2. Organisation

Les muscles lisses sont présents dans la paroi de nombreux organes (tous les vaisseaux sanguins sauf les plus petits, intestins, utérus...). Ils forment des couches denses qui tapissent la paroi interne des vaisseaux et des organes creux. Ces cellules sont soit isolées dans le tissu

conjonctif, soit regroupées en tunique musculaire (vaisseaux, tube digestif) ou en muscles (muscle érecteur du poil). Généralement, les faisceaux des fibres lisses des tuniques musculaires sont organisés en deux couches superposées : une couche circulaire et une couche longitudinale. L'orientation de ces couches est définie par l'orientation des fibres musculaires lisses par rapport à l'axe de l'organe.

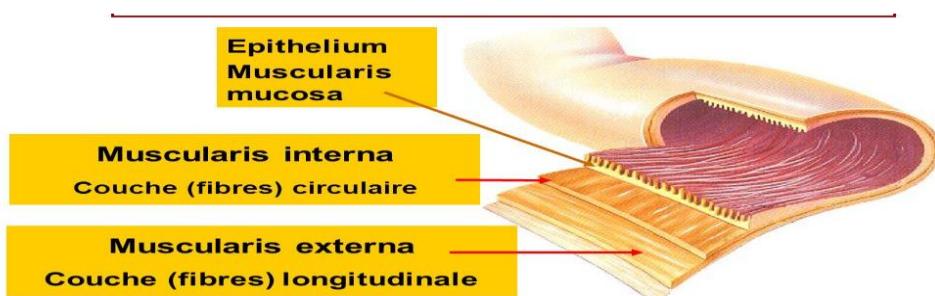


Figure 12. Les couches musculaires du tube digestif

3.2.3.3. Vascularisation et innervation

La vascularisation est pauvre en raison des faibles dépenses énergétiques du muscle lisse. Les artéries se résolvent en un réseau capillaire, à mailles longitudinales, qui ne traverse que le périmysium. Les capillaires ne pénètrent jamais à l'intérieur d'un faisceau.

Le muscle lisse en général dépend plus du métabolisme anaérobie. Ainsi les muscles lisses des parois artérielles sont avasculaires. Ce n'est pas le cas des muscles lisses du tube digestif.

Le muscle lisse est innervé par des neurofibres appartenant au système nerveux autonome sympathique et parasympathique. La fibre musculaire lisse est directement excitée. La transmission de l'excitation se fait de fibre à fibre par l'intermédiaire de jonctions serrées.

3.2.3.4. Contraction

Le calcium qui afflue dans la fibre musculaire lisse se lie à la calmoduline, une protéine de liaison du calcium (calcium-binding protein). Le complexe calcium-calmoduline qui s'est

formé active une enzyme, la kinase des chaînes légères de myosine. Cette kinase permet la phosphorylation d'une des deux chaînes de myosine légères de chaque tête de myosine par l'utilisation de l'ATP. Cette phosphorylation permet de démasquer le site de liaison de l'actine sur la tête de myosine lourde. La liaison de l'actine avec la myosine induit la contraction de la fibre musculaire lisse.

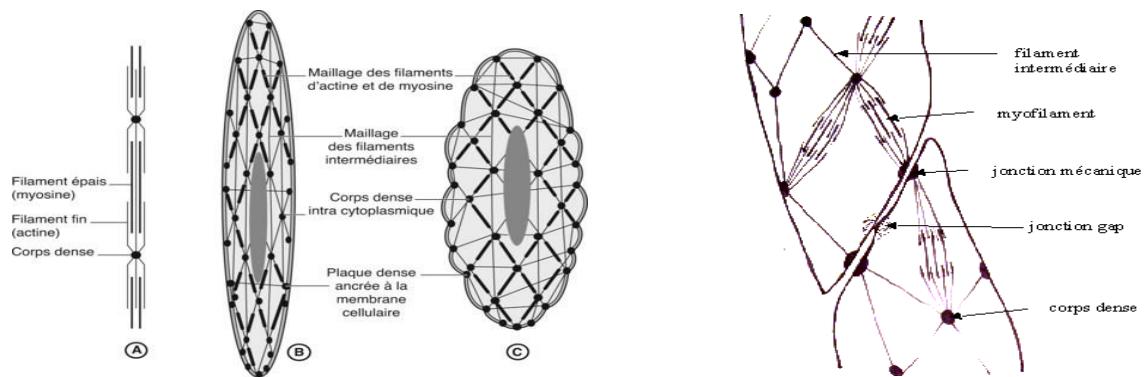


Figure 13. Contraction de la fibre musculaire lisse

IV. LE TISSU NERVEUX

Le système nerveux est l'ensemble des structures qui coordonnent les fonctions d'un individu et permettent ses relations avec le milieu extérieur.

Du point de vue anatomique, le système nerveux comporte :

- Le système nerveux central (SNC) : encéphale et moelle épinière.
- Le système nerveux périphérique(SNP) : fibres nerveuses, nerfs et ganglions.
 - La substance grise et les ganglions renferment les corps des cellules nerveuses.
 - La substance blanche et les nerfs sont formés uniquement de fibres.

Le tissu nerveux est un tissu d'origine ectoblastique (neurectoblaste) formé par l'assemblage :

- de cellules nerveuses : les neurones (plus de 100 millions) dont les fonctions sont la réception, le traitement, le stockage et le transfert de l'information provenant du monde extérieur ou de l'organisme, afin de provoquer une réponse adaptée et coordonnée, basées sur 2 propriétés principales : excitabilité et conductibilité
- de cellules nourricières : les cellules gliales dont l'ensemble forme la névroglyphe à multiples fonctions : protection, soutien, nutrition des neurones, régulation de l'activité neuronale et défense du système nerveux.

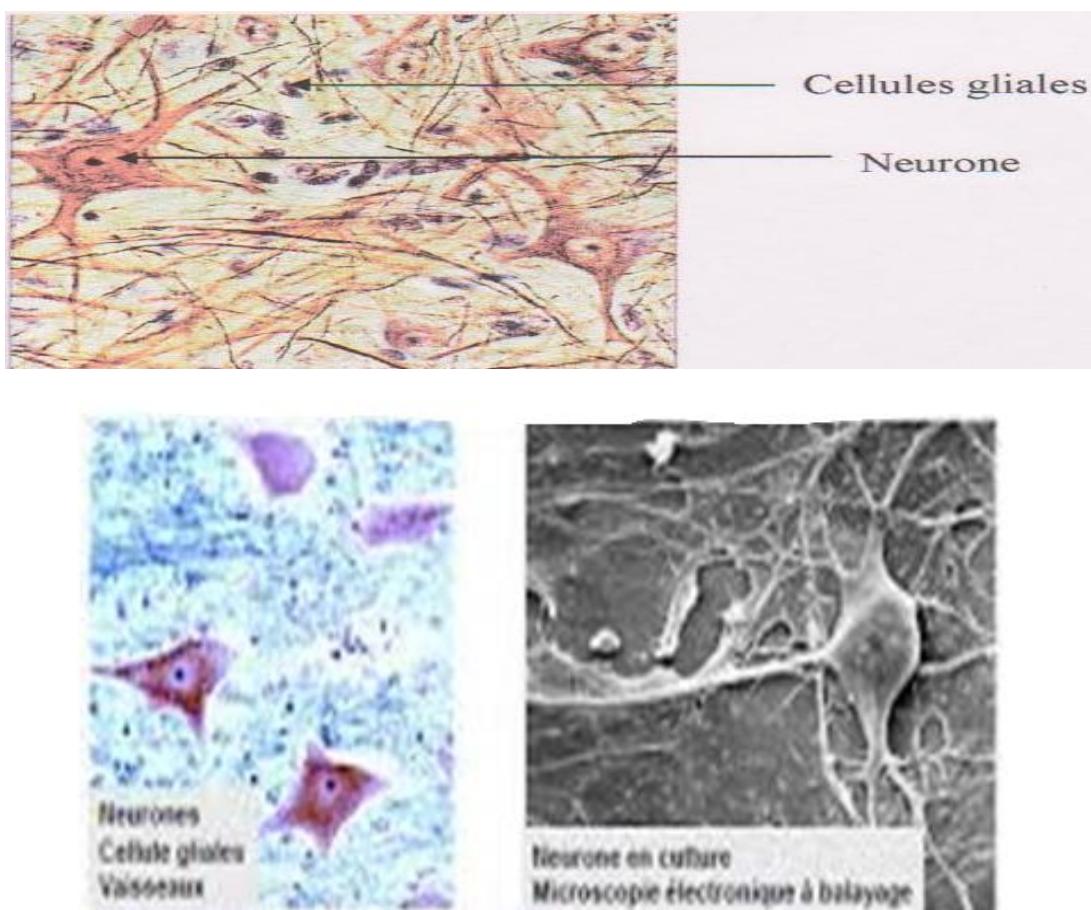


Figure 1. Le tissu nerveux

4.1. Origine embryonnaire

Le tissu nerveux est d'origine neurectoblastique, le tube neural à l'origine du SNC et les crêtes neurales à l'origine du SNP.

4.2. Structure du neurone

Les neurones sont constitués de 3 parties, le corps cellulaire et les prolongements : neurites dont l'axone et les dendrites impliqués dans la conduction de l'influx nerveux.

L'influx est induit à l'extrémité de la dendrite; il se déplace le long de celle-ci pour rejoindre le péricaryon. Il quitte le péricaryon par l'axone et se déplace vers l'extrémité synaptique de l'axone. La conduction est donc centripète dans la dendrite et centrifuge dans l'axone.

4.2.1. Le corps cellulaire (péricaryon)

Partie contenant un noyau volumineux avec un gros nucléole.

Un cytoplasme avec un réticulum endoplasmique granuleux très développé et des ribosomes, l'ensemble constitue le corps de Nissl dont le rôle est la synthèse des protéines (enzymes, cytosquelette, neuromédiateurs).

Le corps cellulaire contient aussi un appareil de Golgi développé, des mitochondries et des lysosomes.

Le cytosquelette, abondant, comprend des microtubules (tubuline), des microfilaments (actine) et des filaments intermédiaires ou neurofilaments.

La membrane plasmique est riche en canaux ioniques, en pompes ioniques à activité ATPasique et en récepteurs.

4.2.2. L'axone

C'est un prolongement cytoplasmique unique, parfois très long (1 mètre pour l'axone des motoneurones de la corne antérieure de la moelle épinière). Il naît du corps cellulaire neuronal au niveau d'une zone : le cône d'implantation. Dans le cytoplasme, on trouve les organites habituels sauf les corps de Nissl. La partie distale est dotée de ramifications porteuses de nombreuses synapses qui sont les sites spécialisés de communication entre des neurones ou entre des neurones et d'autres cellules.

4.2.3. Les dendrites

Souvent multiples, plus courtes et ramifiées, contiennent les organites habituels. Elles présentent parfois à leur surface de petites excroissances cytoplasmiques dénommées épines dendritiques et qui sont généralement le siège d'un contact synaptique.

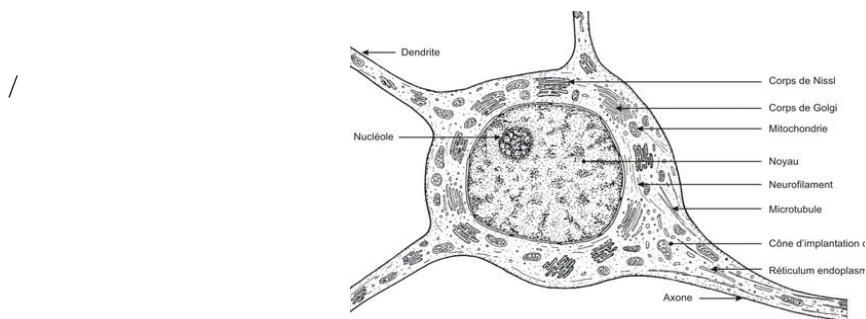
4.2.4. Les synapses

Le terme général de synapse désigne la connexion permettant la transmission de l'influx nerveux deux neurones (synapse interneuronales), entre un neurone et une cellule

musculaire striée (synapse neuromusculaire), entre un neurone et une cellule musculaire lisse (synapse autonome) ou entre un neurone et une cellule glandulaire (synapse neuroglandulaire). La synapse comprend un élément présynaptique et un élément postsynaptique séparés par une fente synaptique d'environ 20 à 30 nm. L'élément présynaptique ou "bouton synaptique" est toujours l'extrémité renflée d'un axone. Il contient de nombreuses vésicules synaptiques. L'élément postsynaptique est une portion spécialisée de la membrane plasmique d'une cellule effectrice ou d'un neurone.

Parmi les synapses interneuronales :

- les synapses axo-somatiques : contact entre l'axone d'un neurone et le corps cellulaire d'un autre neurone.
- les synapses axo-dendritiques : contact entre l'axone d'un neurone et les dendrites d'un autre neurone.
- les synapses axo-axoniques : contact entre deux axones.



NEURONE

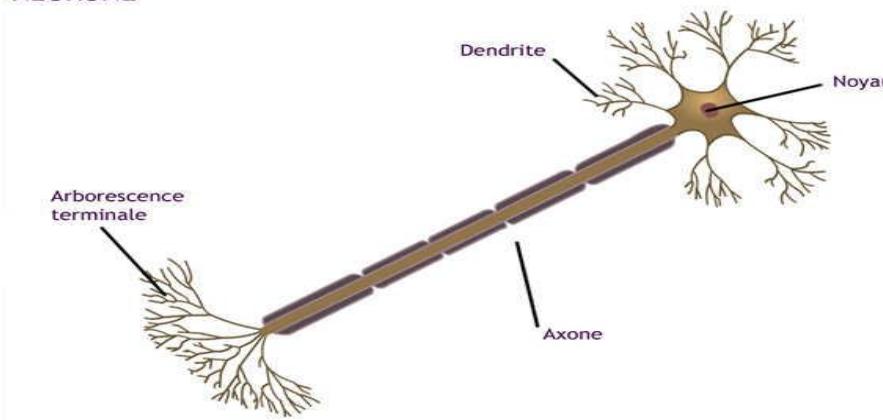
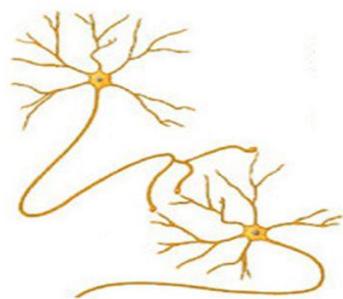


Figure 2. Structure du neurone

Il existe 3 types de synapses selon la nature de la cellule postsynaptique



synapses inter-neuronales synapses neuro-musculaires

message nerveux présynaptique
→ excitation ou inhibition du
neurone postsynaptique



message nerveux
→ contraction musculaire



synapses neuro-glandulaires

message nerveux
→ sécrétion
glandulaire

Figure 3. Différents types de synapses

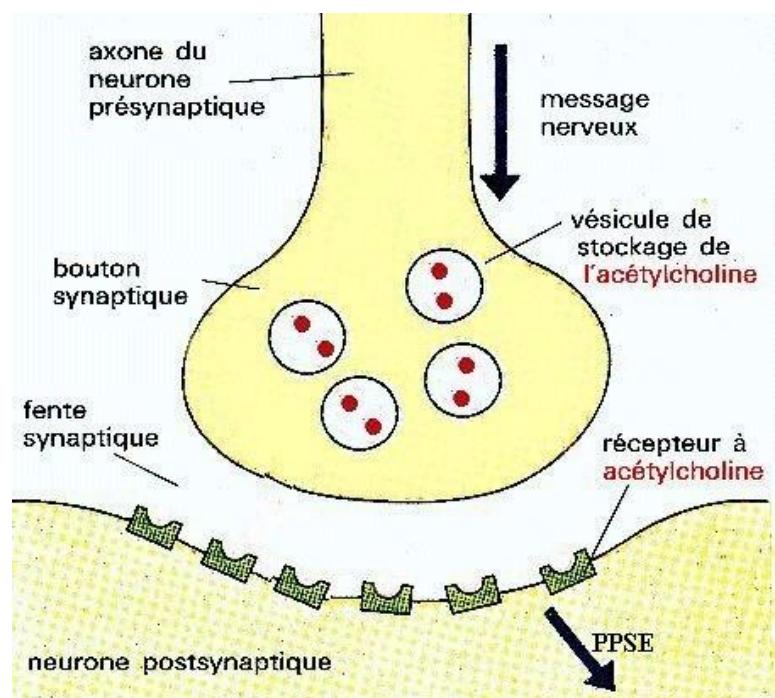


Figure 4. La plaque motrice

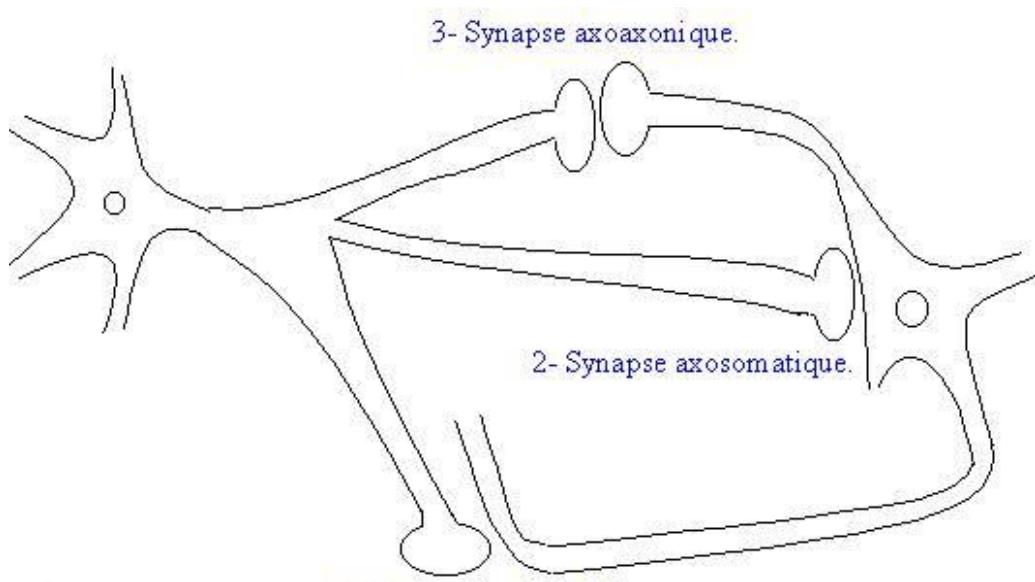


Figure 5. Différents types de synapses interneuronales

4.3. Classification

Il est possible de classer les neurones selon la morphologie du corps cellulaire et de leurs prolongements et de leur fonction.

4.3.1. Classification morphologique

4.3.1.1. Forme du corps cellulaire

il est impossible de détailler toutes les formes, nous ne citons que les principales :

- pyramidale (substance grise du cortex cérébral),
- étoilé ou en corbeille (cortex cérébral)
- piriforme (cellules de Purkinje qui se trouvent exclusivement dans le cervelet).

4.3.1.2. Nombre de prolongements cellulaires

Un neurone peut-être :

- unipolaire : comportant un axone et pas de dendrites (Ex : neurones de la rétine).
- bipolaire : un axone d'un côté, une dendrite de l'autre (Ex: neurone bipolaire de la rétine).
- pseudo-unipolaire : on observe un axone se divisant à distance du corps cellulaire en un prolongement afférent et un prolongement efférent (Ex : les neurones sensitifs en T des ganglions spinaux).
- multipolaire : un axone, plusieurs dendrites réparties dans toutes les directions de l'espace, c'est l'organisation neuritique la plus fréquente (Ex: motoneurone de la corne antérieure de la moelle épinière).

4.3.2. Classification fonctionnelle

Tient compte du sens de propagation de l'influx nerveux par rapport au SNC. On distingue/

- les neurones efférents ou moteurs qui transmettent l'influx hors du SNC.
- les neurones afférents ou sensitifs, qui transmettent l'influx vers le SNC.
- Les interneurones ou neurones d'association qui sont situés entre les deux précédents

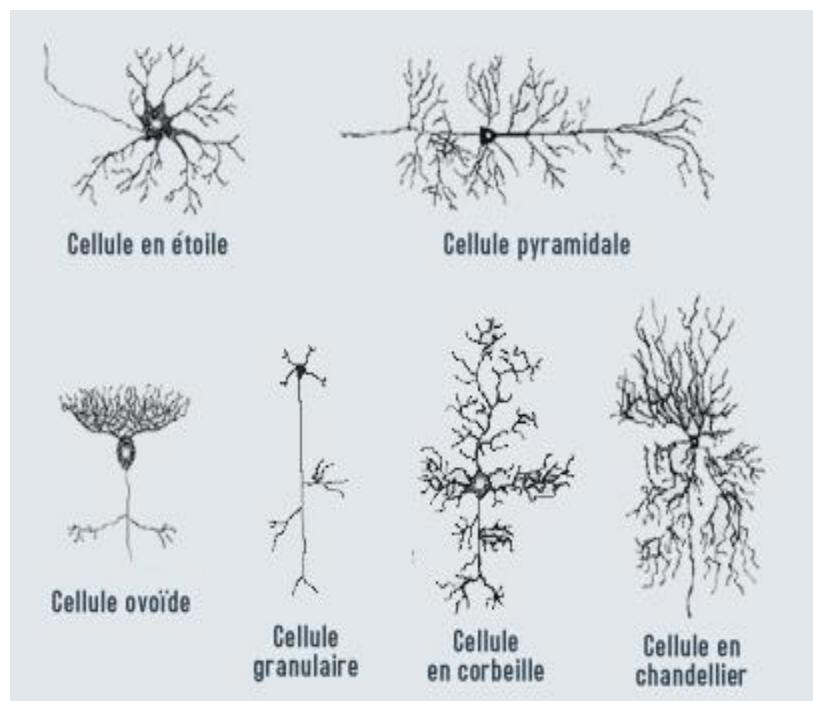


Figure 6. Différentes formes des corps cellulaires des neurones

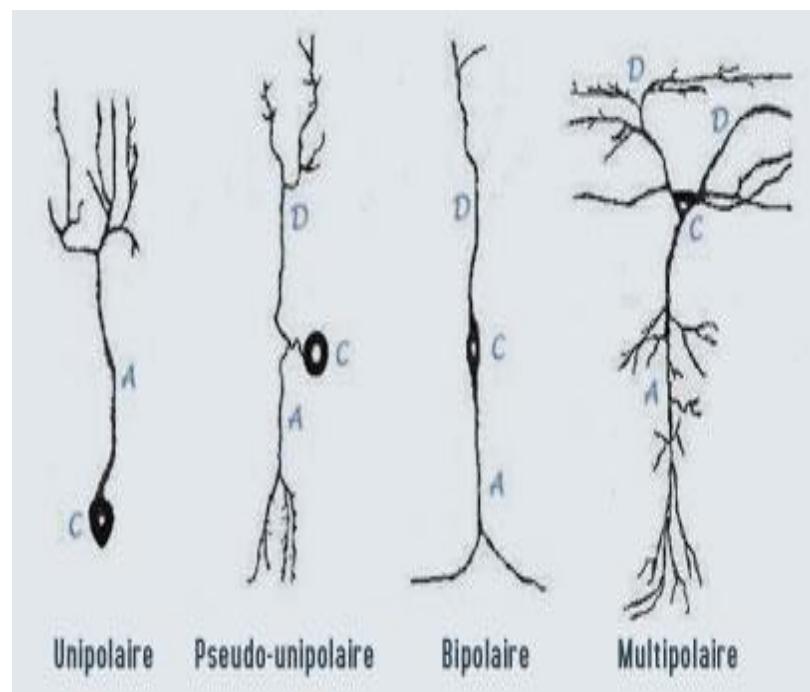


Figure 7. Différence de nombre des prolongements cellulaires

4.4. Les cellules gliales

Dix fois plus nombreuses que les cellules nerveuses, les cellules gliales constituent la névrogolie et comprennent plusieurs types cellulaires aux multiples fonctions.

Au niveau du SNC, on en distingue trois types principaux.

4.4.1. Les oligodendrocytes

Assurent la myélinisation des fibres nerveuses et leur permettent ainsi d'augmenter la vitesse de conduction des signaux électriques qu'elles véhiculent.

4.4.2. Les astrocytes

Régulent la composition du liquide extracellulaire qui baigne les neurones et jouent également un rôle de soutien en participant à leur migration et à leur croissance au cours de leur développement. Très récemment, on a découvert qu'ils étaient aussi impliqués dans des mécanismes immunitaires.

4.4.3. Les cellules microgliales

Sont en fait des macrophages chargés de nettoyer le tissu nerveux et de le débarrasser d'éventuels intrus.

Au niveau du SNP, on en connaît un seul type :

- les cellules de Schwann qui assurent la myélinisation à l'intérieur des nerfs et servent de support aux fibres dépourvues de myéline.

Les cellules gliales participent aussi à la formation des synapses et sont capables de renforcer ou d'affaiblir les mécanismes de la transmission synaptique au cours du temps.

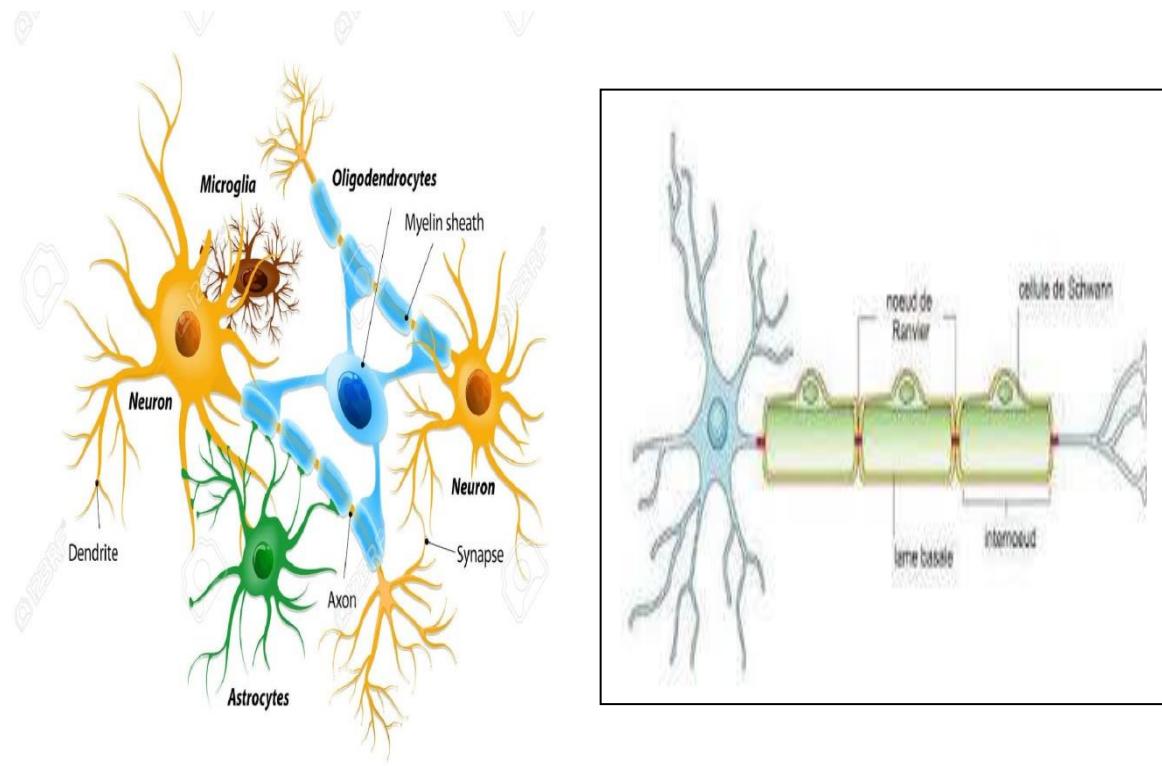


Figure 8. Les cellules gliales

4.5. Les nerfs

Les nerfs transmettent principalement des messages nerveux sensoriels ou moteurs. Les messages sensoriels vont de la périphérie vers le système nerveux central alors que les messages moteurs vont du système nerveux central aux muscles. Certains nerfs peuvent être mixtes, constitués à la fois de fibres sensorielles et motrices.

Les nerfs sont constitués par l'association d'un nombre de faisceau, chaque faisceau comporte lui-même un nombre variable de fibres nerveuses. Ces dernières sont des prolongements de neurones, souvent d'axones vers les tissus.

Les fibres nerveuses sont parfois recouvertes d'une gaine de myéline isolante constituée d'une spirale à tours joints de membrane plasmique particulièrement riche en lipides (cholestérol, phospholipides, glycolipides) qui leur permet d'augmenter la vitesse des signaux électriques qu'elles véhiculent.

La production de myéline est assurée par les oligodendrocytes au niveau central et par les cellules de Schwann au niveau périphérique.

- chaque oligodendrocyte émet plusieurs prolongements membranaires de manière à myéliniser les axones (plusieurs dizaines) qui se trouvent à sa proximité. Il s'ensuit que la gaine de myéline est régulièrement interrompue, laissant l'axone à nu au niveau de courtes régions qui portent le nom de nœuds de Ranvier.
- Dans le nerf, le processus de myélinisation est un peu différent. Chaque cellule de Schwann commence par entourer complètement une portion de fibre nerveuse et l'enveloppe ensuite de plusieurs tours de sa membrane. La gaine de myéline est donc ici encore régulièrement interrompue par des nœuds de Ranvier.

Parmi les fibres nerveuses :

- fibres nerveuses sans gaine de myéline et sans gaine de Schwann (substance grise des centres nerveux).
- fibres nerveuses sans gaine de myéline et avec gaine de Schwann (système nerveux autonome)
- fibres nerveuses avec gaine de myéline et gaine de Schwann (nerfs cérébro-spinaux).
- fibres nerveuses avec gaine de myéline et sans gaine de Schwann.

Structure d'un neurone

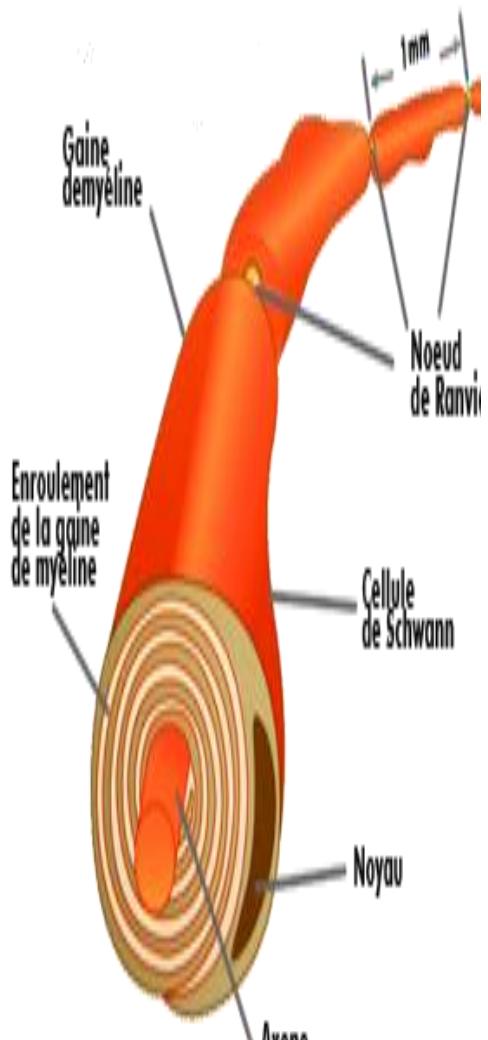
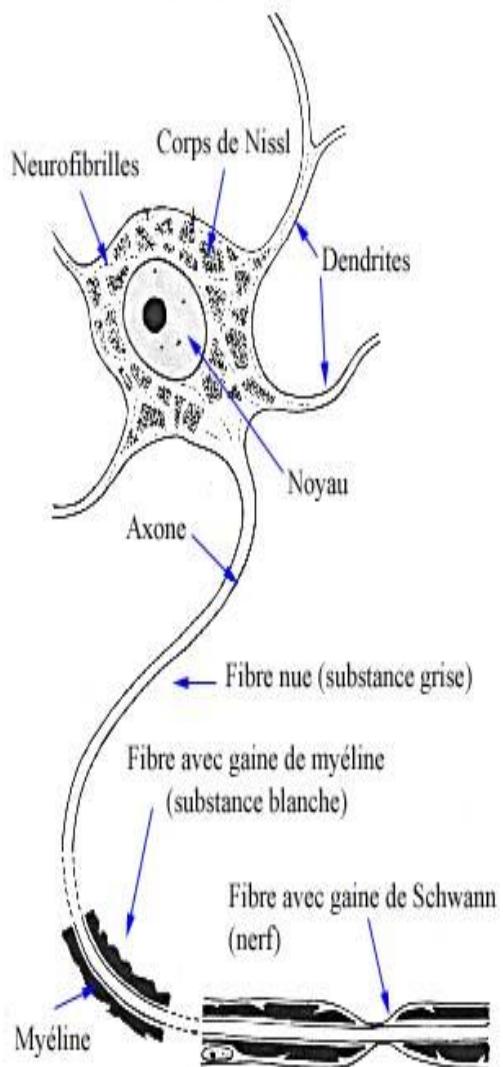


Figure 9. Gaine de myéline et gaine de Schwann

Les nerfs périphériques sont constitués de fibres nerveuses périphériques, myélinisées et amyéliniques, groupées en fascicules (ou faisceaux). Chaque fascicule est limité par son périnèvre. A l'intérieur de chaque fascicule, entre les fibres nerveuses, se trouve l'endonèvre. L'ensemble des fascicules est maintenu par l'épinèvre.

- L'endonèvre : tissu conjonctif lâche comporte des fibroblastes dispersés, quelques mastocytes, de nombreuses microfibrilles de collagène et de nombreux capillaires sanguins.
- L'épinèvre : tissu conjonctif dense fait de fibroblastes et de faisceaux de microfibrilles de collagène ; il contient un nombre variable d'adipocytes et de nombreux vaisseaux sanguins.
- Le périnèvre : constitué par une dizaine de couches de cellules périneurales aplatis, solidarisées par des jonctions intercellulaires, et séparées par quelques microfibrilles de collagène.

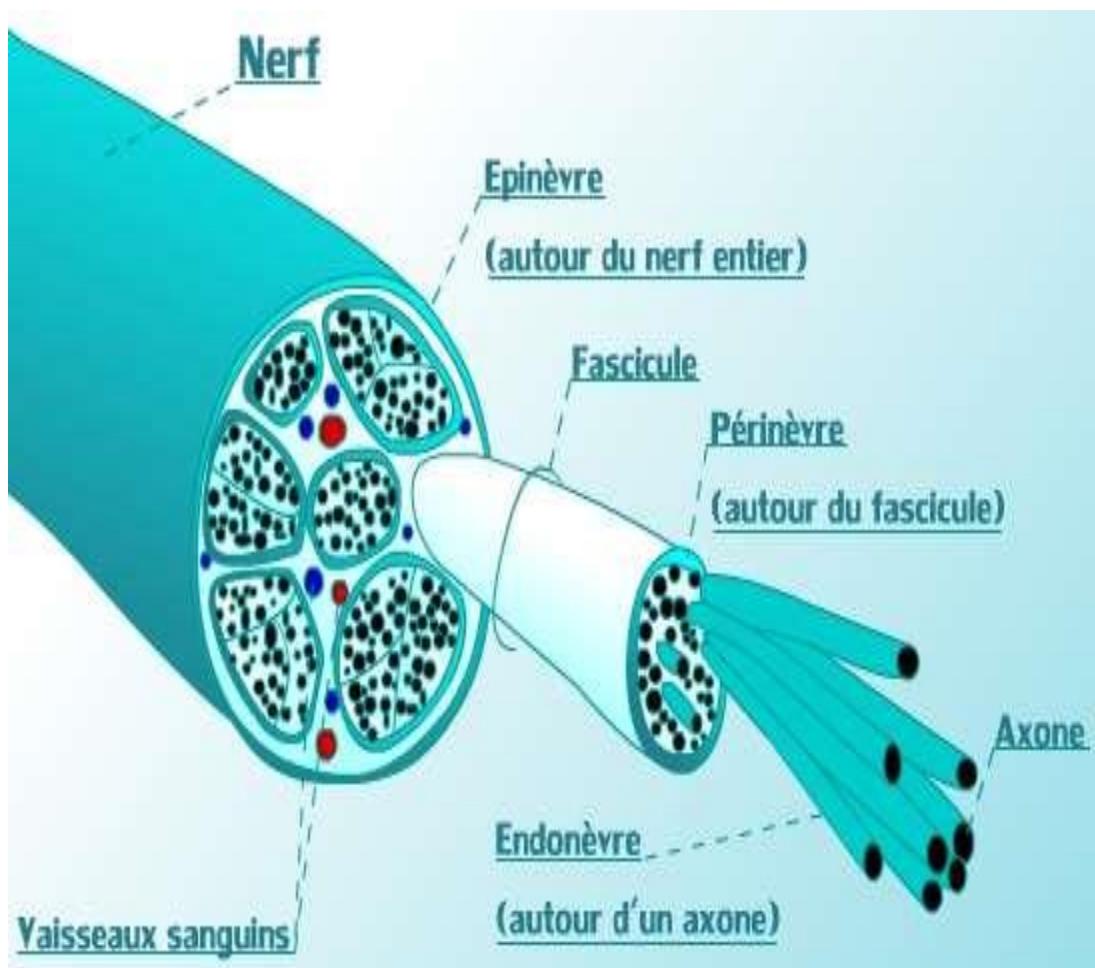


Figure 10. Organisation des fibres nerveuses

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ALBERT B, BRAY D, LEWIS J, RAFF M, ROBERTS K et WATSON JD. Biologie moléculaire de la cellule, Editions Médecine Sciences Flammarion. 2ème Edition 1990.
2. BOUTONNAT J. Histologie, cellules du sang et leurs corollaires tissulaires. université joseph fourrier, Grenoble 2011.
3. CAMBUS JP. Physiologie de l'hémostase,Module Cardiovasculaire PCEM II Rangueil, 2022.
4. CHEVREAU J, POIRIER J. HISTOLOGIE "de la biologie à la clinique". MALOINE.3eme Edition.
5. DADOUNE JP : Histologie. Editions Médecine Sciences Flammarion. 2ème Edition 2000.
6. ETIENNE JF. Biochimie génétique et Biologie moléculaire Eds Masson. 6ème Edition 2000.
7. FAWCETT DW , JENSH RP. HISTOLOGIE l'essentiel. Edition MALOINE 2022.4.
8. KOHLERL C. Les cellules sanguines. Collège universitaire et hospitalier des histologues, embryologistes, (CHEC). Université Médicale Virtuelle Francophone 2011.
9. STEVEN A et LOWE J Histologie Humaine. Eds MEDSI/Mc/Graw – Hill. 2ème Edition 1997.
10. WHEATER PR, YOUNG B, HEATH JW. Histologie fonctionnelle. 4ème Edition 2001.