

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

جامعة غرداية



Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des
Sciences de la terre

Département de Biologie

Polycopié de cours :

Biologie Animale

(Code F212)

(1ère année Biologie SNV)

Préparé par :

Dr. AOUADI Abdelhafid

Public cible : 1^{ère} année Licence

Semestre : 2^{ème} semestre

UE : Unité d'enseignement fondamentale

Intitulé du cours : BIOLOGIE ANIMALE

Objectifs du cours

Le but visé de ce cours est d'initier l'étudiant aux différents aspects de la reproduction et du développement de certaines espèces animales, en plus de l'initier aux différents types de tissus majeurs qui composent les différents organes des animaux.

Programme de biologie animale

Partie 1 -Embryologie

- 1. Généralités sur la Reproduction**
- 2. Gamétogenèse**
- 3. Fécondation**
- 4. Segmentation**
- 5. Gastrulation**
- 6. Neurulation - devenir des feuilletts**
- 7. Délimitation - annexes des oiseaux**
- 8. Particularités de l'embryologie humaine**

Partie 2 – Histologie

- 1. Introduction**
- 2. Tissus épithéliales**
- 3. Tissus conjonctifs**
- 4. Tissus musculaires**
- 5. Tissus nerveux**

Partie I : Embryologie

- 1. Généralités sur la Reproduction**
- 2. Gamétogenèse**
- 3. Fécondation**
- 4. Segmentation**
- 5. Gastrulation**
- 6. Neurulation - devenir des feuilletts**
- 7. Délimitation - annexes des oiseaux**
- 8. Particularités de l'embryologie humaine**

1- Généralités sur la Reproduction

1-1 Définitions

- **Animaux** : Les animaux sont d'organismes eucaryotes hétérotrophes, uni- ou pluricellulaires, dépourvus de parois cellulaires.
- **Biologie Animale** : La biologie animale est la branche de la biologie qui étudie les animaux, incluant leur structure, leur fonctionnement, leur diversité, leur évolution et leurs interactions avec l'environnement.
- **Embryologie** : L'embryologie est la discipline qui se concentre sur l'étude du développement des organismes, depuis la fécondation jusqu'à la formation d'un individu mature. Elle explore les processus complexes de croissance et de différenciation des cellules et des tissus.
- **Histologie** : L'histologie est la science qui étudie la **structure** et la **fonction** des **tissus** chez les animaux. Elle examine les différents types de tissus, tels que les tissus épithéliaux, conjonctifs, musculaires et nerveux, et leur rôle dans le fonctionnement de l'organisme.

1-2 Importance de la Reproduction chez les Animaux

Pour la **perpétuation** de la vie sur Terre, la reproduction **est nécessaire**, et cet autant chez les végétaux que chez les animaux. La reproduction animale est essentielle pour la **pérennité** des espèces, la **diversité** génétique, l'**évolution** et le maintien des **équilibres écologiques**. Elle est un processus vital qui permet aux espèces de s'adapter, de se **diversifier** et de s'assurer une place dans leur environnement changeant.

1-3 Modes de Reproduction des Animaux

Cette reproduction peut s'effectuer à partir d'un seul et même individu (reproduction asexuée) ou grâce à deux individus de sexes opposés (reproduction sexuée).

1-3-1 Reproduction Asexuée : La reproduction asexuée est un mode de reproduction qui ne nécessite pas la fusion de gamètes. Elle implique la production d'une nouvelle génération à partir d'un seul parent. Voici quelques modes de reproduction asexuée :

- **Division Simple** : La cellule parentale se divise en deux cellules filles identiques, un processus connu sous le nom de mitose.
- **Division Multiple ou Schizogonie** : La cellule parentale se divise en plusieurs cellules filles, formant ainsi plusieurs individus.
- **Fragmentation** : L'organisme se divise en plusieurs fragments, chacun capable de se développer en un nouvel individu.
- **Bourgeonnement** : Une partie de l'organisme se détache et se développe en un nouvel individu, comme dans le cas des hydres.

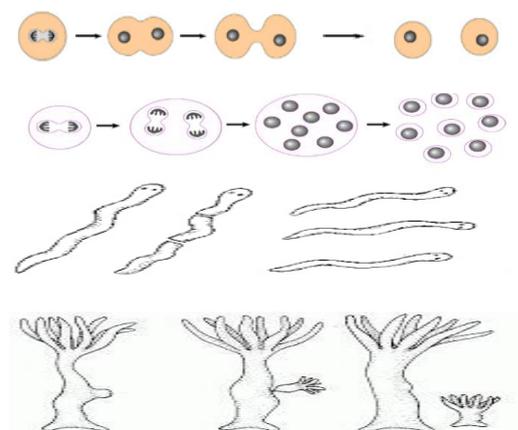


Figure 1.1 : Reproduction asexuée

1-3-2 Reproduction Sexuée : La reproduction sexuée est le mode de reproduction le plus commun chez les animaux. Elle implique la **fusion** de **gamètes**, généralement un **ovule** et un **spermatozoïde**, pour former un **zygote**. Les organes qui produisent les gamètes sont appelés **gonades** : **testicules** chez le mâle et **ovaires** chez la femelle, qui font partie, dans l'organisme, d'un appareil génital mâle ou femelle. La reproduction est assurée par la **rencontre des deux**

gamètes, mâle et femelle. On parle alors de **la fécondation** qui est la fusion d'un **spermatozoïde** avec un **ovule**, ce qui donne un œuf ou **zygote**. Au moment de la **gamétogenèse** (c'est la **spermatogenèse** chez le mâle et l'**ovogenèse** chez la femelle), il y a **réduction** de la moitié du nombre de **chromosomes**, et chaque cellule sexuelle apporte **nchr.** (les gamètes sont **haploïdes**), et la fécondation permet donc de retrouver la forme **diploïde (2n chr)**.

Voici quelques aspects de la reproduction sexuée :

- **Espèces gonochoriques** : sont celles où les individus sont soit mâles soit femelles, avec des rôles reproducteurs distincts.
- **Espèces hermaphrodites** : sont celles où un individu possède à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles.

1-3-3 Parthénogenèse : Le développement d'un embryon à partir d'un ovule non fécondé, comme chez certains insectes.

1-4 Étapes Principales de Développement Embryonnaire

Le développement embryonnaire comprend plusieurs étapes, notamment la fécondation, la segmentation, la gastrulation, neurulation et l'organogenèse. Ces processus garantissent la formation d'un organisme fonctionnel à partir d'une seule cellule

1-4-1 Fécondation : La fusion de l'ovule et du spermatozoïde pour former le zygote.

1-4-2 Segmentation : Le zygote subit une série de divisions cellulaires rapides, créant un blastocyste.

1-4-3 Gastrulation : Formation des trois feuillets embryonnaires : ectoderme, mésoderme et endoderme, qui donneront naissance aux différents organes et tissus.

1-4-4 Neurulation : Formation du tube neural à partir de l'ectoderme, qui donnera naissance au système nerveux central.

1-4-5 Organogenèse : Formation et différenciation des organes et des systèmes d'organes à partir des trois feuillets embryonnaires.

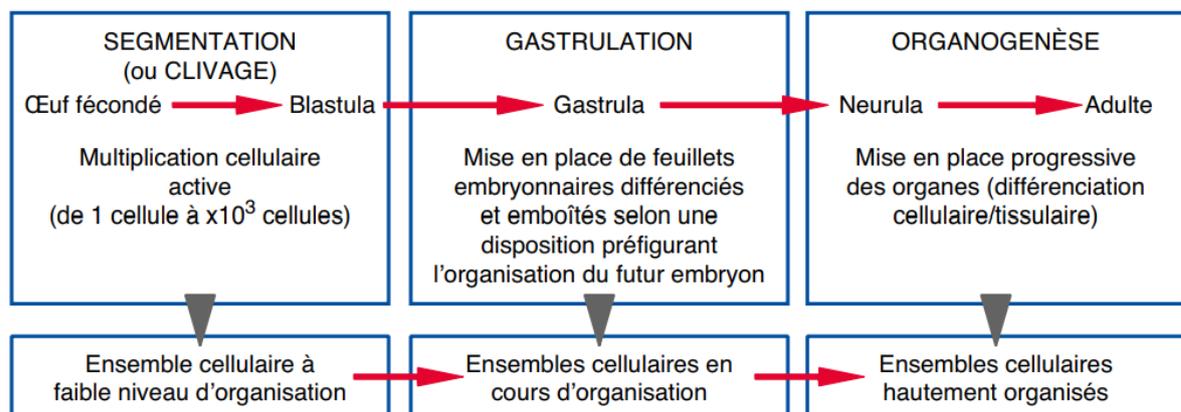


Figure 1.2 : Étapes principales de l'embryogenèse

1-5- Modes de Développement Embryonnaire

Le développement embryonnaire est un processus complexe qui varie en fonction des espèces, incluant des stratégies ovipares, ovovivipares et vivipares

1-5-1 Ovipares : sont des animaux qui **pondent** des œufs dans l'environnement. Le développement embryonnaire se déroule entièrement à **l'intérieur de l'œuf**, qui contient les nutriments nécessaires pour la croissance de l'embryon. Les ovipares comprennent la majorité des poissons, des amphibiens, des reptiles, des oiseaux.

1-5-2 Ovovivipares : sont des animaux dont les embryons se développent à **l'intérieur d'œufs** retenus dans le corps de la mère, mais **sans échange** direct de **nutriments** entre la **mère** et l'embryon. L'embryon est **nourri par le vitellus** présent dans l'œuf. Les jeunes éclosent immédiatement après ou peu avant la naissance. Ce mode de reproduction est courant chez certains poissons (requins) et certains reptiles (serpents).

1-5 Vivipares : Chez les vivipares, l'embryon se développe à **l'intérieur de l'utérus de la mère**, où il reçoit des nutriments directement via des structures spécialisées, comme **le placenta** chez les mammifères placentaires. Ce mode de reproduction garantit une protection accrue et un développement prolongé de l'embryon avant sa naissance.

1-6 Modes de Développement Post-Naissance

Après la naissance ou l'éclosion, les animaux continuent à se développer et à grandir. Les modes de développement post-naissance incluent :

1-6-1 Développement Direct : est un développement au cours duquel le jeune **ressemble à l'adulte**. Il **n'y a pas de changement morphologique** profond, si ce n'est une augmentation de la taille et du poids de l'individu.

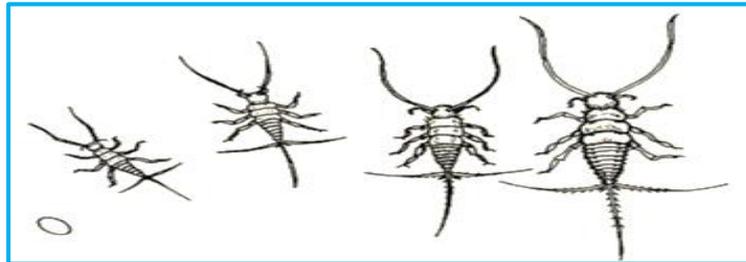


Figure 1.3 : Développement Direct

1-6-1 Développement Indirect : est un développement au cours duquel **l'adulte ne ressemble pas du tout au jeune**. Les jeunes, au cours de leur croissance, doivent subir une **métamorphose**, une **transformation totale** de leur morphologie et de leur anatomie.



Figure 1.4 : Développement Indirect

2- Gamétogenèses

2-1 Définition

La **gamétogenèse** est la différenciation des cellules reproductrices ou **gamètes**. Les gamètes mâles sont les **spermatozoïdes**, les gamètes femelles sont les **ovules**. Leur formation, **spermatogenèse** ou **ovogenèse** a lieu dans des organes spécialisés, les gonades : **testicules** ou **ovaires**. Celles-ci peuvent avoir en outre un rôle de glandes endocrines d'où leur appellation de glandes génitales, c'est le cas des Vertébrés.

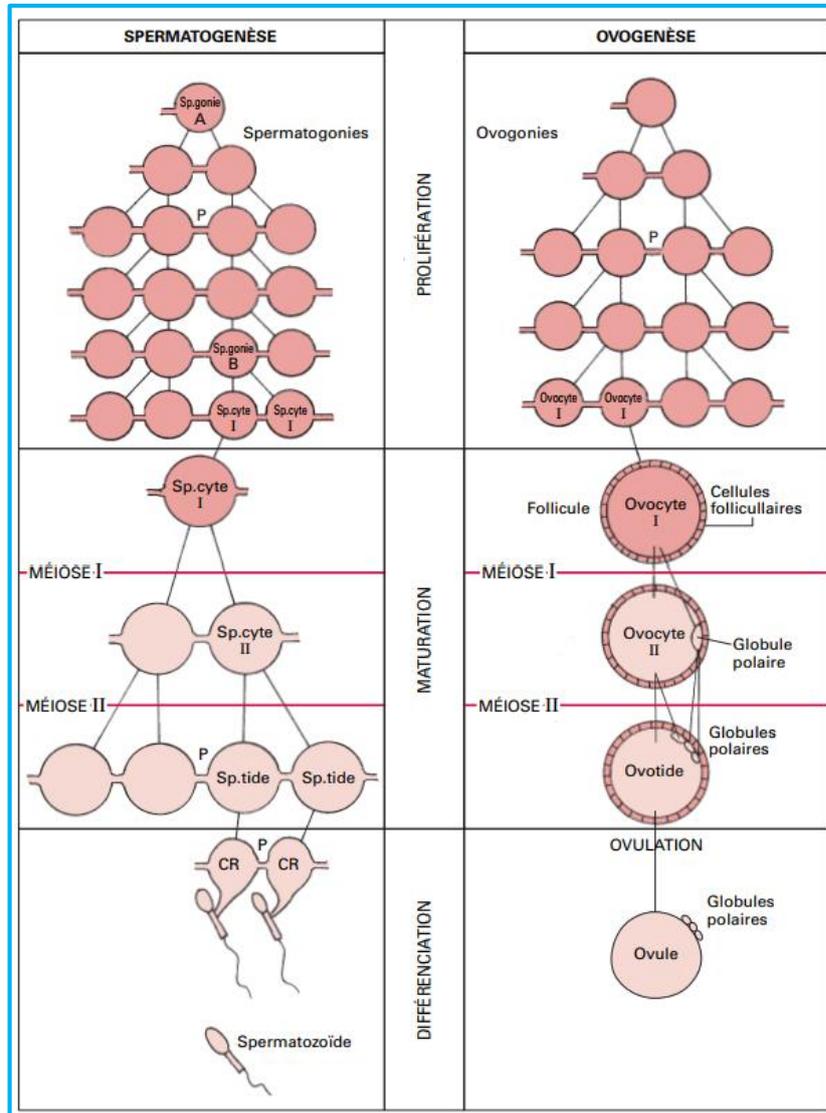


Figure 2.1 : Schéma général de la gamétogenèse et comparaison spermatogenèse-ovogenèse

CR : corps résiduel ; P : pont cytoplasmique ; Sp.cyte : spermatozoïde ; Sp.gonie : spermatogonie ; Sp.tide : spermatozoïde.

2-2 Spermatogenèse

2-2-1 Définition : la spermatogenèse est l'ensemble des étapes qui transforment les cellules souches les spermatogonies (**cellule diploïde**) en spermatozoïdes (**cellule haploïde**). Elle débute à la puberté et s'effectue de manière continue jusqu'à la mort. Les spermatozoïdes sont produits en 74 jours.

2-2-2 Localisation : se fait dans la paroi des **tubes séminifères** : commence à la périphérie du tube et se termine à la lumière du tube : **phénomène centripète**.

2-2-3 Etapes de la spermatogénèse :

■ **Phase de multiplication (prolifération) : les spermatogonies** (cellule souche **diploïde** accolée à la paroi du tube) se divisent par mitose et donnent des spermatogonies. les spermatogonies de la dernière génération donnent des **spermatocytes I**

■ **Phase d'accroissement** : Les spermatocytes I augmentent de volume (cellule toujours diploïde).

■ **Phase de maturation** : déroulement de la méiose Chaque spermatocyte I subit la méiose :

- **1ère division réductionnelle** : donne deux **spermatocytes II** (cellules à **n** chromosomes à deux chromatides).
- **2ème division de la méiose (division équationnelle)** : quatre **spermatides** (cellule à **n** chromosomes à 1 chromatide).

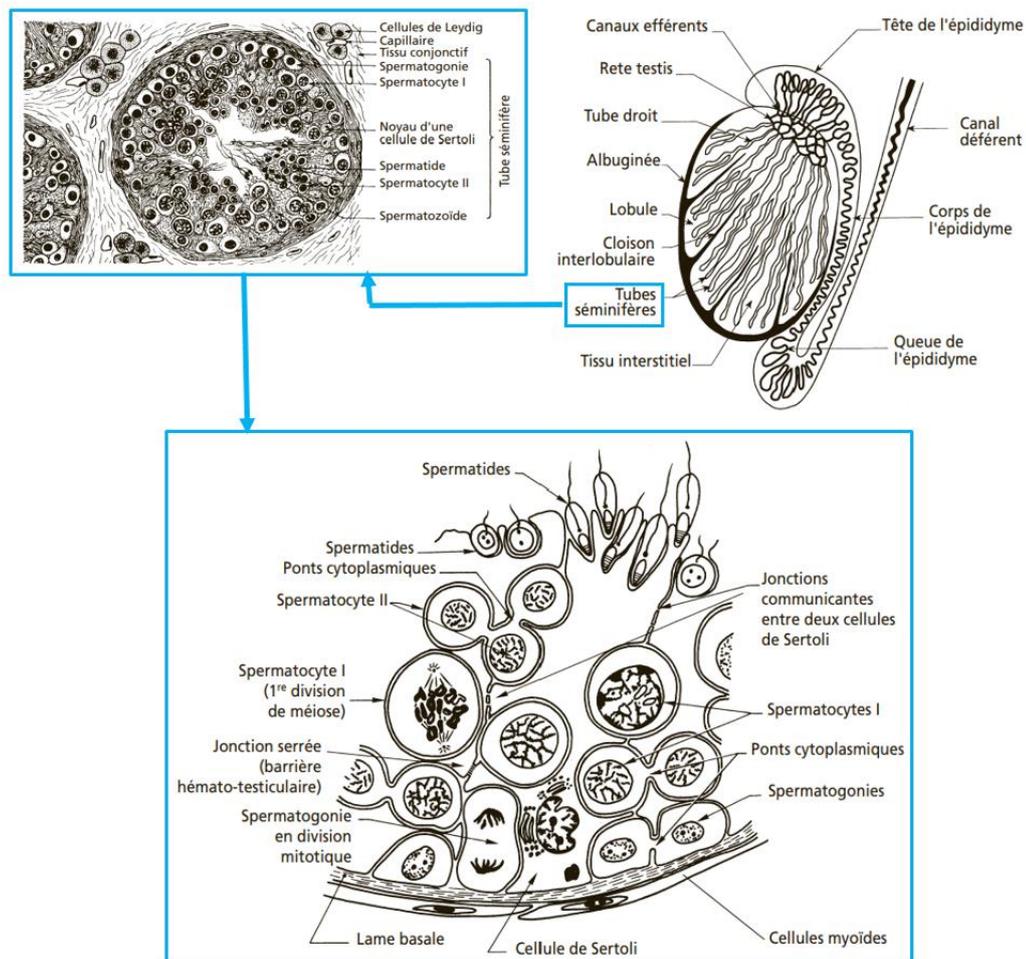


Figure 2.2 : Schéma d'un testicule de Mammifère et coupes histologiques montrant l'organisation des tubes séminifères, du tissu interstitiel et la paroi d'un tube séminifère.

■ **Phase de différenciation (spermiogénèses)** les spermatides sont des cellules se différencient en **spermatozoïdes** par : **Formation de l'acrosome**, **Formation d'un flagelle** et **Formation de la pièce intermédiaire**

- **Tête** : contient acrosome (enzymes nécessaires à la pénétration dans gamète femelle) et noyau (fournit la moitié de l'information génétique de l'éventuel futur embryon)
- **Pièce intermédiaire** : nombreux mitochondries en hélice : énergie nécessaires aux mouvements du spermatozoïde.

➤ **Flagelle** : déplacement du spermatozoïde.

A la sortie des tubes séminifères, les spermatozoïdes ne sont pas encore féconds, ni mobiles, ils doivent subir une maturation dans l'épididyme : **acquisition de la motilité** se fait dans **l'épididyme** et y sont stockés. Lors d'une éjaculation, les différentes glandes sécrètent un liquide qui mélangé aux spermatozoïdes forme le sperme (5 mL de sperme avec environ 100 millions de spermatozoïde/mL).

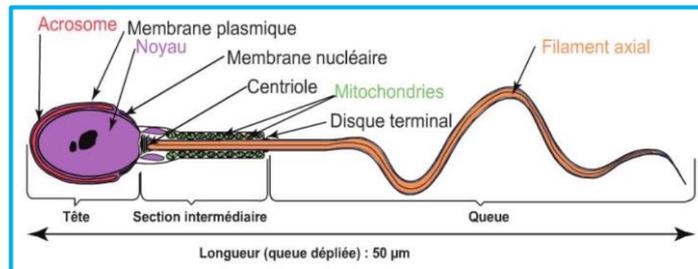


Figure 2.3 : Structure du spermatozoïde

2-2-4 Contrôle de la spermatogénèse

L'hypophyse sécrète deux hormones actives au niveau du testicule : LH et FSH. Elles stimulent le fonctionnement des gonades : ce sont des gonadostimulines. :

- La LH stimule de manière pulsatile les cellules de Leydig. Chaque pulse de LH déclenche directement un pulse de testostérone.
- La FSH active indirectement la spermatogénèse. Elle stimule les cellules de Sertoli qui interviennent comme intermédiaires entre testostérone et cellules germinales

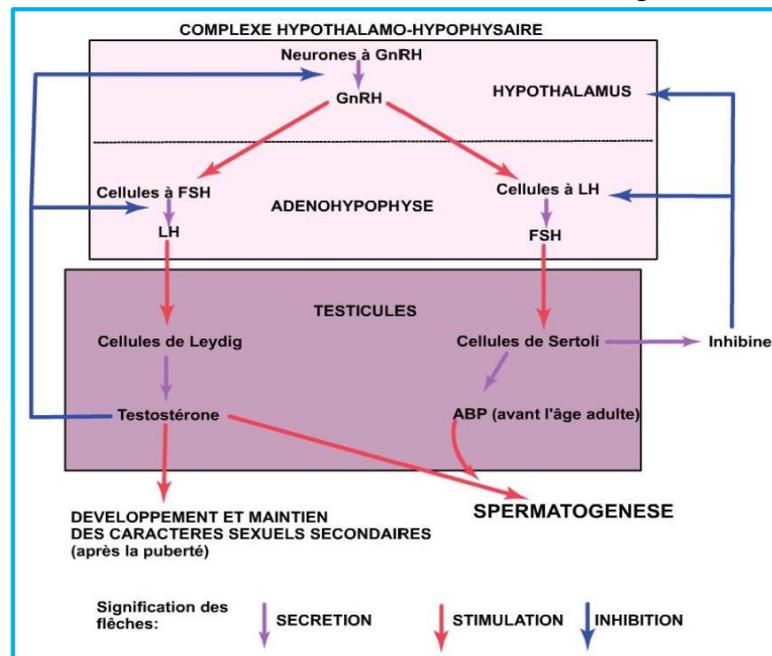


Figure 2.4 : Régulation de la spermatogénèse

2-3 Ovogenèse

2-3-1 Définitions : L'ovogenèse est l'ensemble des étapes qui a partir d'une cellule souche **diploïde**, l'ovogonie, conduit à la formation d'une cellule **haploïde** fécondable : l'**ovocyte II** et si fécondation à l'ovule. Elle s'effectue de façon **discontinue** : elle débute pendant la vie embryonnaire mais la production de gamètes ne débute qu'à la puberté après une période de repos : elle est cyclique.

- Les divisions de méiose conduisent à la formation de cellules de taille **inéga**le : les globules polaires n'ont aucun rôle.
- L'ovocyte subissant la méiose se trouve à l'intérieur d'un follicule qui évolue : **l'ovogenèse est associée à la folliculogénèse** (formation des follicules).

2-3-2 Localisation: Elle s'effectue dans les ovaires.

2-3-3 Etapes de l'ovogenèse et de la folliculogénèse

➤ Avant la naissance

■ **Phase de multiplication : les ovogonies** cellules souches diploïdes (2n) se multiplient par mitoses : formation de stock d'ovogonies, les ovogonies de la dernière génération donnent des **ovocytes I**

■ **Phase d'accroissement : les ovocytes I** augmentent de taille : accumulation de substances de réserve dans cytoplasme (2n)

■ **Début de méiose : les ovocytes I (2n)** débutent la 1ère division de méiose et **bloqués en prophase I**. Ils s'entourent de quelques cellules folliculaires et forment follicules primordiaux

▣ A la naissance, il y a environ 200 000 follicules primordiaux dans chaque ovaire : ils constituent le stock définitif d'ovocytes I.

▣ De la fin de la vie intra-utérine à la puberté, l'ovaire garde une structure inchangée.

➤ De la puberté à la ménopause

■ **Evolution des follicules primordiaux dans les mois précédant chaque cycle ovarien**

Plusieurs follicules primordiaux évoluent en follicules I aire, II aire et cavitaires

■ **Au début de chaque cycle ovarien**

Evolution de follicule cavitaire mais un seul devient un follicule mûr en 14 jours

✓ **L'ovocyte I termine la 1ère division de méiose** : formation de **l'ovocyte II + 1er globule polaire** (cellules haploïdes) (n chr)

✓ **l'ovocyte II débute la 2ème division de méiose** : et reste bloqué en **métaphase II**

■ **Expulsion du gamète femelle = Ovulation**

Le follicule mûr expulse **l'Ovocyte II** et 1er globule polaire entouré de qqes cellules folliculaires: recueilli par les trompes

■ **Fin éventuelle de la méiose dans les voies génitales**

✓ Si l'ovocyte II ne rencontre pas de spermatozoïde : **éliminé**

✓ Si l'ovocyte II rencontre un spermatozoïde : **la fécondation déclenche la fin de la 2ème division de méiose et devient un ovule (n)**

2-3-4 Folliculogénèse :

L'ovocyte se trouve entourée par des cellules aplaties qui forme un follicule, ce cellules exercent des fonctions à la fois trophiques et endocrines.

Le follicule passe par 5 stades successifs :

▣ **Follicule primordial** : il reste formé par l'association de l'ovocyte primaire et d'une couche de cellules folliculeuses.

▣ **Follicule primaire** : les cellules folliculeuses forment 4 ou 5 strates autour de l'ovocyte.

▣ **Follicule secondaire** : le nombre de cellules folliculeuses atteint 1 million, disposées en une vingtaine de couches, les cellules du stroma s'organisent en une thèque.

- **Follicule tertiaire ou à antrum** : les cellules folliculeuses sont de 5 à 10 millions, la thèque se différencier en 2 couches (la thèque interne et la thèque externe) mais surtout apparaît une cavité remplie de liquide folliculaire appelée antrum.
- **Follicule mûr ou De Graaf** :
 - Le nombre de cellules folliculeuses est de 50 millions. Il est limité par la thèque externe.
 - Il a thèque interne a une structure de glande endocrine.
 - Quelques strates de cellules folliculeuses entourent la cavité folliculaire.
 - la cavité folliculaire est remplie d'un liquide.
 - A un pôle de cette cavité les cellules folliculeuses restent plus nombreuses et forment un Cumulus Oophorus, à l'intérieur duquel se trouve l'ovocyte.
 - la couche régulière qui entoure l'ovocyte porte le nom de Corona Radiata.
 - Par opposition au reste des cellules folliculeuses regroupées sous le terme de granulosa.
 - la zone pellucide traversée par des prolongements des cellules de la Corona Radiata.
 - la zone pellucide est séparée de l'ovocyte par un espace périvitellin.

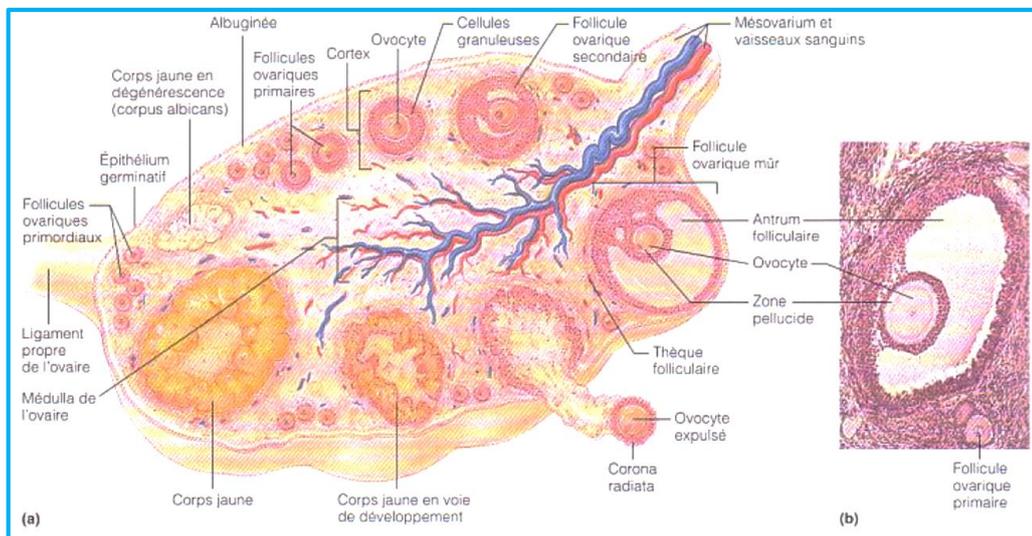


Figure 2.5 : Schéma de structure d'un ovaire. (a) L'ovaire a été sectionné pour montrer les follicules situés à l'intérieur. (b) photomicrographie d'un follicule mûr (250X)

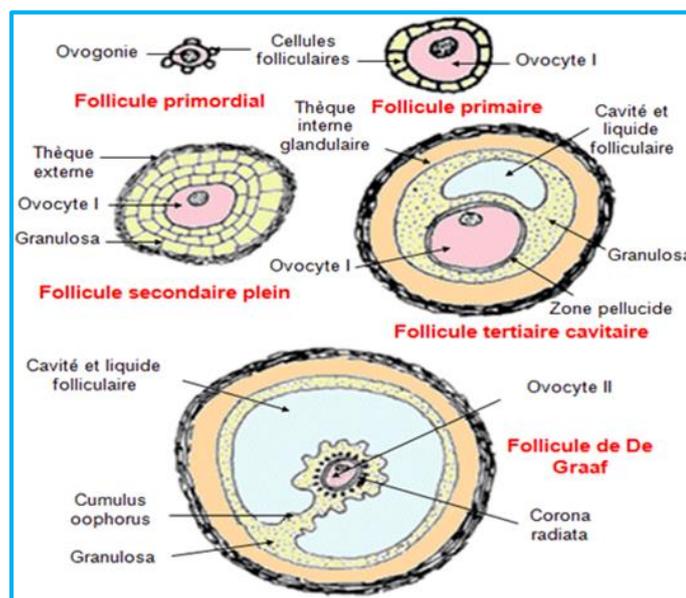


Figure 2.6 : Étapes de développement des follicules.

2-3-5 Contrôle de l'ovogenèse

Le cycle ovarien ou cycle menstruel, qui est induit par des sécrétions hormonales de l'hypophyse et de l'ovaire, se manifeste par des modifications au niveau de l'ensemble de l'appareil génital féminin, et dure en moyenne 28 jours.

2-3-5-1 Les ovaires stimulent le développement de l'endomètre utérin.

La phase folliculaire a une durée variable (jusqu'à 40 jours !) mais la phase lutéale a une durée constante de 14 jours. En fonction du moment du cycle, les ovaires produisent, de manière cyclique, deux types d'hormones : **les œstrogènes** et **la progestérone**.

En phase folliculaire, seuls les œstrogènes sont fabriqués par la thèque interne et la granulosa des follicules en croissance. Cette sécrétion est responsable de la prolifération de l'endomètre utérin. En fin de phase folliculaire, l'augmentation de l'activité et du nombre des cellules du follicule dominant entraîne une augmentation d'abord progressive puis rapide du taux sanguin des œstrogènes.

En phase lutéale, le corps jaune produit œstrogènes (deuxième pic d'œstrogène du cycle) et progestérone en quantités importantes. La progestérone renforce l'action des œstrogènes sur l'endomètre et inhibe les contractions du myomètre.

En fin de cycle, si aucune fécondation n'est intervenue, le corps jaune régresse rapidement, ce qui entraîne l'effondrement des concentrations hormonales dans le sang. Les règles sont la conséquence directe de cette chute des taux hormonaux (en particulier la chute du taux de progestérone).

2-3-5-2 L'hypophyse sécrète la FSH et la LH : la FSH (hormone folliculo-stimulante) intervient dans la maturation des follicules cavitaires et stimule donc la sécrétion des œstrogènes alors que la LH (hormone lutéinisante) déclenche l'ovulation 24 à 36 heures après le « pic de sécrétion » en fin de phase folliculaire puis provoque la transformation du follicule rompu en corps jaune.

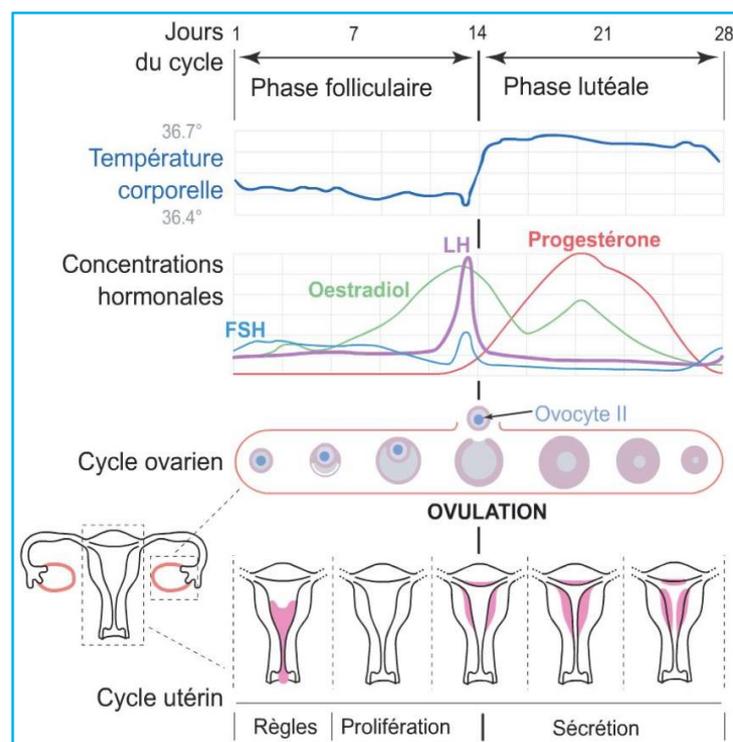


Figure 2.7 Superposition des sécrétions hormonales sexuelles et des cycles ovaires et utérins

3- Fécondation

3-1 Définition

La fécondation correspond à la **fusion d'un spermatozoïde** et d'un **ovocyte** pour former une cellule **souche diploïde**, qui sera à l'origine de tous les tissus du futur **individu**.

Elle permet le passage de l'**haplophase** à la **diplophase**.

3-2 Modalités de la fécondation

3-2-1 Externe : dans l'**eau**, généralement pour les individus ovipares (mais pas tous).

3-2-2 Interne : dans les **voies génitales femelles**, pour tous les vivipares et les ovipares terrestres.

3-3 Etapes de la fécondation

Bin que, d'une espèce à l'autre, le mécanisme de la fécondation de nombreuses variantes de détail, **trois séries** d'événements fondamentaux se succèdent.

- La **reconnaissance spécifique des gamètes** qui assure la **spécificité** de la fécondation pour la **protection de l'espèce**.

- L'**Activation de l'ovule** par le spermatozoïde qui déclenche un ensemble d'événements métaboliques programmés

- la **fusion des génomes parentaux**, prélude à la division de l'œuf et au développement d'un nouvel être diploïde.

3-3-1 Reconnaissance spécifique des gamètes

La spécificité de la fécondation et, ainsi, la protection de l'espèce sont assurées, d'une part par des **peptides chimiotactique** sécrétés par l'ovule responsable de l'**attraction** à distance des gamètes, d'autre part par une succession de **barrières moléculaires spécifiques** mettant en jeu des molécules des surfaces cellulaires (protéines spermatiques et leur récepteurs ovulaires.)

3-3-1-1 Attraction spécifique des gamètes

Elle est absolument nécessaire chez les espèces aquatiques à fécondation externe pour permettre la rencontre des gamètes de l'espèce libérés au hasard. Chez l'oursin *Strongylus purpurea*, par exemple, il s'agit d'un peptide de membrane de 77 kDa, le **spermact**, qui diffuse à partir de l'ovule, stimule la respiration et la mobilité des spermatozoïdes, et oriente leur nage.

Elle est moins fondamentale dans le cas de la fécondation interne. Toutefois chez les mammifères, le cheminement des spermatozoïdes dans les voies génitales femelles en direction de l'ovule est probablement dirigé aussi par des substances solubles non identifiées, sécrétées par l'ovule ou par les cellules du follicule après l'ovulation, et facilité par des sécrétions des différentes régions du tractus génitale. La maturation des spermatozoïdes s'achève dans les voies génitales femelles où ils acquièrent leur **pouvoir fécondant** suite à une série de modifications : **capacitation, hypermobilité et réaction acrosomique**.

La capacitation du spermatozoïde : Elle se traduit par la disparition progressive des antigènes et des glycoprotéines de la membrane plasmique et de la membrane acrosomique (acrosome). Le début de la décondensation de l'ADN nucléaire. La vésiculisation de la membrane plasmique et de la membrane externe de l'acrosome, c'est-à-dire la fusion de ces 2 membranes en petites vésicules qui se dispersent.

3-3-1-2 Reconnaissance spécifique au niveau des enveloppes du gamète femelle

- **Au niveau de la première enveloppe (secondaire)" la gangue (l'oursin), le chorion (poissons, insectes)"**

- Le **contact** du spermatozoïde avec la **gangue** ovulaire active le spermatozoïde et déclenche la réaction acrosomienne **avec** extension d'un processus acrosomienne.

- Exocytose du contenu de la vésicule acrosomienne (riche en enzymes qui faciliteraient la pénétration de la gangue et la membrane vitelline)

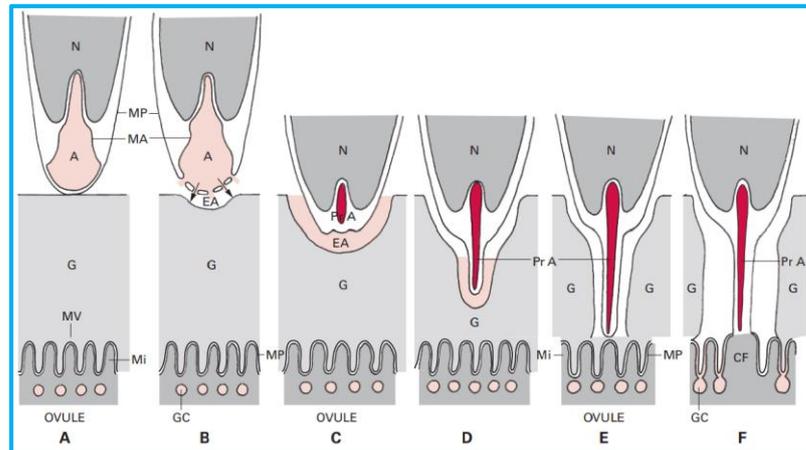


Figure 3.1 : Étapes successives de la réaction acrosomienne chez l'Oursin

A : acrosome ; CF : cône de fécondation ; EA : exocytose du granule acrosomien ; G : gangue ovulaire ; GC : granule cortical ; MA, MP, MV : membranes acrosomienne, plasmique, vitelline ; Mi : microvillosité ; N : noyau ; PrA : processus acrosomien.

■ -Au niveau de la deuxième enveloppe (primaire) "membrane vitelline (l'oursin), la zone pellucide (mammifères) "

- **Chez l'oursin :** la fixation du spermatozoïde (protéine bindine stockée dans la vésicule acrosomienne) par récepteur spécifique de la membrane vitelline (glycoprotéine transmembranaire).
- **Chez les mammifères**
 - 1-la fixation du spermatozoïde (**membrane plasmique**) par des récepteurs spécifique (glycoprotéine ZP3 de la zone pellucide)
 - 2-la réaction acrosomienne **sans** extension d'un processus acrosomien. Exocytose du contenu de la vésicule acrosomienne (riche en enzymes qui faciliteraient la pénétration de la zone pellucide)
 - 3- la fixation du spermatozoïde (**membrane acrosomienne interne**) par des récepteurs spécifique (protéine ZP2 de la zone pellucide)

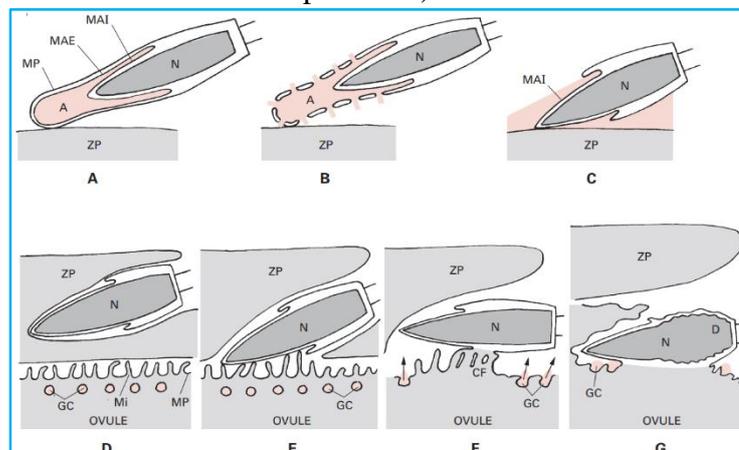


Figure 3.2 : Réaction acrosomienne et étapes successives (A-G) de la pénétration du spermatozoïde dans la zone pellucide chez les Mammifères

A : acrosome ; D : début de décondensation du noyau du spermatozoïde ; GC : granules corticaux ; MAE, MAI, MP : membranes acrosomiennes externe, interne, membrane plasmique ; Mi : microvillosité ; N : noyau ; ZP : zone pellucide

3-3-1-2 Reconnaissance spécifique des membranes plasmiques des gamètes

- **Chez l'oursin** : Par le contact au niveau de l'extrémité du processus acrosomien avec les **microvillosités** de membrane plasmique ovulaire (pénétration **perpendiculaire** de spermatozoïde).

Toute la surface de l'ovule est capable d'entrer en contact avec le spermatozoïde

- **Chez les mammifères** : Par le contact de la membrane acrosomienne interne avec les microvillosités de membrane plasmique ovulaire (pénétration **tangentielle** de spermatozoïde). Une seule région de la membrane de l'ovule riche en microvillosités peut reconnaître les spermatozoïdes.

3-3-2 Activation de l'ovule

La fusion des membranes plasmiques des deux gamètes entraîne immédiatement l'activation de l'ovule. Elle se traduit par une série de changements, morphologiques, physiologiques et métaboliques (réactions corticales et l'achèvement de la méiose)

3-3-2-1 Réactions corticales

- **Cône de fécondation** : permet de l'entrer le noyau et le centrosome de spermatozoïde
- **Réalisation de la monospermie** : par deux mécanismes de blocage :

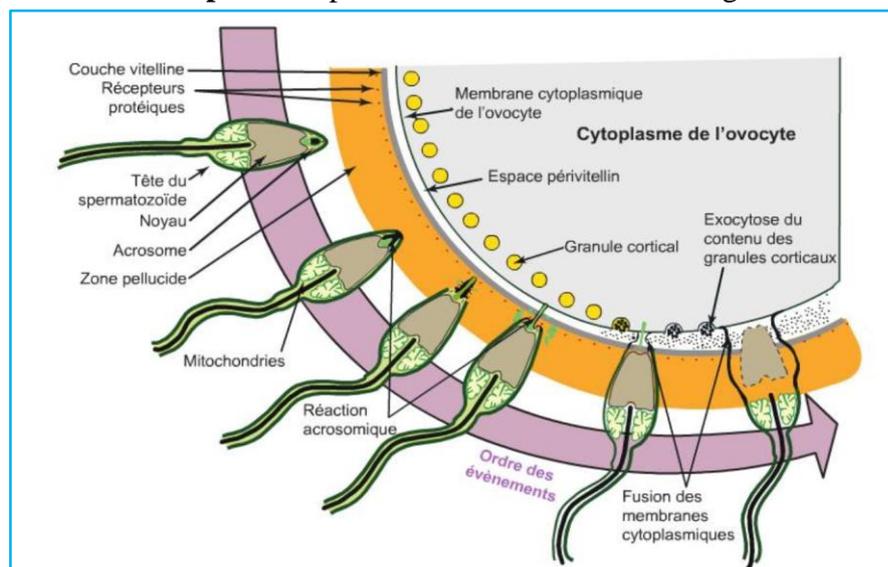


Figure 3.3 : Réaction acrosomienne suivie de la réaction corticale chez l'Oursin.

- **Blocage rapide** : 1-3 secondes suivant la fixation de 1er spermatozoïde. Il est déclenché par un influx sodique dans l'ovule, conséquence de l'ouverture de canaux Na^+ par des protéines acrosomiennes. Il en résulte une dépolarisation de la membrane plasmique de l'ovule (son potentiel de membrane passe de -70 mV à $+20 \text{ mV}$), qui persiste pendant minute, ce qui empêche la fusion d'autres spermatozoïdes avec la membrane ovulaire.
Chez l'oursin : dépolarisation de la membrane plasmique de l'ovocyte ($+20 \text{ mV}$)
Chez les mammifères : hyperpolarisation de la membrane plasmique de l'ovocyte (-20 mV)
- **Blocage lent** : 20 secondes suivant la fixation de 1er spermatozoïde. L'entrée du spermatozoïde provoque un afflux du Ca^{++} dans l'ovocyte, qui a pour conséquence l'extrusion de granules corticaux, chargés de lysosomes, transformant les glycoprotéines ZP2 en ZP2F, incapables de se lier au spermatozoïde. Ce mécanisme permet le blocage à la

polyspermie, c'est-à-dire l'assurance qu'un seul spermatozoïde fécondera l'ovule (monospermie est respectée).

Chez l'oursin : formation d'une membrane de fécondation

Chez les mammifères : ne forme pas de membrane de fécondation (la surface interne de la ZP devient plus dense).

3-3-2-2 Achèvement de la méiose

Chez les vertébrés, le déblocage de la méiose II est déclenché par une cascade d'événements liée à l'élévation du Ca^{++} intracellulaire qui inactive le facteur cytotatique (CSF) produit par le gamète femelle, ce qui permet la dégradation des cyclines et l'activation du facteur de maturation (MPF). Le second globule polaire est émis, les chromosomes ovulaires se décondensent et s'entourent d'une membrane nucléaire délimitant le pronucléus femelle.

3-3-3 Fusion des génomes parentaux et la reprise du cycle cellulaire

Le matériel chromosomique provenant des deux parents est encore distinct à ce stade. Il est contenu dans deux formations appelées **pronucléus** qui vont migrer l'une vers l'autre au centre de l'œuf, guidées par des microfilaments. Les chromosomes paternels et maternels s'apparient alors (le chromosome n°1 du père avec le chromosome n°1 de la mère, et ainsi de suite) et un nouvel ensemble chromosomique est alors formé : il s'agit du patrimoine génétique totalement original d'un nouvel individu. Son sexe génétique est d'ores et déjà déterminé : si parmi les 23 chromosomes paternels introduits dans l'œuf par le spermatozoïde figure le **Y**, c'est un futur **garçon** qui vient d'être créé. Si c'est un **X** qui est apporté par le père, c'est une petite **fillette** qui naîtra dans neuf mois puisque l'autre chromosome sexuel provenant de la mère est obligatoirement un X.

L'œuf, qui possède alors **23 paires** de chromosomes est dit **diploïde** et la fécondation est terminée. La première division cellulaire, ou mitose, qui permet d'obtenir une deuxième cellule identique à la première survient peu de temps après. Ainsi apparaît un nouvel embryon à deux cellules. Ces deux cellules vont à leur tour se diviser pour en donner quatre et ainsi de suite : on parlera alors de **segmentation**.

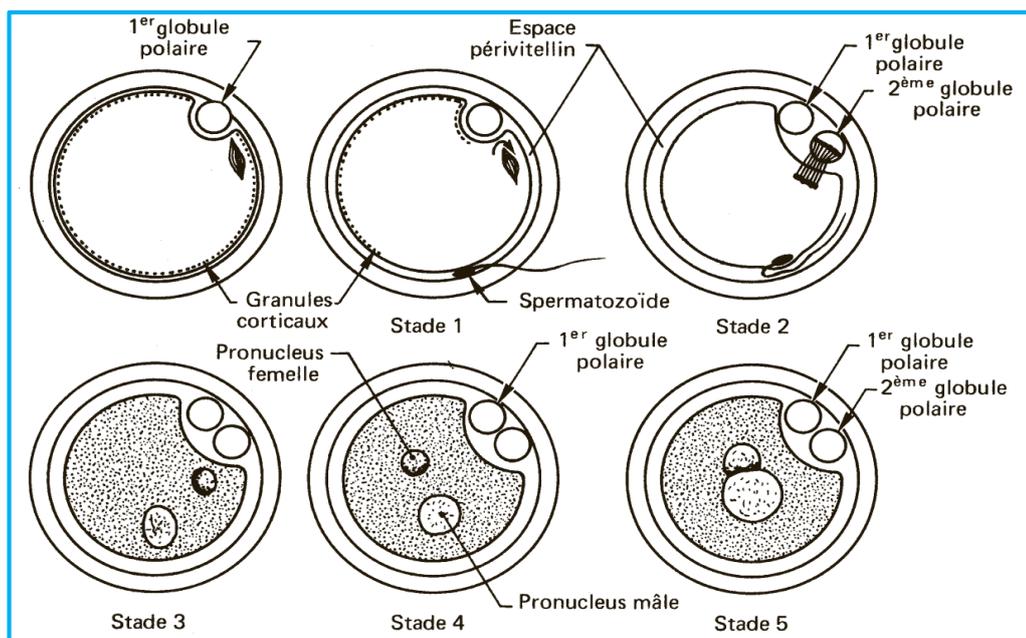


Figure 3.4 : Fécondation d'un œuf de Mammifère (lapin).

4- Segmentation

4-1 Définition

C'est la première phase du développement de l'œuf en un organisme pluricellulaire. Elle consiste en une série de divisions cellulaires rapides (stade 2, stade 4, stade 8,...ect), sans période de croissance interphasique (donc sans **augmentation** de volume) qui partagent la cellule œuf, généralement volumineuse, en un très grand nombre de cellules filles, les **blastomères**. Il n'y a ni **différenciation** des cellules, ni **augmentation** de taille de l'embryon. Les cycles cellulaires vont se dérouler **rapidement** et sont **synchrones** au début puis deviendront **asynchrones**. Le nombre de cellules va augmenter :

- de 8 à 16 cellules, on a une **morula**.

- de 16 à 32 cellules, on a un **blastocœle (cavité)** qui apparaît. C'est une **blastula**.

La **morula**, est un amas de cellules dont le diamètre est sensiblement identique à celui de la cellule œuf. La morula est donc constituée de cellules contenant peu de cytoplasme. Au cours des premières divisions, les blastomères sont maintenus ensemble par la membrane pellucide qui ne disparaît qu'au moment de la nidation (chez l'humain).

La dernière étape de la segmentation est appelée **blastulation**. il s'agit de la formation d'une cavité, nommé blastocœle entre les cellules de l'embryon.

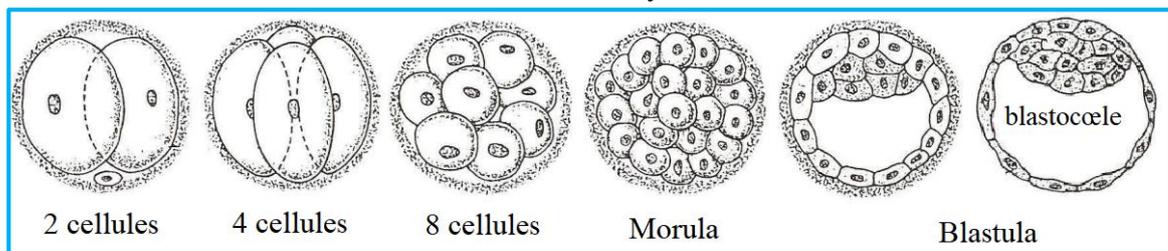


Figure 4.1 : Étapes de segmentation.

4-2 Catégories d'œufs

Les œufs se distinguent par la quantité et la répartition de leur vitellus.

4-2-1 Alécithes : ne contiennent pas de vitellus, comme chez certains mammifères.

4-2-1 Oligolécithes : possèdent une petite quantité de vitellus uniformément répartie, comme chez les oursins.

4-2-1 Hétérolécithes : aux réserves relativement importantes et inégalement réparties qui n'empêchent pas une segmentation totale (Amphibiens, Annélides).

4-2-1 Télolécithes : ont une grande quantité de vitellus concentrée au pôle végétatif, (Oiseaux, Reptiles, nombreux Poissons et Mollusques céphalopodes).

4-2-1 Centrolécithes : possèdent leur vitellus au centre, entouré par le cytoplasme, comme chez les insectes.

4-3 Modes de segmentations

Le mode de segmentation dépend 2 paramètres principaux : **la quantité** et la **répartition** du vitellus. En effet, sachant que le vitellus ne se divise pas, les divisions cellulaires seront plus rapides dans la partie de l'œuf ou il y a le moins de vitellus. Deux grands types de segmentation sont observés :

4-3-1 Segmentation totale, dite holoblastique

Où les divisions cellulaires affectent l'ensemble de la masse vitelline et ces derniers étant peu abondante. Elle concerne les œufs **alécithes**, **oligolécithes** et **hétérolécithes**.

4-3-1-1 Segmentation totale radiaire : Caractérisée par une succession de plans de clivage méridiens (du PA au PV) et latitudinaux, ce type de segmentation est par exemple observé chez les Echinodermes (Oursin) et les Amphibiens (Xénope). Les cellules filles peuvent être identiques ou de taille différente

■ **Dans le cas d'une division égale :** blastomère identique, les cellules sont de même taille (pendant les trois premiers cycles cellulaires).

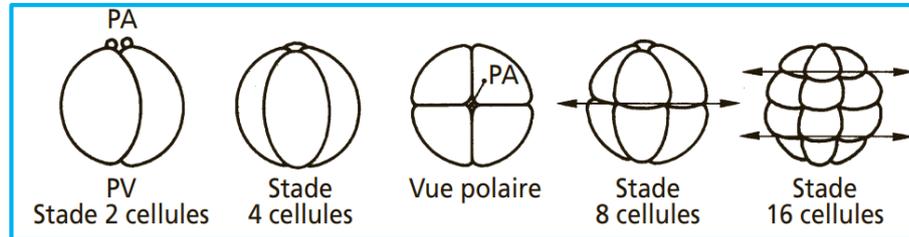


Figure 4.2 : Segmentation, radiaire, égale.

■ **Dans le cas d'une division inégale :** blastomères sont de tailles différentes, on a une orientation des cellules et une apparition de fuseaux excentrés, à cause de l'orientation en fuseau, on aura une petite cellule (**micromère**) ou des grosses (**macromère**).

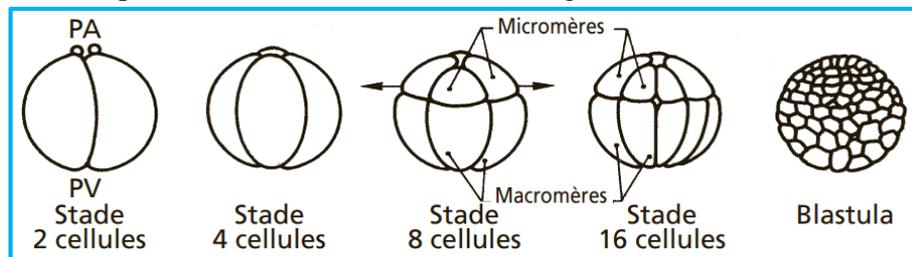


Figure 4.3 : Segmentation, radiaire, inégale

4-3-1-2 Segmentation totale spirale : Dans ce cas à chaque cycle de division les fuseaux pivotent selon des angles de 45° par rapport à l'axe PA-PV. Ce type de segmentation est par exemple observé chez les Annélides (Sangsue) les Gastéropodes (Escargot) et les Mollusques (Moules).

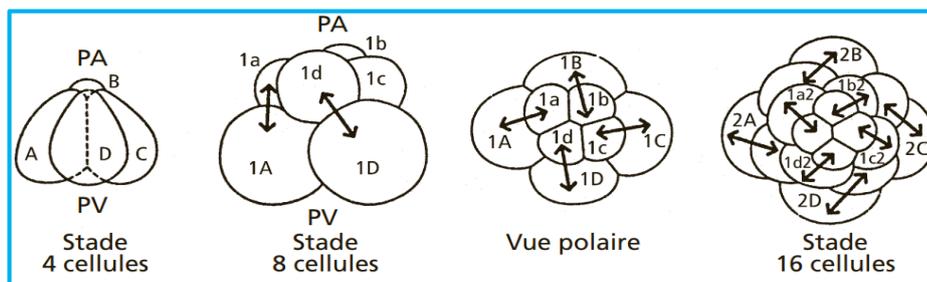


Figure 4.4 : Segmentation, totale spirale

4-3-1-3 Segmentation totale rotationnelle : Le premier plan de segmentation est méridien, mais au cours du second cycle de division, les plans de segmentation des deux blastomères sont, l'un méridien et l'autre équatorial. Observée chez les Mammifères et les Nématodes (Vers rond).

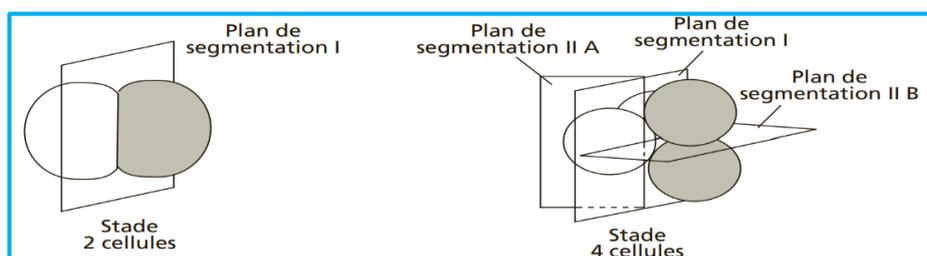


Figure 4.5 : Segmentation, totale rotationnelle

4-3-2 Segmentation partielle, dite méroblastique

Où seul une **partie restreinte du cytoplasme**, caractérisée par sa **pauvreté en vitellus**, se trouve être le **site exclusif des mitoses successive**. Elle concerne les œufs **centrolécithes** et **téolécithes**.

4-3-2-1 Segmentation partielle discoïdale : La segmentation n'intéresse qu'un disque de cytoplasme dépourvu de réserves, contenant le noyau de fécondation et situé au niveau du pôle animal : c'est le disque germinatif désigné sous le terme de **blastoderme**. La segmentation est discoïdale et aboutit à une blastula, dite **discoblastula**, constituée d'un feuillet cellulaire séparé du vitellus par une cavité, le **blastocèle**

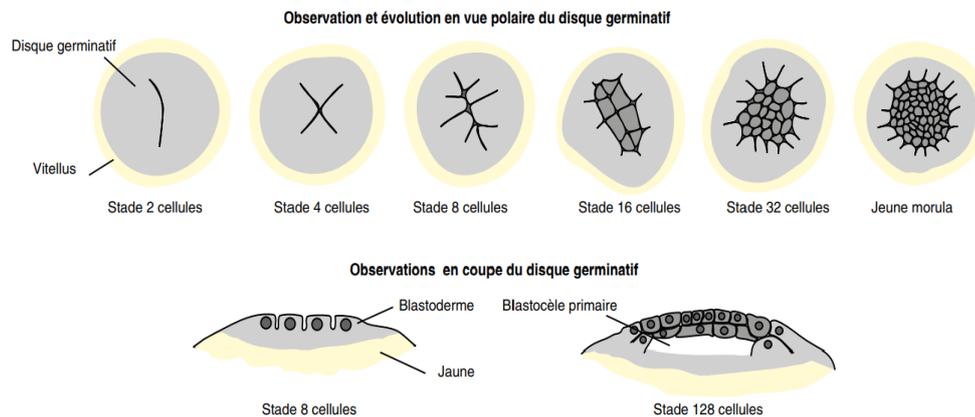


Figure 4.6 : Segmentation, partielle discoïdale

4-3-2-2 Segmentation partielle périphérique ou superficielle : Dans les œufs **centrolécithes** comme ceux des Insectes, le noyau de fécondation se trouve au centre de l'œuf au début de la segmentation. Il se divise un certain nombre de fois avant que les noyaux fils migrent, entourés d'une portion du cytoplasme central, vers le cytoplasme périphérique. Celui-ci est d'abord syncytial. Il s'organise en cellules par formation de membranes plasmiques, la masse vitelline centrale restant compacte. C'est une segmentation superficielle dite encore périphérique qui aboutit à une blastula dite **périblastula**. Il ne se forme pas de blastocèle

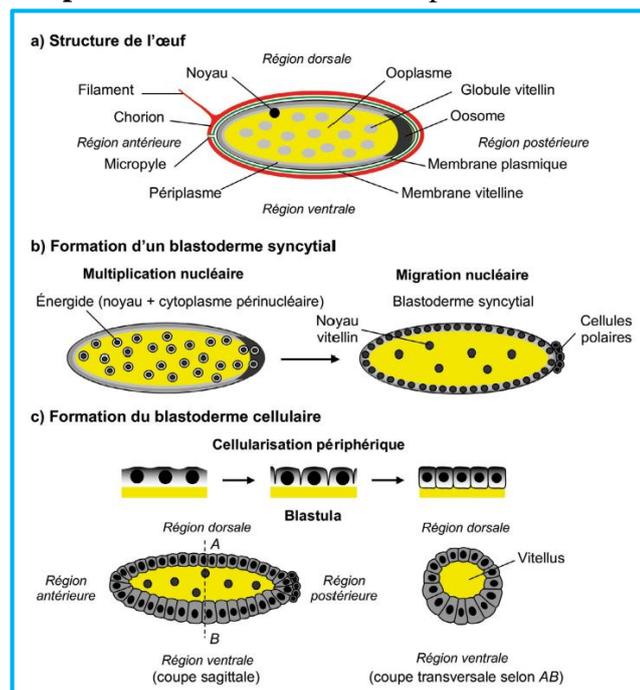


Figure 4.7 : Segmentation, partielle superficielle

5- Gastrulation

Au cours de cette seconde phase du développement embryonnaire, un ensemble de mouvements cellulaires coordonnés, les mouvements **morphogènes**, remanie la disposition des blastomères de la blastula et les répartit en **2** ou **3 feuillets** selon le plan d'organisation de l'animal : un **feuille externe** ou **ectoblaste**, un **feuille interne** ou **entoblaste** (Métazoaires **Diploblastiques**) et un **feuille moyen** ou **mésoblaste** (Métazoaires **Triploblastiques**) à partir desquels s'édifient les organes de l'embryon puis de l'adulte.

5-1 Définition

La gastrulation est l'étape du développement embryonnaire qui suit la segmentation ; durant cette phase, la blastula va subir des transformations causées par des mouvements morphogénétique et qui vont aboutir à la mise en place des 3 feuillets embryonnaires :

L'ectoblaste externe L'entoblaste interne Mésoblaste entre les deux

Les cellules vont migrer par une phase de migration cellulaire. On a des mouvements morphogénétiques : la morphogénèse. C'est elle qui va modeler l'embryon.

La gastrulation est une phase dynamique. Cette morphogénèse est caractérisée par des déplacements cellulaires qui vont concrétiser la mise en place des **territoires présumptifs**. C'est le résultat de mouvements cellulaires de certaines régions de la blastula, de l'organisation de populations cellulaires définies qui constitueront l'ectoderme, le mésoderme et l'endoderme, du positionnement de ces feuillets les uns par rapport aux autres.

Tous ces mécanismes conduisent à l'établissement de nouvelles interactions cellulaires qui préparent l'embryon à la phase d'organogénèse.

5-2 Mouvements morphogènes

Bien que les modalités de la gastrulation soient assez variées, les types de mouvements cellulaires impliqués sont relativement peu nombreux :

5-1 Invagination (embolie) de territoires superficiels qui s'enfoncent progressivement à l'intérieur de l'embryon comme la surface d'un ballon mal gonflé sur laquelle s'exerce une pression.

5-2 Involution (enroulement) de territoires superficiels qui se réfléchissent sur eux-mêmes autour d'un axe à la façon d'un tapis roulant.

5-3 Epibolie d'un territoire superficiel qui s'étale en nappe à la surface de l'embryon.

5-4 Extension-convergence de territoires superficiels vers une zone d'invagination ou d'enroulement relativement étroite.

5-5 Extension-divergence de territoires invaginés ou enroulés au niveau d'une région limitée d'invagination ou d'enroulement et qui s'étalent à l'intérieur de l'embryon.

5-6 Immigration de certaines cellules de la structure épithéliale de la blastula se détachent des cellules avoisinantes et vont se joindre, par migration, dans le blastocœle

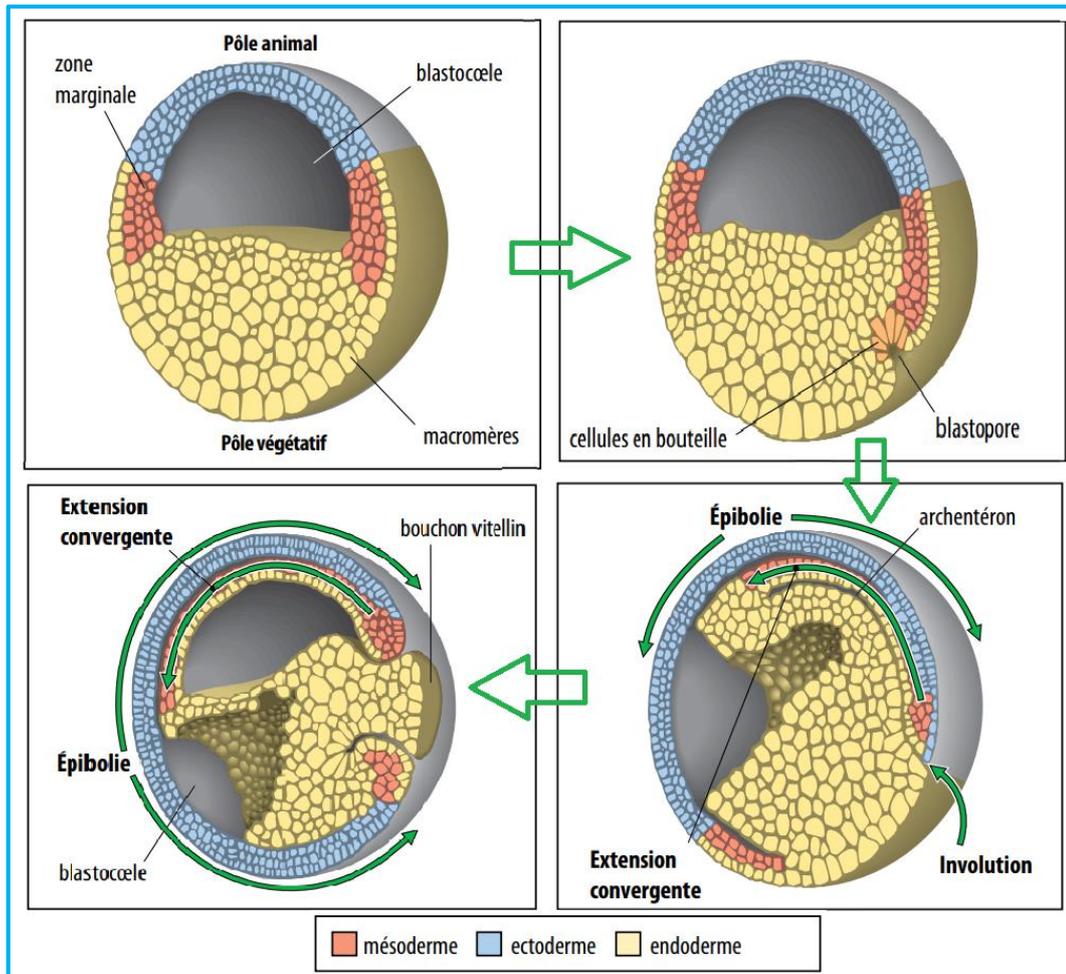


Figure 5.1 : Mouvements tissulaires pendant la gastrulation du xénope

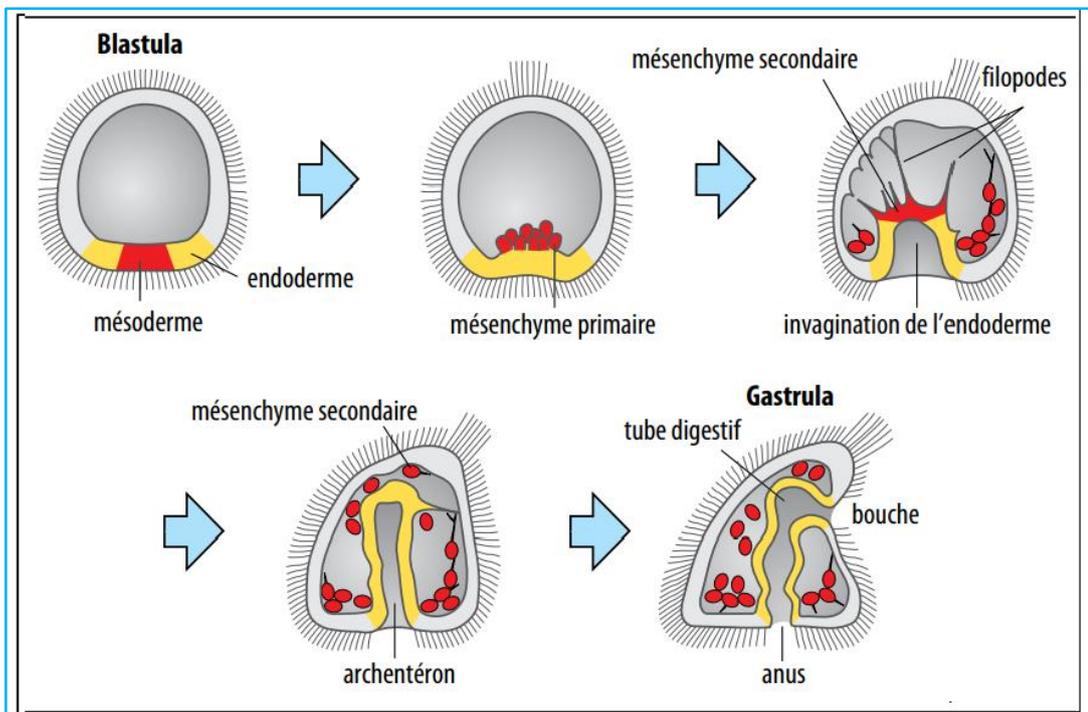


Figure 5.2 : la gastrulation chez l'oursin

6-Neurulation

Les mouvements morphogénétiques qui suivent la gastrulation mettent en place, selon le plan d'organisation de l'espèce, les ébauches d'organes qui se différencient. Chez les espèces aquatiques, aux œufs relativement pauvres en réserves (Échinodermes, Mollusques, Amphibiens) et chez les Insectes, le jeune éclôt sous la forme d'une larve différente de l'adulte. Chez les Vertébrés, la séparation du tube nerveux d'avec le reste de l'ectoderme est réalisée au cours de la **neurulation**.

6-1 Définition

La neurulation est une étape du développement embryonnaire, elle marque le début de l'organogenèse, au cours de laquelle se met en place le système nerveux central.

Le système nerveux se forme à partir **du neuroblaste**. Ce tissu se différencie de l'ectoblaste juste après la gastrulation au cours du stade appelé **neurulation** pour donner un embryon nommé : **neurula**.

6-2 Formation du tube neural et des crêtes neurales

Le système nerveux le plus primitif est représenté par un faible épaissement de l'ectoderme, la **plaque neurale**. La première phase importante du développement du système nerveux est représentée par la **formation de la gouttière neurale**. Les **bords** de la gouttière se **referment** pour former le **tube neural**. La partie de l'ectoderme qui se trouve au contact du tube neural forme la **crête neurale**.

Les cellules du **tube neural** vont évoluer pour donner le **système nerveux central**, c'est-à-dire l'**encéphale** et la **moelle épinière**. Les crêtes neurales ne vont pas persister dans l'organisme. Mais leurs cellules vont migrer à travers tout l'organisme pour former des tissus très diversifiés : le **système nerveux périphérique**, les **surrénales** et les **mélanocytes** de la peau.

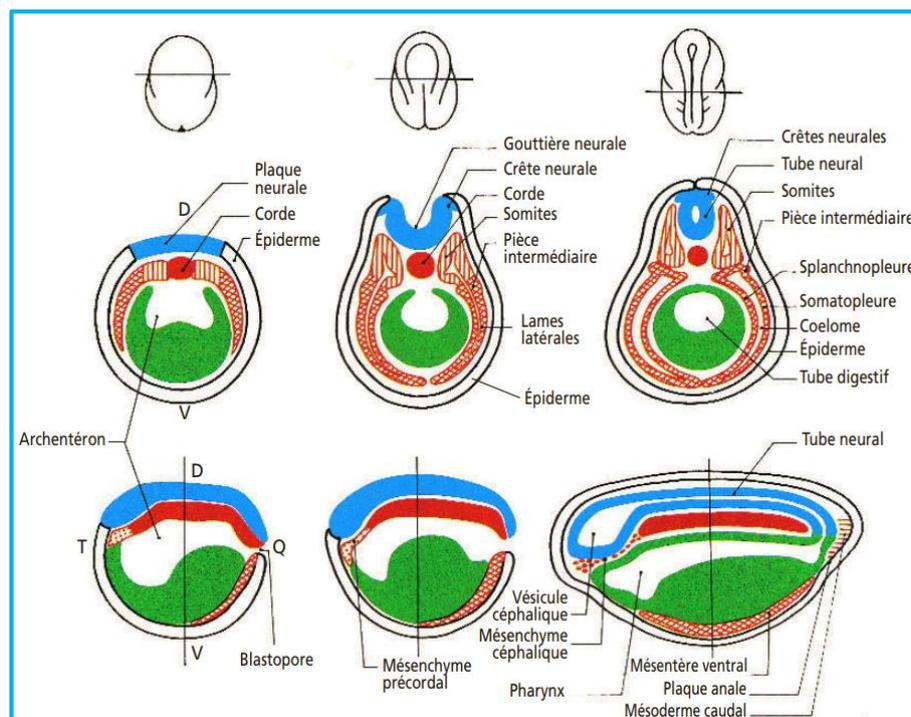


Figure 6.1 : Neurulation d'embryon d'Amphibien

6-3 Devenir des trois feuillets embryonnaires

L'organogenèse est le processus de formation des organes d'un métazoaire au cours du développement embryonnaire. Elle se déroule à partir des trois feuillets embryonnaires fondamentaux : l'ectoderme, le mésoderme et l'endoderme.

Tableau 6.1 : Devenir des trois feuillets embryonnaires

Feuillet	Devenir du feuillet
Ectoblaste	-Tissu nerveux -Epiderme de la peau et ses dérivés -Epithélium de la bouche et de l'intestin -Récepteurs sensoriels de l'épiderme - Cornée et cristallin
Mésoblaste	-Notochorde -Squelette -Muscle -Tissu conjonctif -Appareil circulatoire (cœur vaisseaux sanguins) -Reins
Endoblaste	Tube digestif et glandes digestifs Epithélium respiratoire

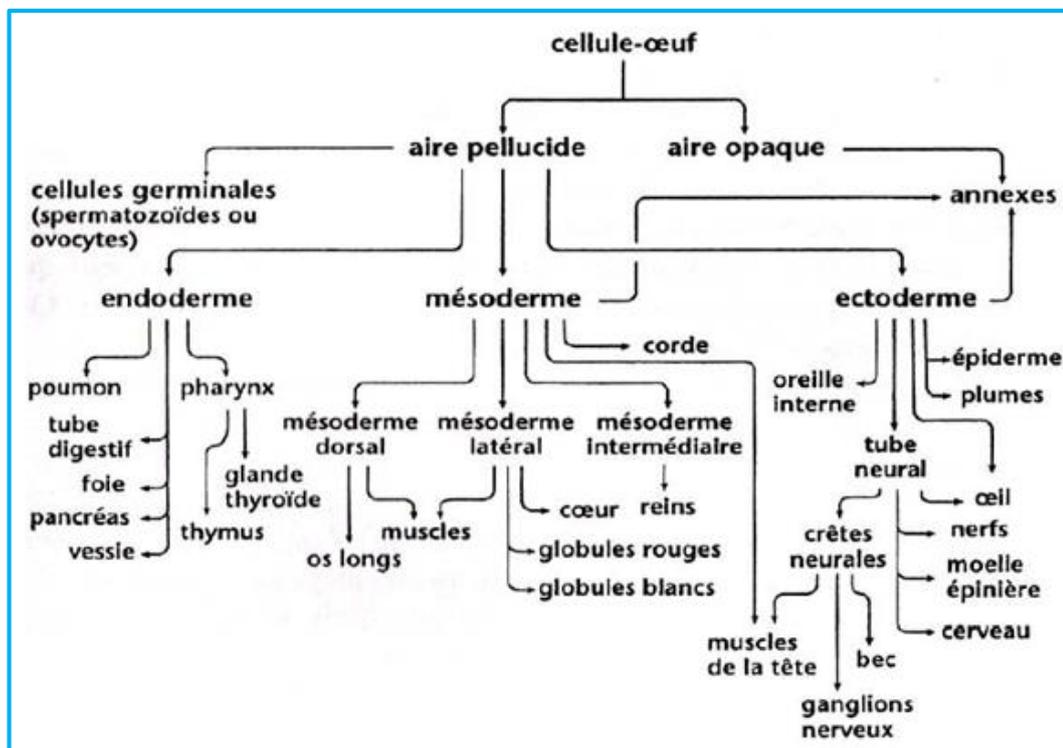


Figure 6.2 : Devenir des trois feuillets embryonnaires chez l'oiseaux

7-Délimitation - annexes des oiseaux

Au cours du développement du poulet, on observe que parallèlement à la mise en place des structures qui participent directement à l'**organogenèse** de l'embryon, apparaissent des **éléments transitoires** non organogènes qui assurent à l'embryon des fonctions de **protection** et d'**autonomie métabolique** (nutrition, excrétion, respiration). Ce sont les **annexes embryonnaires**, qui sont des formations d'origine ectodermique, mésodermique et endodermique qui se développent hors du corps de l'embryon proprement dit. Après 20 à 24h d'incubation, le corps de l'embryon commence à bien se distinguer des tissus périphériques (extra embryonnaires) et les feuillet s'étendent au-delà du corps de l'embryon : ils vont contribuer à la formation des annexes embryonnaires qui sont la **vésicule vitelline**, l'**amnios** et l'**allantoïde**. En même temps que les annexes vont s'individualiser, l'embryon s'isole de la masse de l'œuf avec lequel il reste en contact par un pédoncule vitellin.

7-1 Amnios

L'existence de cette annexe qu'on rencontre chez les reptiles, les oiseaux et les mammifères à conduit à désigner ces derniers sous le terme **d'amniotes**.

C'est une double membrane qui enveloppera l'embryon comme un sac, le séparant du milieu environnant. Entre l'amnios et l'embryon, la cavité amniotique est remplie de liquide. La première manifestation de la formation de l'amnios apparaît vers 30-33h d'incubation sous l'aspect d'un repli en avant de la tête. Le **repli amniotique céphalique** en forme de croissant progresse vers l'arrière en recouvrant l'embryon à la façon d'un capuchon. A 48h, apparaît un **repli amniotique caudal** qui se forme de la même manière que le repli céphalique. Les deux vont à la rencontre l'un de l'autre et fusionnent. La fermeture définitive se réalise à 96h.

Le repli céphalique qu'on peut assimiler à une structure en doigt de gant comporte 4 feuillet qui sont en partant de l'embryon et dans l'ordre : ectoderme, mésoderme, mésoderme, ectoderme. Le double feuillet ectoderme + mésoderme proche de l'embryon est l'amnios, il délimite la cavité amniotique Le double feuillet externe mésoderme + ectoderme est la **séreuse ou chorion**. La cavité qui sépare l'amnios de la séreuse s'appelle le **coelome extra-embryonnaire** (coelome car cavité bordée par du mésoderme).

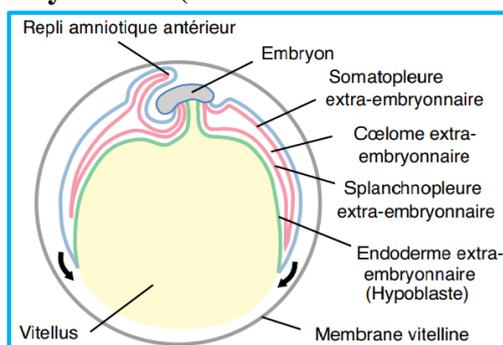


Figure 7.1 : 33 heures d'incubation

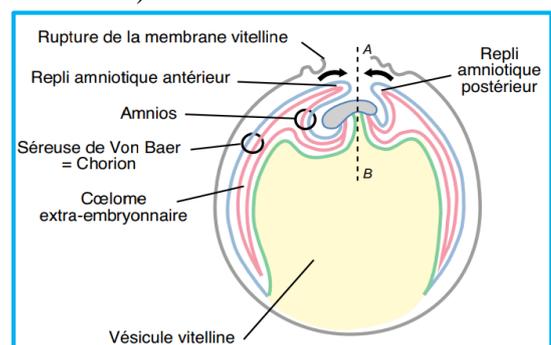


Figure 7.2 : 48 heures d'incubation

7-2 La vésicule vitelline

Une fois que le coelome est creusé dans le mésoderme latéral, il faut se souvenir qu'un feuillet mésodermique va s'accoler au feuillet ectodermique et que l'autre feuillet mésodermique est associé avec le feuillet endodermique. L'archentéron en se refermant vers l'arrière et les flancs donne le tube digestif de l'embryon. Les tissus endodermiques et mésodermiques qui le prolongent vont proliférer hors de l'embryon et s'étaler à la surface du jaune. Ce mésoderme se

vascularise fortement, ce qui permet de l'identifier rapidement. La splanchnopleure extra embryonnaire différencie des îlots sanguins (îlots de Wolff) à l'origine des cellules sanguines et des capillaires sanguins à partir de 24 h d'incubation. Le double feuillet endoderme + mésoderme va progressivement envelopper la masse du jaune : c'est la **vésicule vitelline** qui est en rapport avec la lumière du tube digestif. La vascularisation de la splanchnopleure est essentielle pour le transfert des réserves du jaune vers l'embryon. La vésicule vitelline a donc un **rôle nutritif**.

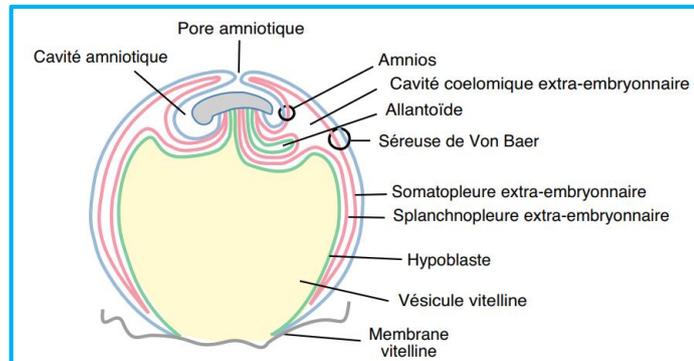


Figure 7.3 : 72 heures d'incubation chez les oiseaux

7-3 Allantoïde

C'est un diverticule endodermique issu de la face ventrale de l'intestin postérieur qui apparaît après 60h d'incubation et qui repousse devant lui une lame mésodermique. L'allantoïde va envahir progressivement tout le cœlome extra embryonnaire et entourer l'amnios. L'allantoïde a plusieurs fonctions :

- **Respiratoire** : Sa paroi mésodermique est bien vascularisée, elle s'applique contre la séreuse ; c'est à ce niveau lorsque cette membrane est proche de la coquille que s'effectueront les échanges gazeux.
- **Nutritive** : Site d'absorption des sels de calcium de la coquille qui seront utilisés à la formation du squelette
- **Excrétrice** : accumule les déchets éliminés par les reins

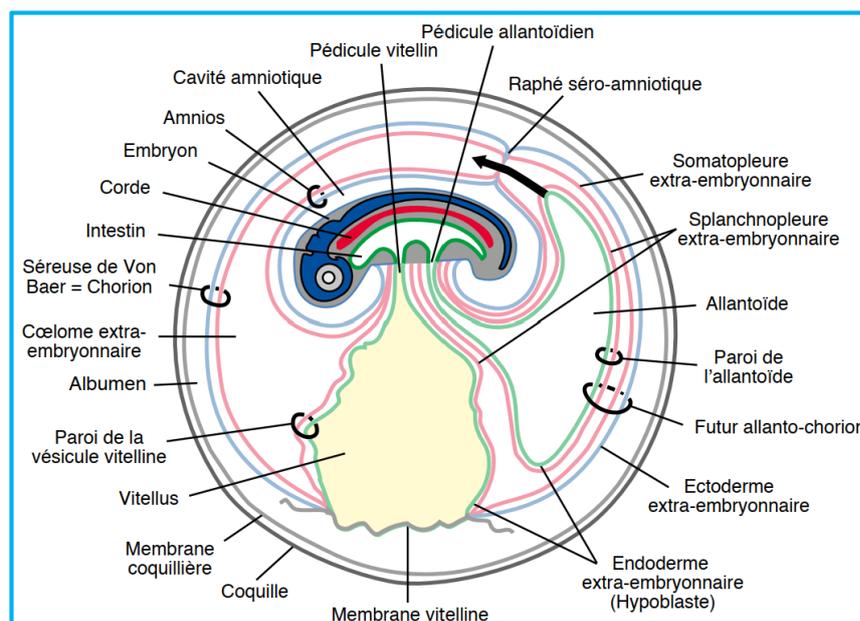


Figure 7.4 : l'organisation d'un embryon à 96 heures d'incubation chez les oiseaux

8- Particularités de l'embryologie humaine

8-1 Introduction

L'œuf formé après fécondation va être transporté jusqu'à l'utérus où il va s'implanter pour une durée moyenne de 9 mois. Peu de temps après la fécondation, l'œuf commence à se diviser. Son trajet dans les trompes dure plus ou moins quatre jours : c'est la **migration**. Il débouche alors dans l'utérus. A ce moment, il présente l'aspect d'une petite mûre ; c'est la raison pour laquelle on l'appelle **morula**.

A son entrée dans l'utérus, l'embryon se creuse ; c'est le stade **blastula**. Cette blastula se déplace librement dans l'utérus pendant une période de deux jours.

Stade	Moment
Fécondation	0
Stade 2 cellules	30 h
Stade 4 cellules	45 h
Stade 8 cellules	60 h
Morula	4 jours
Blastula	5 jours
Nidation	6 jours

Ensuite, commence une réorganisation et une spécialisation des cellules de l'embryon ; c'est le stade **gastrula**. A ce moment, on distingue clairement plusieurs types cellulaires dans l'embryon. L'embryon s'enfonce alors littéralement dans l'endomètre, la paroi de l'utérus qui le recouvre : c'est la **nidation**. Des cellules de l'embryon se multiplient et pénètrent dans l'endomètre. C'est ainsi que se forme le **placenta**. A partir de ce moment, l'embryon ne dépend plus exclusivement de ses propres réserves nutritives : il va recevoir les nutriments dont il a besoin par l'intermédiaire du sang maternel dans lequel baignent certaines de ses cellules.

8-2 Période pré-embryonnaire

Première semaine : segmentation totale rotationnelle, migration tubaire et début de nidation.

La segmentation est **asynchrone** et **inéga**le, au **5ème jour** : c'est le **blastocyste** (zone embryonnaire et zone extra-embryonnaire).

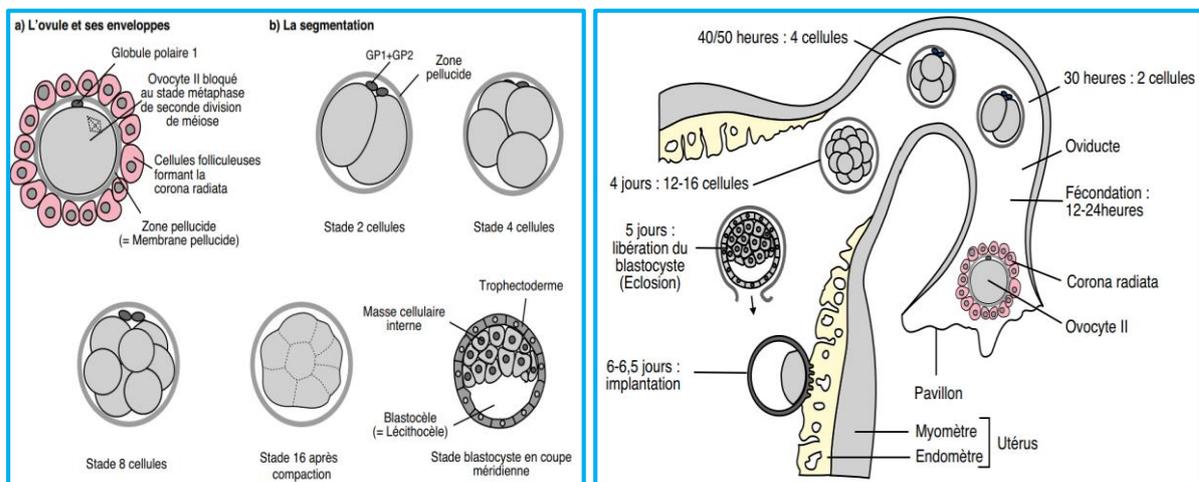


Figure 8.1: Ovule et première semaine du développement

8-3 Période embryonnaire

8-3-1 Deuxième semaine : formation du disque (ou bouton) embryonnaire, fin de nidation :

Les cellules du bouton embryonnaire se différencient en 2 couches : l'**hypoblaste** et l'**épiblaste**.

- L'épiblaste (au-dessus) sera à l'origine des principaux tissus de l'embryon et d'une annexe qui l'enveloppera. L'amnios et l'épiblaste délimitent la **cavité amniotique** remplie de liquide amniotique.
- L'hypoblaste (en dessous) donnera des tissus extra embryonnaires, il se creuse la vésicule vitelline.

Au 14^e jour, la nidation est terminée, l'oeuf mesure deux mm, il est complètement enfoui dans l'utérus.

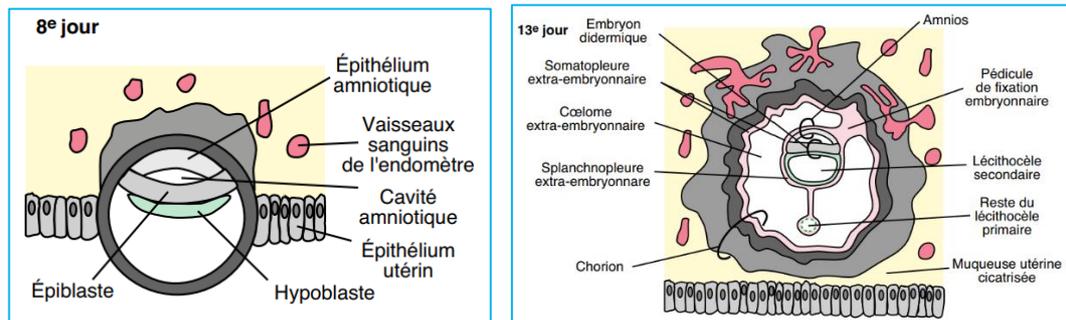


Figure 8.2: Deuxième semaine du développement

8-3-2 Début de la 3e semaine : gastrulation :

Cette phase fondamentale de l'embryogenèse se réalise durant la 3^e semaine du développement. Comme chez le poulet et la souris, elle se manifeste morphologiquement par l'apparition d'une **ligne primitive à la surface de l'épiblaste**. Commencant à se mettre en place vers le 15^e jour, elle est bien visible chez l'embryon de 17 jours. Les cellules de l'épiblaste prolifèrent, convergent vers le centre et forment la **ligne primitive** (le plan de symétrie de l'embryon) qui va servir d'axe embryonnaire. On peut alors distinguer une partie céphalique, d'une partie caudale, ventrale/dorsale, gauche et droite.

Il y a différenciation de 3 couches de cellule ou 3 feuilletts embryonnaire :

- ectoderme (le plus externe)
- mésoderme (intermédiaire)
- endoderme (le plus interne).

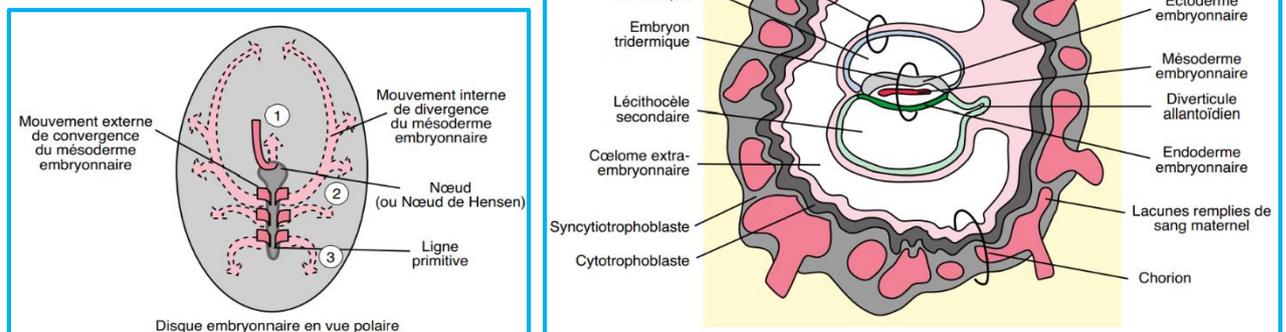


Figure 8.3: Début de la troisième semaine du développement : gastrulation

8-3-3 Fin de la 3e semaine : Début de la neurulation.

L'embryon est sur le point de neuruler, s'allonge dans l'axe antéropostérieur et s'aplatit dorsalement. L'embryon des Vertébrés ayant subi ces changements s'appelle **neurula**.

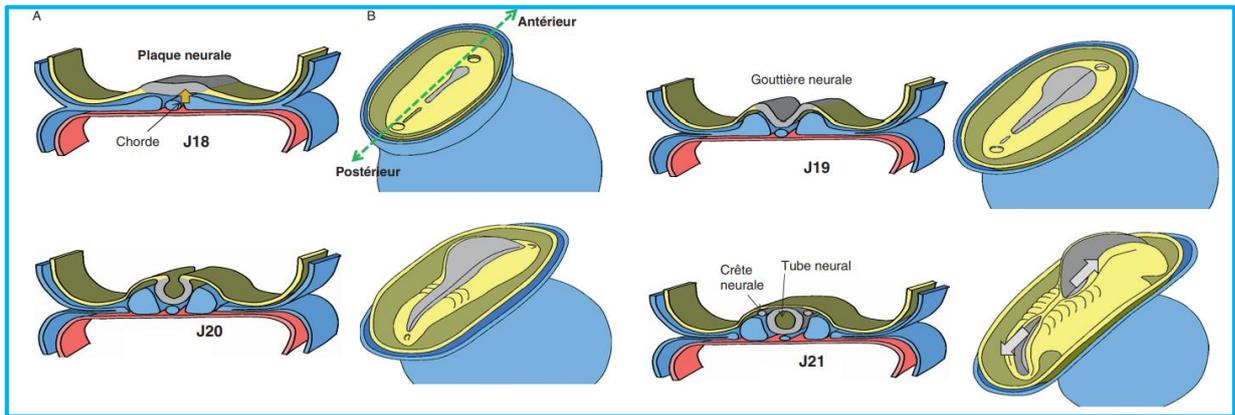


Figure 8.4: Fin de la troisième semaine du développement : neurulation

8-3-4 A partir de la 4e semaine : La délimitation de l'embryon, c'est-à-dire le passage d'un disque tridermique à un embryon sensiblement cylindrique.

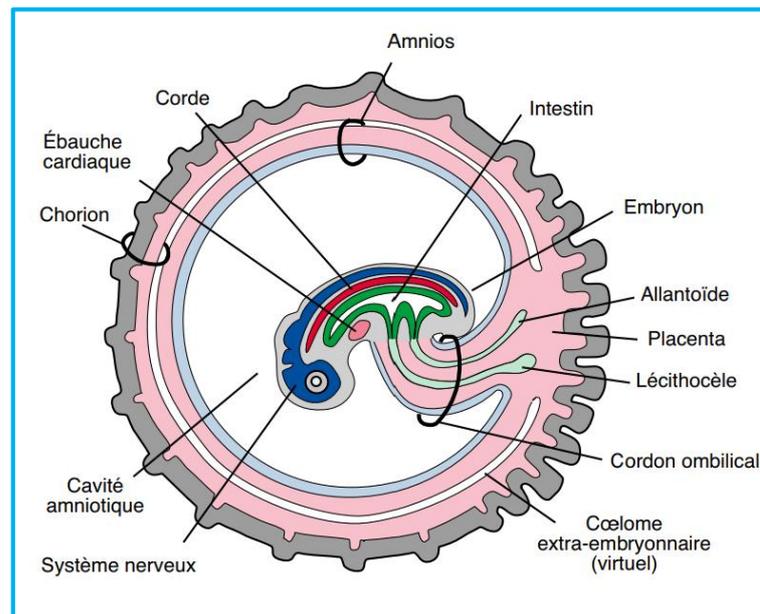


Figure 8.5: Fin de la quatrième semaine du développement

8-3-5 Devenir des feuilletts embryonnaires et organogenèse :

- L'ectoderme devient le tissu nerveux et la peau.
- Le mésoderme donne le squelette, les muscles, l'appareil urogénital et l'appareil circulatoire. Au cours du développement le mésoderme se segmente en somites, chaque **somite** donnant une vertèbre et des muscles.
- L'endoderme donne l'appareil digestif, les glandes annexes (foie, pancréas, vésicule biliaire) et appareil respiratoire.

8-3-6 Devenir des annexes embryonnaires:

La **cavité amniotique** s'élargit et envahit la cavité extra embryonnaire et entoure complètement l'embryon et forme une **bulle liquide** qui **protège** l'embryon des chocs et des infections. La vésicule vitelline se réduit mais reste reliée au futur intestin et formera le cordon ombilical qui relie l'embryon au placenta. Le **placenta** est formé des cellules du **trophoblaste** et des cellules de l'endomètre, il permet à l'embryon de recevoir un apport nutritionnel et permet à l'embryon de rejeter ses déchets.

8-4 Période fœtale

Stade de maturation et de croissance, quand le fœtus arrive à ce stade, on peut voir son appareil génital externe et donc déterminer son sexe.

8-4-1 Fin du troisième mois : doigts et orteils différenciables, appareils génitaux reconnaissables.

8-4-2 Quatrième mois : visage ressemblant à celui d'un humain, mesure à peu près 20 cm et pèse environ 200 g, on peut observer les mouvements.

8-4-3 Cinquième et sixième mois : un duvet apparaît sur tout le corps. Le fœtus se développe. Il mesure à peu près 30 cm et pèse environ 624 g.

8-4-4 Septième mois : à ce stade, le fœtus pourrait très bien vivre en dehors de l'utérus. Ses organes sont assez développés, sa peau rouge et fripée devient blanche car elle est recouverte d'une substance qui la protège, le fœtus peut également pleurer et bouger énergiquement. Ses yeux ne sont plus couverts et il peut voir, il mesure à peu près 40 cm et pèse environ 1 kg.

8-4-5 Huitième et neuvième mois : Sa peau est bien formée et n'est plus fripée. Il peut bouger très énergiquement ses membres. On peut voir les ongles des doigts et les orteils.

8-4-6 Terme : une femme arrive à terme lorsqu'elle en est à 39 semaines de grossesse. A ce moment le fœtus a perdu son duvet et peut enfin sortir de l'utérus de sa mère : c'est l'accouchement. Il mesure à peu près 50 cm et pèse environ 3 à 3.5 kg.

8-5 Chronologie du développement

Nidation → jour 6 : installation de l'embryon dans l'endomètre

Gastrulation → jour 15 : ébauche du cœur et l'audition se met en place

A 26 jours → tube neural, membres supérieurs apparaissent, la vision se met en place

A 1 mois → membres inférieurs et poumons, le cœur commence à battre, olfaction

35 jours → le cerveau commence à se former

40 jours → les mains apparaissent

50 jours → le cœur est formé définitivement

2 mois → les doigts se séparent

3 mois → l'embryon deviennent fœtus, il a un aspect humain

4 mois → le sexe est reconnaissable, appareil circulatoire

5 mois → premiers mouvements

6 mois → muscles, premiers réflexes

7 mois → le fœtus devient viable

9 mois → le fœtus est à terme, l'accouchement doit avoir lieu

La croissance en longueur s'effectue surtout au 4ème et 5ème mois.

L'augmentation du poids s'effectue pendant la 2ème partie de la grossesse et en particulier pendant les 2 derniers mois et ½ ou le fœtus double son poids.

Pendant les 2 derniers mois, la graisse sous cutanée se constitue, l'appareil respiratoire et le système nerveux se différencient et d'où l'importance d'une naissance à terme.

8-6 La naissance

Le vieillissement du **placenta** entraîne une chute du taux de **progestérone** et de plus, le **cortisol** du fœtus transforme la progestérone en œstrogènes. Le taux de **prostaglandines** est plus élevé enfin de grossesse, ce qui avec les œstrogènes, favorise les **contractions utérines**. L'**ocytocine** libérée par l'hypophyse favorise le travail utérin. Grâce aux contractions utérines le fœtus est peu à peu poussé au dehors.

Partie II : Histologie

1. Introduction

2. Tissus épithéliales

3. Tissus conjonctifs

4. Tissus musculaires

5. Tissus nerveux

1-Introduction

1-1 Définition

1-1-1 Un tissu se définit comme une association de cellules semblables ou différentes, regroupées pour remplir une fonction commune. Ces cellules sont souvent entourées d'une matrice extracellulaire qui soutient leur activité. Les tissus représentent un regroupement organisé de cellules qui travaillent en synergie pour accomplir des fonctions spécifiques dans l'organisme.

1-1-2 L'histologie est la branche de la biologie qui se concentre sur l'étude des tissus au niveau microscopique. Elle vise à comprendre leur organisation, leurs fonctions et leurs relations avec les organes. Elle repose sur l'observation détaillée de coupes tissulaires à l'aide de techniques comme la coloration et l'examen au microscope.

1-2 Types de tissus

Les tissus dans les organismes multicellulaires se répartissent en quatre grandes catégories :

1-2-1 Le tissu épithélial forme les surfaces internes et externes du corps, assurant des fonctions de protection, de sécrétion et d'absorption.

1-2-2 Le tissu conjonctif soutient, protège et relie les autres tissus. Il inclut le cartilage, les os, le sang et le tissu adipeux.

1-2-3 Le tissu musculaire est spécialisé dans la contraction et permet le mouvement du corps ainsi que des organes internes.

1-2-4 Le tissu nerveux assure la transmission des signaux électriques et la coordination des activités corporelles.

1-3 Origines des tissus

Les tissus se forment à partir des trois feuillets embryonnaires primaires : l'ectoderme, le mésoderme et l'endoderme :

1-3-1 L'ectoderme donne naissance à l'épiderme, aux tissus nerveux et à certains épithéliums sensoriels.

1-3-2 Le mésoderme est à l'origine des tissus conjonctifs, musculaires, ainsi que des vaisseaux sanguins et des reins.

1-3-3 L'endoderme forme les épithéliums des systèmes digestif, respiratoire et certaines glandes.

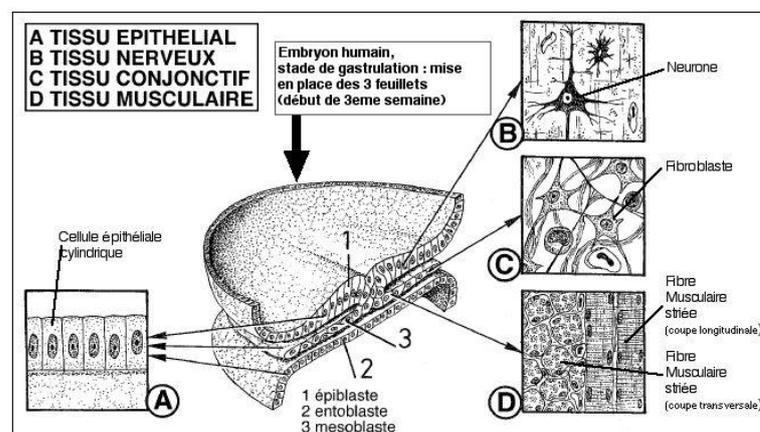


Figure 1.1 : Origines des tissus à partir des trois feuillets embryonnaires

2- Tissus épithéliales

2-1 Introduction

Les épithéliums forment un ensemble de tissus spécialisés qui couvrent les surfaces externes et internes du corps ou qui composent les glandes. Ils assurent des fonctions variées telles que la protection, l'absorption, la sécrétion et l'échange de substances.

Le tissu épithélial est un ensemble de cellules, étroitement accolées les unes aux autres sans interposition de substance, qui assurent une ou plusieurs fonctions identiques.

Les épithéliums sont séparés des autres tissus par une membrane basale

Les points d'attache entre les membranes cellulaires adjacentes sont appelés jonctions cellulaires, certaines de ces jonctions constituent des canaux de communication entre les cellules. On classe les épithéliums en deux grands groupes selon leur fonction :

- les épithéliums de revêtement spécialisés dans la fonction de protection,
- les épithéliums glandulaire ou glande, spécialisés dans la fonction de sécrétion.

2-2 Épithéliums de revêtement

2-2-1 Définition

Ce sont des feuilletts **avasculaires** composés d'une ou plusieurs couches cellulaires, recouvrant et limitant une surface libre de l'organisme.

La face profonde d'un épithélium repose sur une lame basale qui sépare les cellules épithéliales du tissu conjonctif sous-jacent, désigné sous le nom de **chorion**.

2-2-2 Caractéristiques

Les épithéliums de revêtement sont composés de cellules **étroitement liées** reposant sur une **membrane basale**. Ces tissus sont **avasculaires**, leur nutrition provient des tissus conjonctifs sous-jacents via diffusion. Ils montrent un fort renouvellement cellulaire et peuvent être dotés de structures spécialisées comme des cils ou des microvillosités.

2-2-3 Embryologie

Les épithéliums de revêtement proviennent des trois feuilletts embryonnaires. L'ectoderme donne naissance à l'épiderme et aux épithéliums sensoriels. Le mésoderme forme les épithéliums des cavités séreuses et des vaisseaux sanguins. L'endoderme est à l'origine des épithéliums du système digestif et respiratoire.

2-2-4 Fonctions et propriétés

Les épithéliums de revêtement assurent des fonctions variées, telles que :

- La protection contre les agressions physiques, chimiques ou microbiennes.
- L'absorption de nutriments ou d'eau.
- La sécrétion de mucus, d'enzymes ou d'hormones.
- Le transport de particules ou de fluides grâce à des structures comme les cils.

2-2-5 Classification

La classification des épithéliums de revêtement repose sur plusieurs critères.

2-2-5-1 Le nombre de couches cellulaires

Les épithéliums simples possèdent une seule couche de cellules. Les épithéliums stratifiés en contiennent plusieurs. Les épithéliums pseudo-stratifiés donnent une impression de stratification bien que toutes les cellules touchent la membrane basale.

2-2-5-2 La forme des cellules

Les cellules peuvent être pavimenteuses (plates), cubiques (aussi hautes que larges) ou cylindriques (plus hautes que larges).

2-2-5-3 La différenciation des structures superficielles

Certains épithéliums présentent des différenciations fonctionnelles comme la kératinisation, les cils ou les microvillosités.

2-2-6 Différents types d'épithéliums

2-2-6-1 Épithéliums simples

- **Épithéliums pavimenteux simples** : ils comprennent une seule assise de cellules aplaties, plus larges que hautes, à contour irrégulier reposant sur la lame basale qui les séparent du tissu conjonctif (chorion) sous-jacent.
- **Épithéliums cubiques simples** : formés d'une seule assise de cellules cubiques aussi hautes que larges.
- **Épithéliums prismatiques simples** : les cellules sont plus hautes que larges. Ils peuvent être avec ou sans différenciations apicales. Exemples : revêtement gastrique qui est en même temps gastrique sans différenciations ; épithélium prismatique simple à plateau strié de l'intestin grêle.

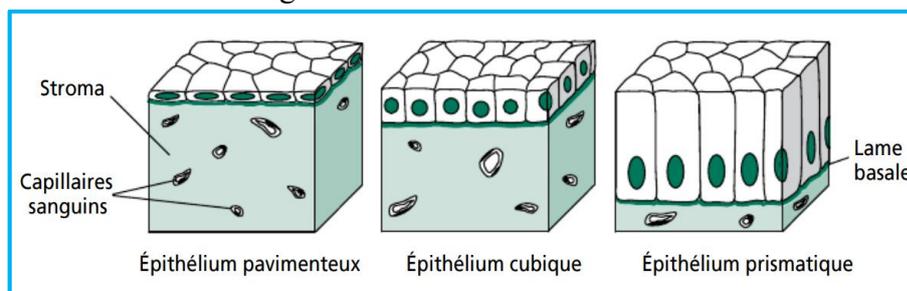


Figure 2.1 : Épithéliums de revêtement simples : unistratifiés.

2-2-6-2 Épithéliums pseudostratifiés :

- **Épithélium prismatique pseudostratifié**: exemple, l'épithélium respiratoire pseudostratifié cilié à cellules à mucus.
- **Épithélium pseudostratifié polymorphe** des voies excrétrices de l'urine (bassinet, urètre et vessie) dont l'aspect change suivant le degré de distension des voies urinaires auquel il doit s'adapter.

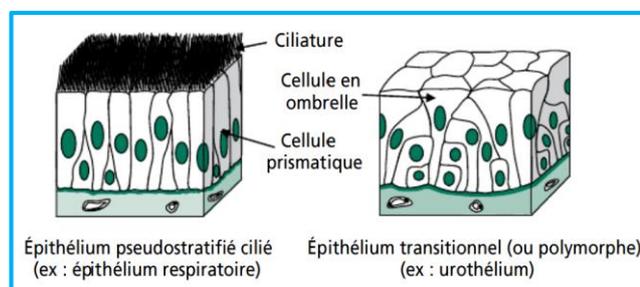


Figure 2.2 : Épithéliums de revêtement pseudostratifiés.

2-2-6-3 Épithéliums stratifiés :

- **Épithéliums prismatiques stratifiés** : ils possèdent une couche de cellules basales (couche germinative) qui se divisent et se transforment en cellules polyédriques, disposées sur plusieurs assises.

- **Épithéliums pavimenteux stratifiés non kératinisés** dont les couches superficielles sont formées de cellules aplaties. Exemple : L'épithélium œsophagien et vaginal.
- **Épithéliums pavimenteux stratifiés avec couche cornée** : il s'agit de l'épithélium cutané ou épiderme, caractérisé par la transformation progressive de ses cellules qui aboutissent à la différenciation des cornéocytes, cellules anuclées et chargées de kératine dans les couches superficielles.
- **Épithéliums cubiques stratifiés** : rare, par exemple, canaux excréteurs de glandes sudoripares.

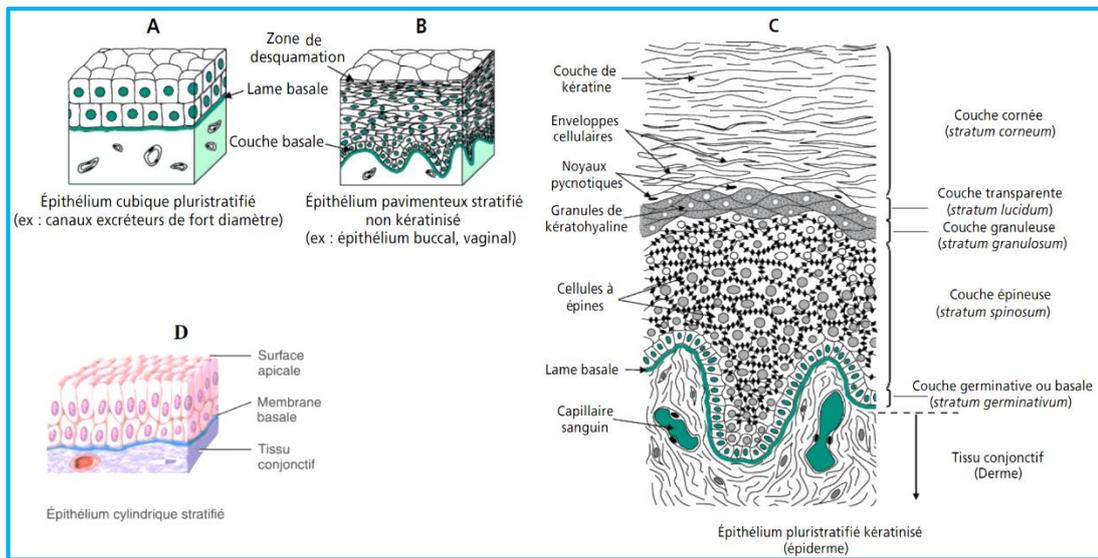


Figure 2.3 : Épithéliums de revêtement pluristratifiés.

Tableau 2.1 : Typologie des épithéliums de revêtement.

Types morphologiques	Nombre de couches cellulaires	Différenciations superficielles apicales	Localisations
Épithélium pavimenteux (cellules aplaties)	Unistratifié (Épithélium simple)	Présence possible de quelques microvillosités	Endothélium, mésothélium
	Pluristratifié	Absence de kératinisation	Cavité buccale, pharynx, œsophage, vagin, anus
		Kératinisation	Épiderme
Épithélium isoprismatique (ou cubique) (cellules cubiques)	Unistratifié (Épithélium simple)	/	Canaux glandulaires
		Microvillosités	Tube contourné proximal rénal
	Pluristratifié	/	Canaux collecteurs glandulaires de gros diamètres
Épithélium prismatique (cellules cylindriques ou columellaires)	Unistratifié (Épithélium simple)	Microvillosités	Intestin grêle
	Pseudostratifié	Cils vibratiles	Voies respiratoires supérieures (fosses nasales, trachée-artère, bronches), trompes de Fallope
		Stérocils	Épididyme, canal déférent
Épithélium transitionnel	Pseudostratifié	Plaques membranaires	Urothélium des voies urinaires (Urètre, vessie)

2-3 Épithéliums glandulaires

Les épithéliums glandulaires sont spécialisés dans la **sécrétion**. Ils forment les glandes qui **libèrent des substances** à la surface de l'épithélium ou dans le **sang**.

2-3-1 Glandes exocrines

Les glandes exocrines libèrent leurs sécrétions à travers des canaux vers l'extérieur ou vers des cavités internes.

2-3-2 Glandes endocrines

Ces glandes libèrent leurs sécrétions directement dans le sang, sans canaux, souvent sous forme d'**hormones**. Elles jouent un rôle clé dans la régulation des fonctions corporelles.

2-3-3 Glandes amphicrines

Certaines glandes, comme le pancréas ou le foie, exercent une double fonction exocrine et endocrine, ce qui les qualifie d'amphicrines.

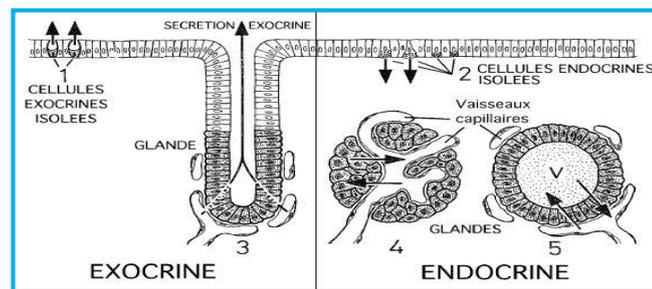


Figure 2.4 : Épithéliums glandulaires : Glandes exocrine et endocrine.

2-3-3 Classification des glandes exocrines

2-3-3-1 Selon les modalités d'excrétion

- **Glandes mérocrines** : le produit d'élaboration est excrété par exocytose. Ainsi, la membrane des vésicules fusionne avec la membrane plasmique apicale permettant l'excrétion des produits (exemple : glandes salivaires).
- **Glandes apocrines** : le produit de sécrétion est progressivement accumulé dans une très volumineuse inclusion apicale, située au pôle apicale de la cellule. Cette inclusion quitte la cellule en entraînant avec elle la membrane plasmique qui l'entoure (exemple : glande mammaire).
- **Glande holocrine** : c'est la cellule entière qui est le produit d'excrétion. La cellule glandulaire accumule son produit de sécrétion, dégénère et se fond avec lui dans le produit excrété, il y a donc ici une perte de toute la cellule. Cette modalité d'excrétion s'observe au niveau des glandes sébacées.

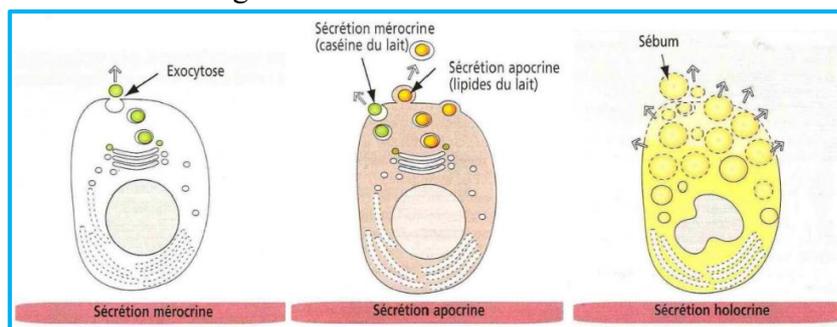


Figure 2.5 : Glandes exocrine selon les modalités d'excrétion.

2-3-3-2 Selon la nature du produit de sécrétion

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

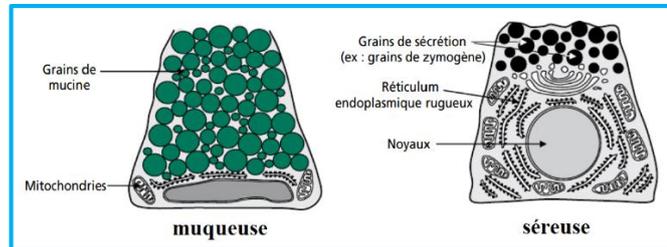


Figure 2.6 : Glandes exocrines selon la nature du produit de sécrétion.

2-3-3-3 Selon la morphologie de la glande exocrine :

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

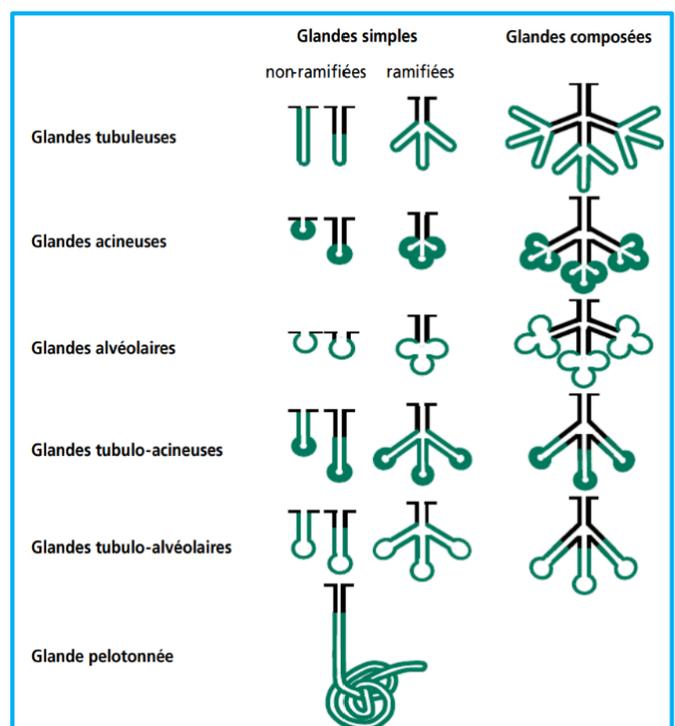


Figure 2.6 : Glandes exocrines selon la morphologie.

3- Tissus conjonctifs

3-1 Introduction

Les tissus conjonctifs représentent une catégorie essentielle des tissus biologiques. Ils relient, soutiennent et protègent les organes, tout en jouant des rôles fonctionnels variés dans l'organisme. Ils assurent la cohésion des structures corporelles et participent à de nombreuses fonctions vitales. Ils sont caractérisés par une matrice extracellulaire abondante, composée de fibres et de substance fondamentale, dans laquelle sont dispersées des cellules spécifiques.

3-2 Composants du tissu conjonctif

Les principaux composants du tissu conjonctif comprennent les **cellules**, les **fibres** et la **substance fondamentale**. Ces éléments interagissent pour remplir diverses fonctions biologiques.

3-2-1 Cellules du tissu conjonctif

3-2-1-1 Fibroblastes et fibrocytes

Les fibroblastes sont responsables de la synthèse des fibres de collagène, d'élastine et de la substance fondamentale. Les fibrocytes représentent une forme inactive de ces cellules.

3-2-1-2 Adipocytes

Les adipocytes sont spécialisés dans le stockage des lipides. Ils contribuent à l'isolation thermique et à la protection mécanique des organes.

3-2-1-3 Macrophages

Les macrophages participent à la **phagocytose** des débris cellulaires et des agents pathogènes. Ils interviennent également dans la régulation des réponses immunitaires.

3-2-1-4 Cellules cartilagineuses

Les **chondroblastes** produisent la matrice cartilagineuse, tandis que les **chondrocytes** assurent son maintien.

3-2-1-5 Cellules osseuses

Les **ostéoblastes** produisent la matrice osseuse minéralisée, les **ostéocytes** en assurent la maintenance, et les **ostéoclastes** contribuent à la résorption osseuse.

3-2-1-6 Cellules sanguines

Les **leucocytes**, les **érythrocytes** et les plaquettes constituent des éléments des tissus conjonctifs spécialisés comme le sang.

3-2-2 Fibres du tissu conjonctif

Les fibres du tissu conjonctif confèrent des propriétés mécaniques variées selon leur nature.

3-2-2-1 Fibres de collagène

Ces fibres, composées principalement de collagène, offrent une grande résistance à la traction et sont omniprésentes dans les tissus conjonctifs denses comme les tendons.

3-2-2-2 Fibres de réticuline

Ces fibres fines forment des réseaux dans les organes hématopoïétiques, comme la moelle osseuse et les ganglions lymphatiques, où elles offrent un support structural.

3-2-2-3 Fibres élastiques

Ces fibres, riches en élastine, confèrent une élasticité aux tissus, permettant leur étirement et leur retour à la forme initiale. Elles sont abondantes dans les poumons et les artères.

3-2-3 Substance fondamentale

La substance fondamentale est un gel amorphe composé de glycosaminoglycanes, de protéoglycanes et de glycoprotéines. Elle remplit les espaces entre les cellules et les fibres, favorise la diffusion des nutriments et des déchets, et contribue à l'hydratation des tissus.

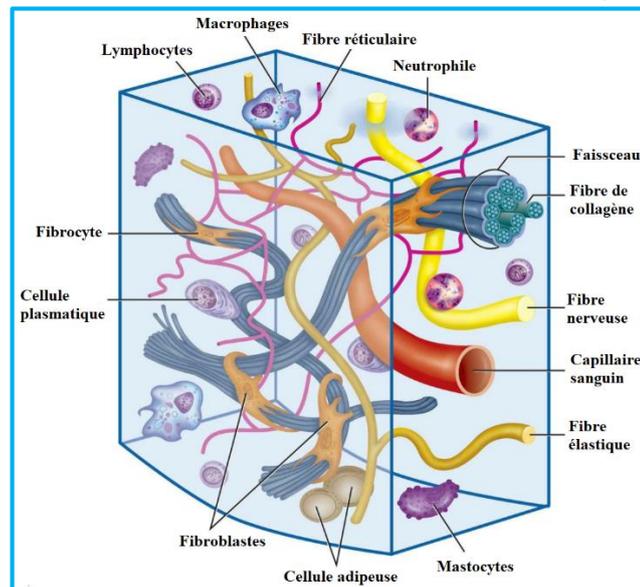


Figure 3.1 : Composants du tissu conjonctif.

3-3 Classification des tissus conjonctifs

La classification des tissus conjonctifs peut être organisée en trois grandes catégories : embryonnaires, proprement dits, et spécialisés.

3-3-1 Tissus conjonctifs embryonnaires

Les tissus conjonctifs embryonnaires se trouvent chez l'embryon et sont à l'origine des autres tissus conjonctifs. Ils incluent le mésenchyme, qui est un tissu lâche contenant des cellules mésenchymateuses, et le tissu muqueux, caractérisé par une matrice riche en substance fondamentale.

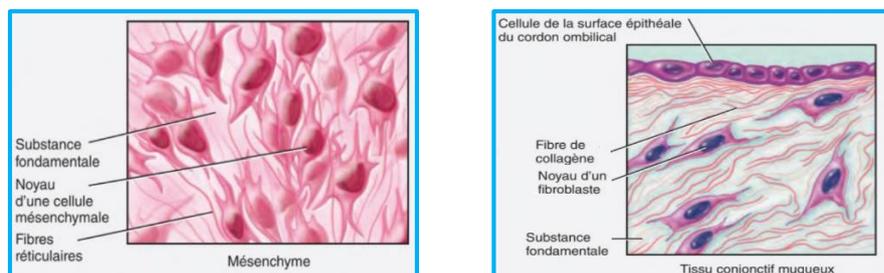


Figure 3.2 : Tissus conjonctifs embryonnaires.

3-3-2 Tissus conjonctifs proprement dits

Ces tissus se distinguent par leur matrice extracellulaire et leurs fonctions de soutien.

3-3-2-1 Tissus conjonctifs lâches

Les tissus conjonctifs lâches sont caractérisés par une faible densité de fibres et une abondante substance fondamentale. Ils offrent un support et un environnement pour les cellules et les vaisseaux sanguins. Ils sont souples et flexibles, permettant un mouvement et un échange de nutriments et de déchets.

- **Tissu conjonctif aréolaire** : Présent sous les épithéliums, autour des organes et des vaisseaux sanguins et joue un rôle dans la diffusion des nutriments. Il contient des fibres de collagène, de réticuline et d'élastine, ainsi que des fibroblastes, des adipocytes, des macrophages et d'autres cellules.
- **Tissu conjonctif adipeux** : Constitué principalement d'adipocytes, il est spécialisé dans le stockage de l'énergie, l'isolation thermique, la protection des organes et la production d'énergie.
- **Tissu conjonctif réticulaire** : Formé de fibres de réticuline, il soutient les cellules sanguines dans la moelle osseuse, les organes lymphoïdes et le foie.

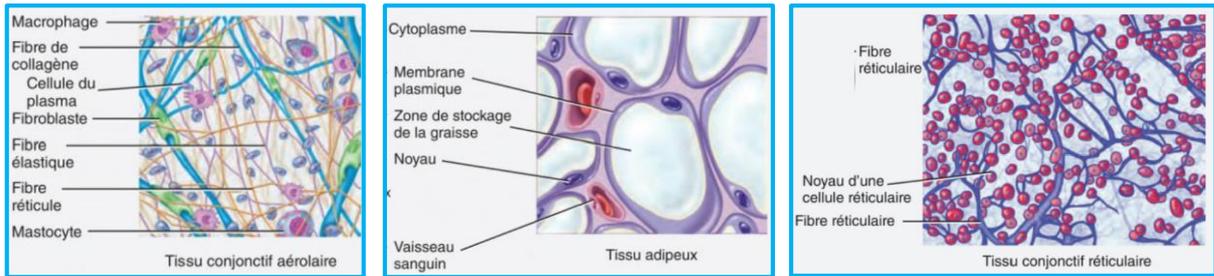


Figure 3.3 : Tissus conjonctifs lâches.

3-3-2-2 Tissus conjonctifs denses

Ces tissus sont riches en fibres et assurent une grande résistance mécanique.

- **Tissu conjonctif dense régulier** : Les fibres de collagène sont alignées, ce qui confère une résistance à la traction. On le trouve dans les tendons et les ligaments.
- **Tissu conjonctif dense irrégulier** : Les fibres de collagène sont disposées de manière aléatoire, ce qui offre une résistance dans toutes les directions. Il est présent dans le derme, les gaines des muscles et des nerfs.
- **Tissu conjonctif élastique** : Composé principalement de fibres élastiques, il confère élasticité et flexibilité. Il est présent dans les parois des gros vaisseaux sanguins, les poumons et le cartilage élastique.

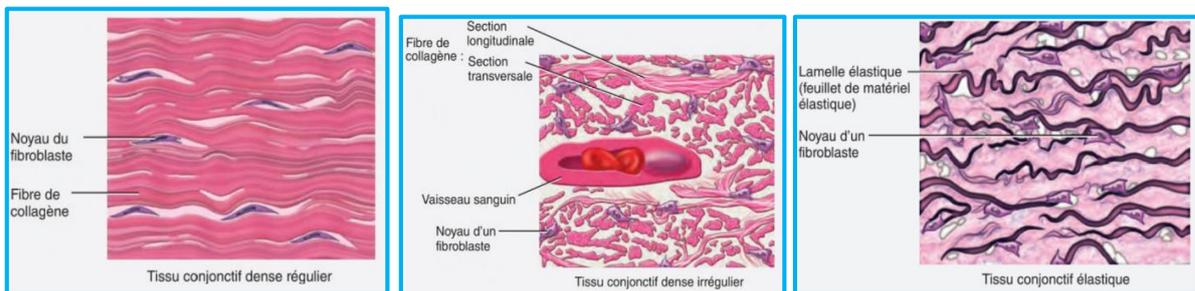


Figure 3.4 : Tissus conjonctifs denses.

3-3-3 Tissus conjonctifs spécialisés

Ces tissus remplissent des fonctions spécifiques dans l'organisme.

3-3-3-1 Tissu cartilagineux

Le tissu cartilagineux est un tissu conjonctif solide et flexible, composé de cellules cartilagineuses, de fibres de collagène et de substance fondamentale. Il est avasculaire, ce qui

signifie qu'il n'est pas irrigué par des vaisseaux sanguins, et il est donc nourri par diffusion depuis les tissus adjacents.

- **Cartilage hyalin** : est le type de cartilage le plus courant. Il est caractérisé par sa matrice transparente et sa résistance à la compression. Il est présent dans le nez, les trachées, les côtes, les articulations et les surfaces articulaires.
- **Cartilage élastique** : est caractérisé par sa capacité à s'étirer et de revenir à sa forme d'origine. Il contient une abondance de fibres élastiques, ce qui lui confère sa flexibilité. Il est présent dans l'oreille externe et l'épiglotte.
- **Cartilage fibreux** : est le type de cartilage le plus résistant. Il est caractérisé par une grande quantité de fibres de collagène denses, ce qui lui confère une résistance à la traction et à la compression. Il est présent dans les disques intervertébraux, les ménisques et les insertions tendineuses.

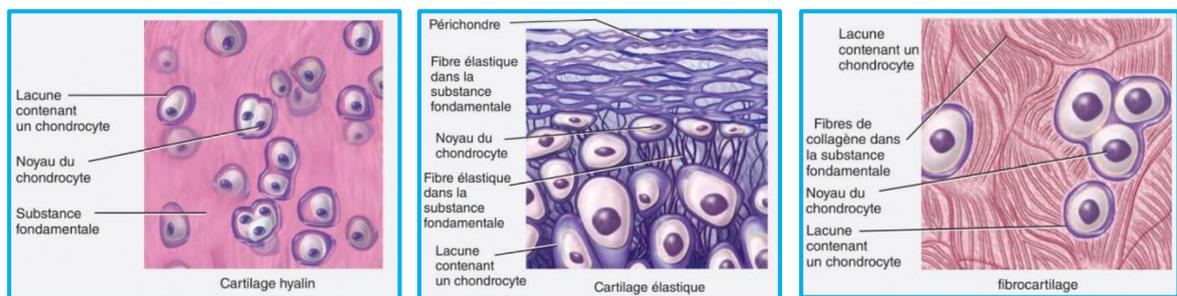


Figure 3.5 : Tissus conjonctifs cartilagineux.

3-3-3-2 Tissus osseux

Ces tissus sont minéralisés et offrent un support rigide.

- **Os compact** : L'os compact est la partie dense et solide de l'os. Il est composé d'unités structurales appelées ostéons. Les ostéons sont des structures cylindriques concentriques qui contiennent des cellules osseuses (ostéocytes) et des vaisseaux sanguins. L'os compact est présent dans la partie externe des os longs et dans la partie corticale des os courts et plats.
- **Os spongieux** : L'os spongieux est la partie plus poreuse et moins dense de l'os. Il est composé de fines travées osseuses qui entourent des espaces remplis de moelle osseuse. L'os spongieux est présent dans la partie interne des os longs et dans la partie centrale des os courts et plats.

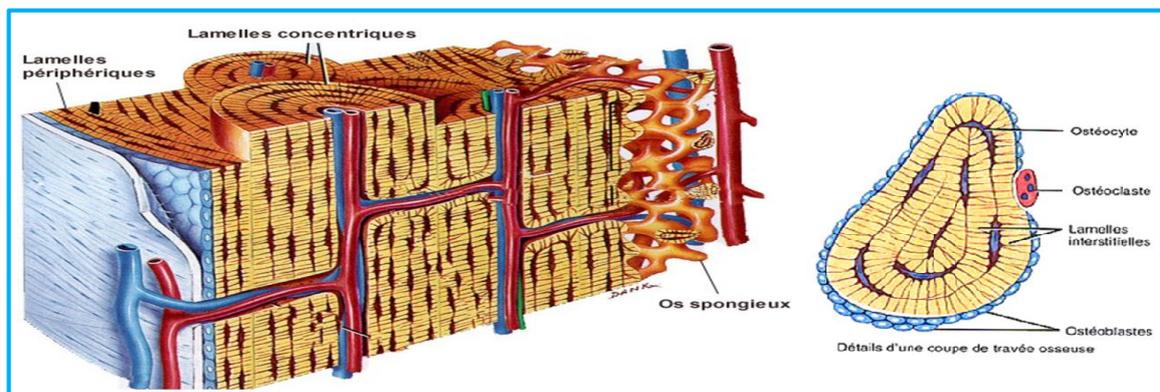


Figure 3.6 : Tissus conjonctifs osseux.

3-3-3-3 Tissu sanguin

Le tissu sanguin est un tissu conjonctif fluide, composé de cellules sanguines et de plasma. Le plasma est une matrice liquide qui contient des protéines, des électrolytes et d'autres substances dissoutes. Les cellules sanguines comprennent les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes. Les globules rouges transportent l'oxygène dans le corps, les globules blancs jouent un rôle dans la défense immunitaire, et les plaquettes sont impliquées dans la coagulation du sang.

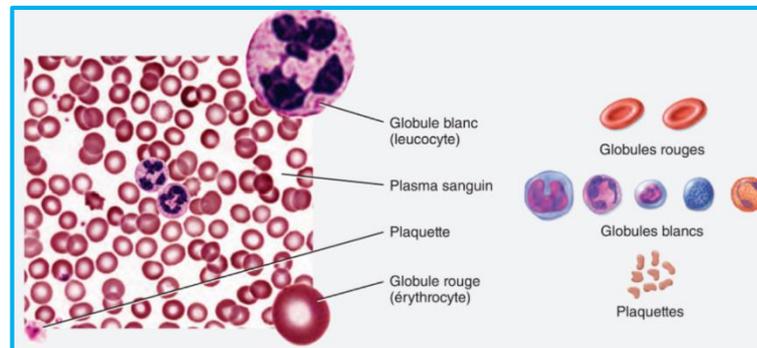


Figure 3.7 : Frottis sanguins.

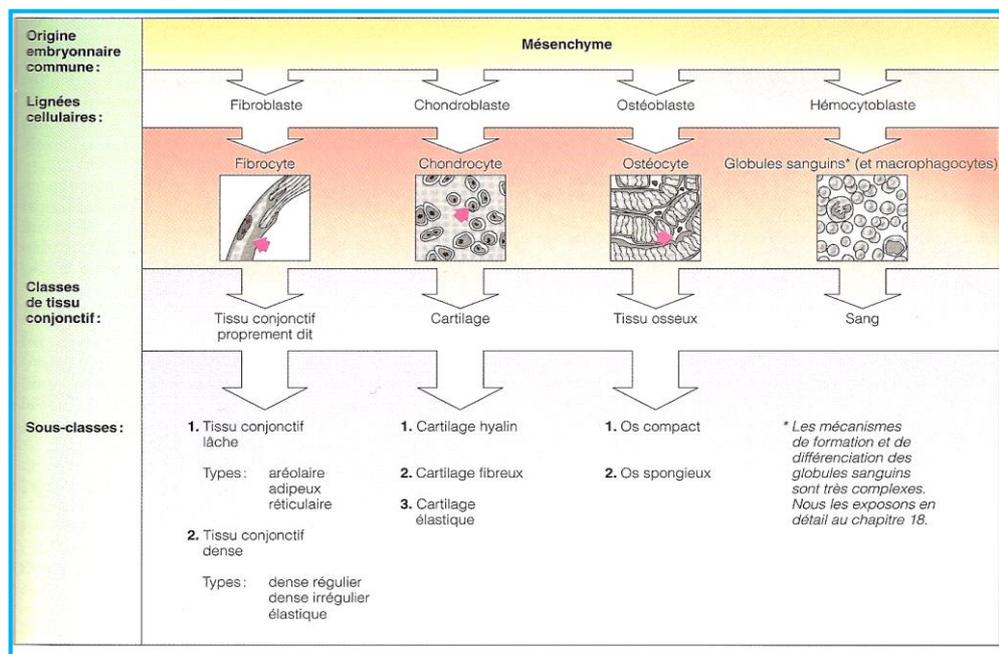


Figure 3.7 : Origine et classes de tissu conjonctif.

3-4 Fonction des tissus conjonctifs

Les tissus conjonctifs remplissent des fonctions variées qui sont essentielles au maintien de l'intégrité et du fonctionnement de l'organisme.

- ▣ Soutien structurel des organes et des tissus.
- ▣ Liaison entre différentes parties du corps.
- ▣ Protection des organes par le rembourrage et l'amortissement des chocs.
- ▣ Transport des substances telles que les gaz, les nutriments et les hormones.
- ▣ Défense immunitaire grâce aux cellules immunitaires présentes dans le tissu conjonctif.
- ▣ Réserve énergétique et isolation thermique par le tissu adipeux.
- ▣ Participation au mouvement et à la résistance mécanique dans les os et les cartilages.

Cette diversité de fonctions montre l'importance des tissus conjonctifs dans le soutien et l'organisation de l'ensemble des systèmes biologiques.

4- Tissus musculaires

4-1 Définition

Les cellules musculaires 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 **méosine**) ; les filaments sont groupés en myofibrilles.

On distingue trois variétés de tissu musculaire : **le tissu musculaire lisse, le tissu musculaire strié squelettique et le tissu musculaire strié cardiaque.**

4-2 Tissu musculaire strié squelettique

Le tissu musculaire strié squelettique est constitué de cellules contractiles plurinucléées extrêmement longues juxtaposées dans le sens de la longueur du muscle et séparées les unes des autres par un mince tissu conjonctif : « l'**endomysium** » riche en capillaires assurant la nutrition de ces cellules consommatrices d'énergie.

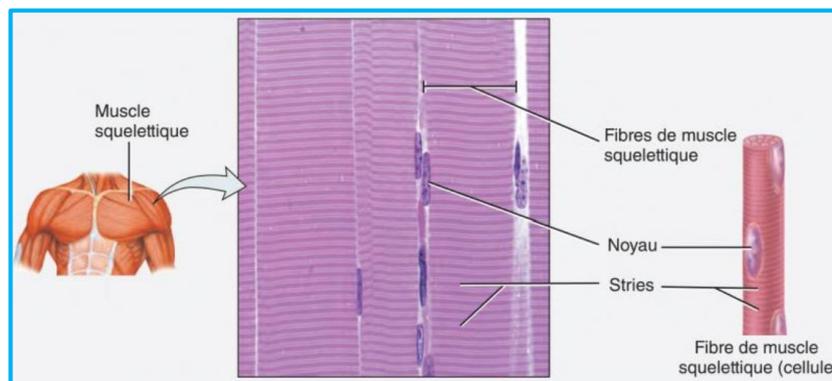


Figure 4.1 : Section longitudinale du tissu musculaire strié squelettique.

Elles peuvent être aussi longues que ce muscle : plusieurs dizaines de cm pour un diamètre de 10 à 100 μm : on les appelle donc des *fibres musculaires*.

Les fibres musculaires sont regroupées en faisceaux ou fascicules et chacun d'eux est entouré par un tissu conjonctif de soutien plus abondant que l'endomysium : c'est le « *périnysium* ».

Une importante gaine de tissu conjonctif dense appelé « *épimysium* » limite tout le muscle et laisse pénétrer vaisseaux et nerfs. Tout ce réseau de tissu conjonctif qui contient du collagène et des fibres élastiques, est en continuité avec les tendons.

L'observation d'une fibre musculaire isolée en coupe longitudinale permet d'y resituer les différents éléments constitutifs. De **nombreux noyaux** sont visibles sous la *membrane plasmique* ou *sarcolemme* dirigeant la synthèse des protéines contractiles très abondantes : l'**actine** et la **myosine**. Une structure **fibrillaire** abondante occupe tout le *cytoplasme* ou *sarcoplasme* donnant un aspect de striation longitudinale à l'intérieur des cellules : ce sont les **myofibrilles**. Celles-ci présentent des **stries transversales très régulières** correspondant à l'ordonnement des protéines contractiles qu'elles renferment. Par cet aspect de double striation (**longitudinale et transversale**) ces fibres musculaires squelettiques sont qualifiées de **striées**. Des striations transversales très régulières caractérisent les fibres musculaires striées squelettiques en coupe longitudinale : cela correspond à une succession de « **bandes sombres** » (ou **bandes A** car anisotropes en lumière polarisée) et de « **bandes claires** » (ou **bandes I** car

isotropes) correspondant à l'ordonnement très régulier des protéines contractiles (myofilaments d'actine et de myosine) qui composent les myofibrilles.

Au milieu de chaque bande claire est visible un trait ou **strie Z**. Chaque zone comprise entre 2 stries Z détermine un **sarcomère** ou *unité de contraction* de chaque myofibrille dont l'ultrastructure est révélée par le microscope électronique.

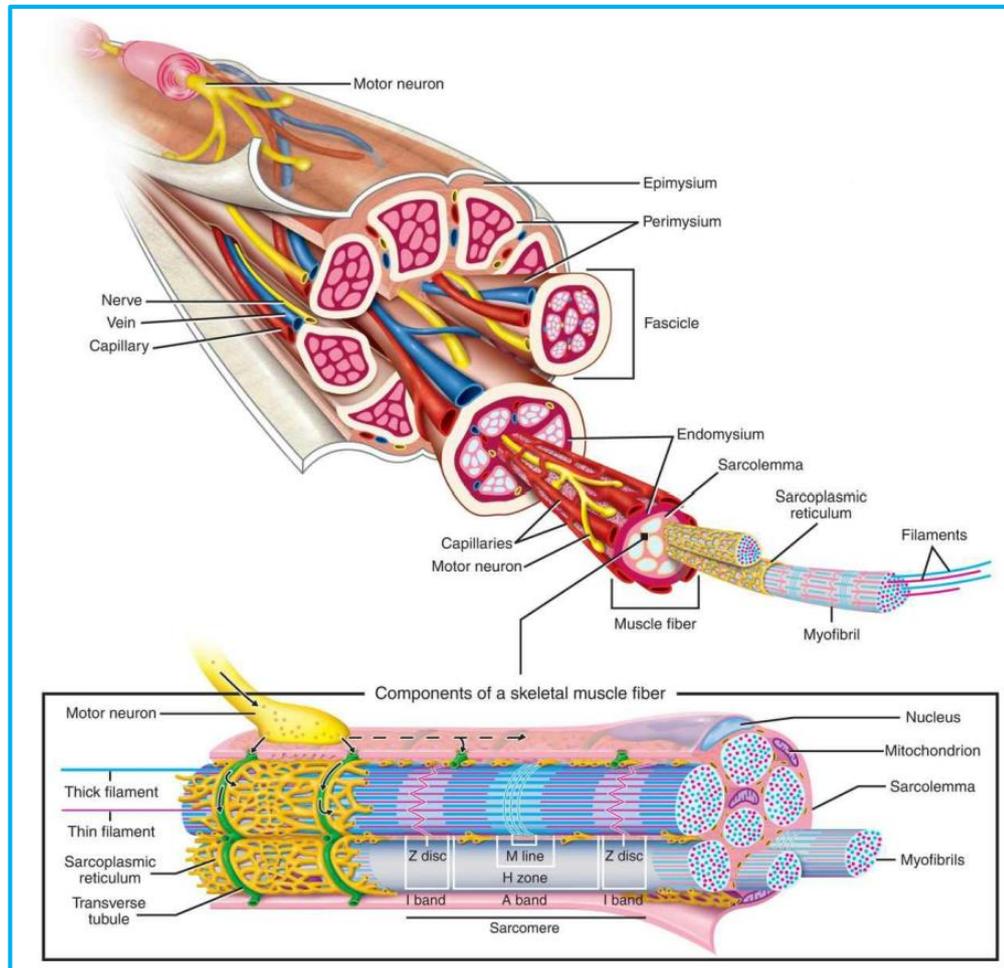


Figure 4.2 : Schéma tridimensionnel de l'organisation d'un muscle strié squelettique

4-3 Tissu musculaire lisse

Le tissu musculaire lisse est responsable de contractions continues très faibles non contrôlées par le système nerveux central. Celles-ci peuvent s'amplifier selon les besoins et sous le contrôle du système nerveux autonome, d'hormones et de métabolites.

Les cellules musculaires lisses, fusiformes, sont en général beaucoup plus courtes que les fibres musculaires squelettiques (quelques centaines de μm) et elles ne possèdent qu'un seul noyau central. Bien que leur sarcoplasme renferme des protéines contractiles, celles-ci ne suivent pas un ordonnancement régulier si bien qu'on n'y observe pas de striation perpendiculaire au grand axe, d'où leur dénomination de fibres lisses.

Les fibres musculaires lisses sont disposées en quinconce (par groupes de cinq) dans la paroi des organes creux (organes du tube digestif, gros vaisseaux sanguins, etc....) séparées les unes des autres par un mince tissu conjonctif (**endomysium**) et peuvent être regroupées en fascicules par du **périmysium**. Généralement on les observe dans des dispositions différentes par rapport à l'organe.

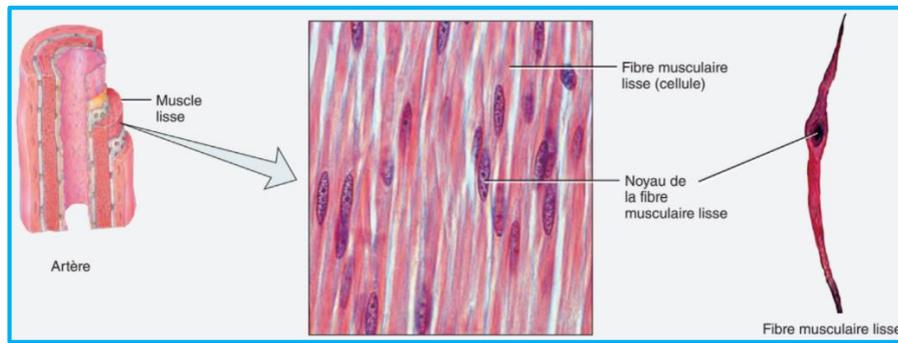


Figure 4.3 : Section longitudinale du tissu musculaire lisse.

Dans un plan de coupe transversal ce tissu musculaire lisse montrera des sections de cellules de tailles différentes et seules quelques-unes (les sections les plus grosses) permettront l'observation du noyau, ceci du fait de leur disposition (en quinconce) et de leur caractéristique cytotogique (un seul noyau central).

Dans un plan de coupe longitudinal il est difficile de les distinguer individuellement tellement elles sont serrées les unes contre les autres sans bien distinguer le fin **endomysium** qui les sépare ; on repère juste un noyau ovalaire en position centrale.

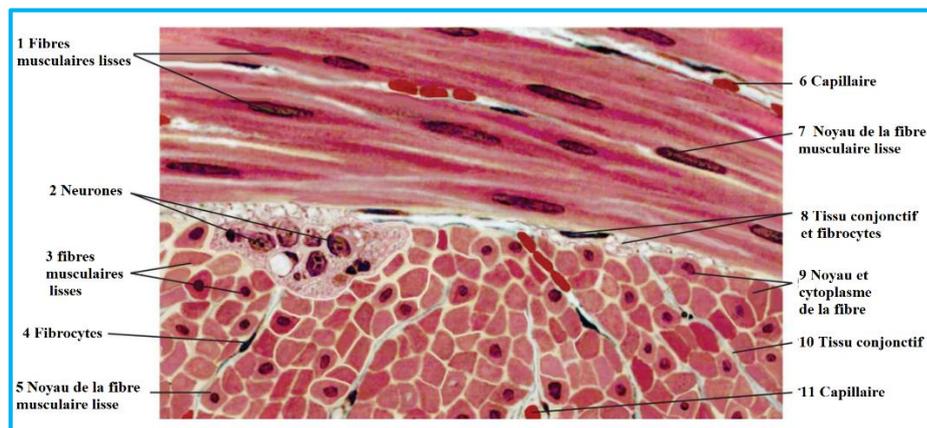


Figure 4.4 : Coupe longitudinale et transversale du muscle lisse de la paroi de l'intestin grêle.

4-4 Tissu musculaire cardiaque

Le tissu musculaire cardiaque est soumis à une succession de contractions consommatrices d'énergie dont la puissance rappelle le muscle squelettique. Par ailleurs, comme pour le muscle lisse, les contractions sont continuées et automatiques même si elles sont modulées par des facteurs végétatifs et hormonaux. Il présente donc des caractéristiques histologiques intermédiaires entre celles du muscle strié squelettique et celles du muscle lisse.

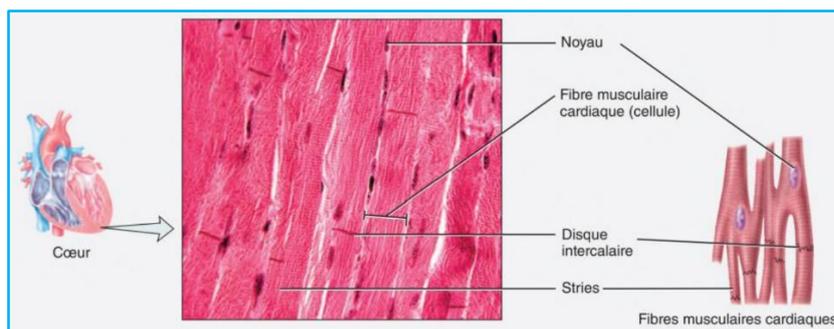


Figure 4.5 : Section longitudinale du tissu musculaire cardiaque.

Les fibres musculaires cardiaques sont toutefois moins grandes et possèdent des « extrémités branchées » qui rejoignent celles des cellules adjacentes avec des possibilités d'échanges entre elles au niveau de jonctions cellulaires spécialisées appelées *stries scalariformes*. Cet agencement particulier fait que le cœur se contracte dans son entier de manière maximale si le stimulus est suffisant. Chaque cellule comporte un ou deux noyaux situés en son centre.

Stries scalariformes ce sont des jonctions particulières situées au point de juxtaposition de deux extrémités de cellules musculaires cardiaques. L'ultrastructure révélée par le microscope électronique permet de distinguer des *segments transversaux (t)* et des *segments longitudinaux (l)* donnant une disposition en escalier aux jonctions entre deux *cellules contigües (C1 et C2)* par exemple).

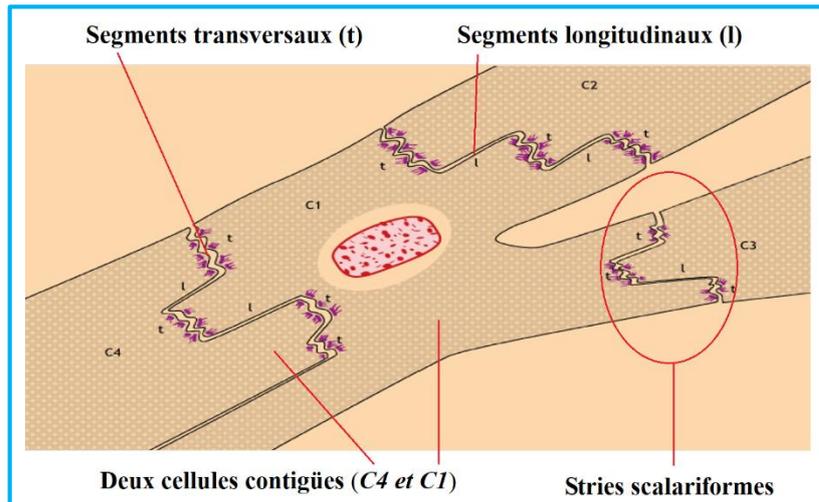


Figure 4.7 : Jonctions des cellules musculaires cardiaques.

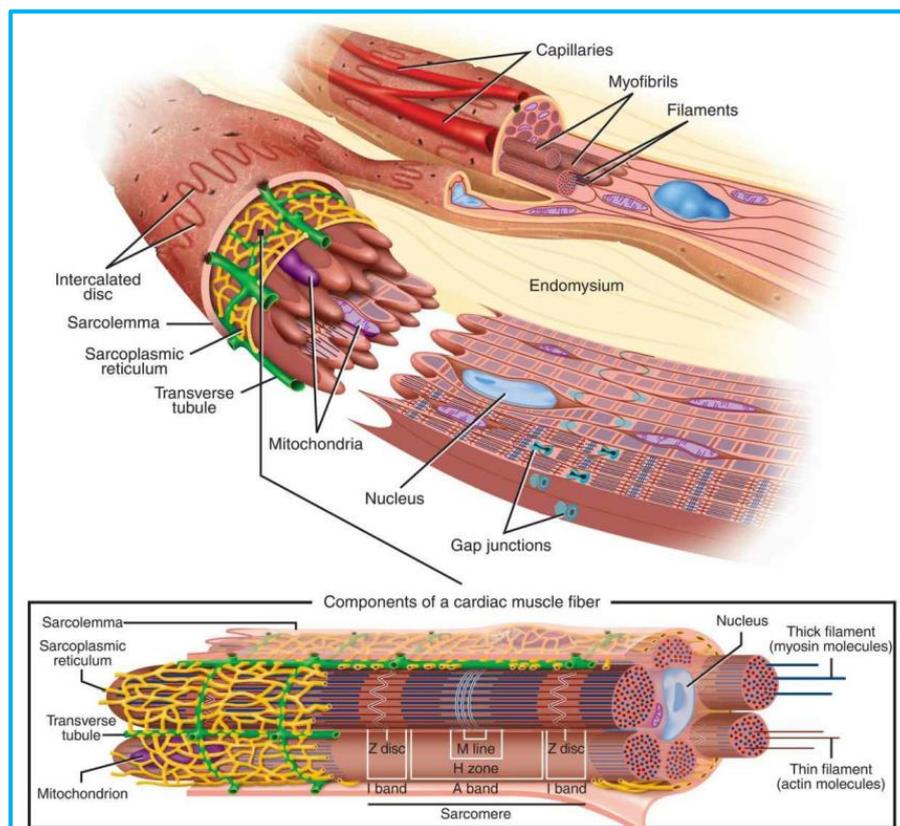


Figure 4.8 : Schéma tridimensionnel de l'organisation d'un muscle cardiaque.

5-Tissus Nerveux

5-1 Introduction

Le tissu nerveux correspond au quatrième type de tissu de l'organisme, il est constitué de cellules capables de transmettre une information d'un point à l'autre de l'organisme, grâce à un stimulus (un potentiel d'action). Cette propagation se fait par un type particulier de cellule : **Le neurone**. Le tissu nerveux se définit par la fonction de communication, du fait de sa propriété de percevoir, de conduire et de transmettre une excitation d'un point à l'autre de l'organisme grâce à des structures spécialisées : **les synapses** (zones de contact entre deux neurones).

Le système nerveux est l'ensemble des structures qui coordonnent les fonctions d'un individu et permettent ses relations avec le milieu extérieur. Leur fonction est basée sur deux propriétés cellulaires, **l'irritabilité** et la **conductibilité**, particulièrement développées dans les neurones. Son irritabilité et sa capacité de réagir aux variations du milieu extracellulaire en modifiant les propriétés électriques de sa membrane. La conductibilité d'un neurone est sa capacité de transmettre l'influx nerveux très rapidement et sur de longues distances.

5-2 Cellules du système nerveux

Le tissu nerveux comporte deux grandes catégories cellulaires représentées d'une part par les **neurones**, qui sont des cellules **fonctionnellement** capables de **recevoir** et d'**intégrer** des **messages** mais aussi d'**émettre** et de **transmettre** des **réponses adaptées** aux messages reçus, d'autre part par les **cellules gliales** qui regroupent divers types cellulaires assurant au sein du tissu nerveux des rôles de **soutien**, de partenariat dans les interactions inter neurales, de régulation trophique et de sécrétion.

5-2-1 Neurones

5-2-1-1 Caractéristiques morphologiques

Les cellules présentent **un corps cellulaire** (nommé également soma ou péricaryon) auquel se rattachent des expansions, des **dendrites** et un **axone**, désignés sous le terme global de **neurites**. En fonction du sens de transmission de l'information portée par la fibre nerveuse, c'est-à-dire l'axone, par rapport à une cellule cible, ce dernier est parfois qualifié d'afférent ou d'efférent.

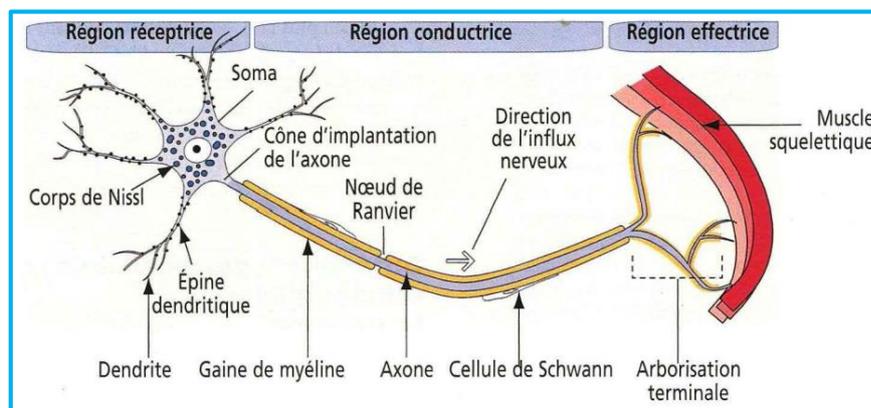


Figure 5.1 : Structure d'un neurone.

5-2-1-2 Types des neurones : Les neurones peuvent être classés selon plusieurs critères, notamment la forme de leur corps cellulaire, le nombre de leurs prolongements, le type de neurotransmetteur qu'ils libèrent et leur fonction.

5-2-1-2-1 Selon le nombre de prolongements (neurites).

- **Unipolaire** : Possède un seul prolongement qui se divise en un axone et une dendrite. On les trouve généralement dans les structures sensorielles.
- **Bipolaire** : Possède deux prolongements, un axone et une dendrite. Ils sont présents dans la rétine.
- **Pseudo-unipolaire** (bipolaire) : Possède un seul prolongement qui se divise en deux branches, l'une fonctionnant comme un axone et l'autre comme une dendrite. Ce type de neurone est souvent appelé "**neurone en T**". On les retrouve dans les ganglions rachidiens.
- **Multipolaire** : Possède un axone et plusieurs dendrites. Ce sont les neurones les plus nombreux dans le système nerveux.

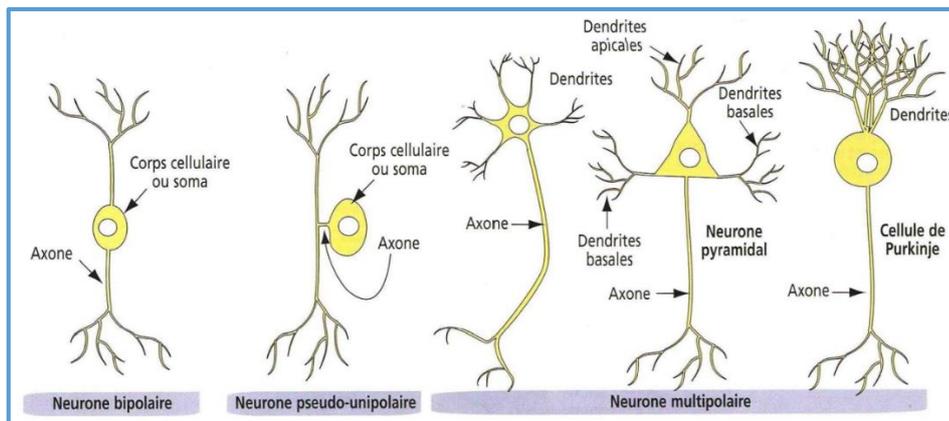


Figure 5.2 : Structure des neurones selon le nombre de prolongements.

5-2-1-2-2 Selon la forme du corps cellulaire

La forme du pericaryon témoigne de l'organisation générale des dendrites et de l'axone.

- Neurones étoilés
- Neurones pyramidaux
- Neurones sphériques.

5-2-1-2-3 Selon le médiateur chimique

- Neurone **cholinergique** (acétylcholine)
- Neurone **noradrenergique** (noradrénaline et adrénaline)
- Neurone **dopaminergique** (dopamine)
- Neurone **serotoninergique** (sérotonine)

5-2-1-2-4 Selon la fonction du neurone

- Neurone moteur
- Neurone sensitif
- Neurones végétatifs (involontaires) :
 - Neurone sympathique
 - Neurone parasympathique

L'activité du neurone est continuellement régulée. Cette régulation peut se faire aussi à partir des cellules gliales ou de l'espace extracellulaire.

5-2-2 Cellules gliales

Les cellules gliales, également appelées neuroglie, sont des cellules non-neuronales qui jouent un rôle de soutien et de protection des neurones.

5-2-2-1 Cellules de Schwann : Présentes dans le système nerveux périphérique, les cellules de Schwann forment une gaine isolante autour des axones, appelée gaine de myéline. Cette gaine permet d'augmenter la vitesse de conduction des influx

5-2-2-2 Oligodendrocytes (oligodendrogliés) : Similaires aux cellules de Schwann, les oligodendrocytes sont présentes dans le système nerveux central. Elles forment également une gaine de myéline autour des axones, mais peuvent myéliniser plusieurs axones à la fois.

5-2-2-3 Astrocytes (macroglies) : Les astrocytes sont les cellules gliales les plus abondantes dans le système nerveux central. Elles jouent un rôle crucial dans le maintien de l'homéostasie, le soutien des neurones et la formation de la barrière hémato-encéphalique, qui protège le cerveau des substances nocives.

5-2-2-4 Microgliaocytes (microglies) : Les microgliaocytes sont les cellules immunitaires du système nerveux central. Elles sont capables de phagocyter les débris cellulaires, les agents pathogènes et les neurones endommagés.

5-2-2-5 Ependymocytes : Les cellules épendymaires, un autre type de cellules gliales, tapissent les cavités du cerveau et de la moelle épinière. Elles contribuent à la production et à la circulation du liquide céphalo-rachidien, qui protège le cerveau et la moelle épinière.

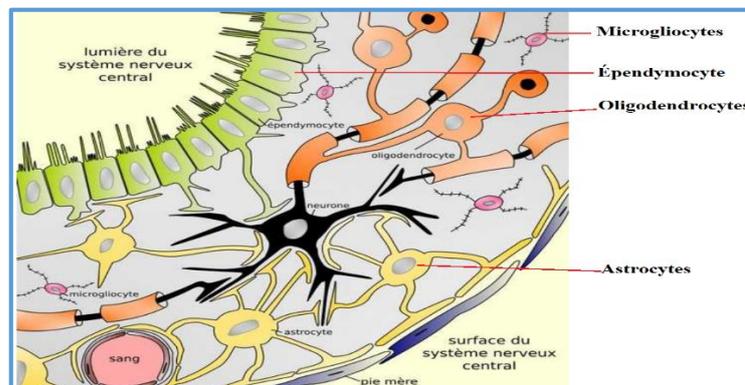


Figure 5.3 : Schéma présentes les cellules gliales du système nerveux central.

5-3 Synapses

5-3-1 Définition :

Une synapse est un point de contact spécialisé entre deux neurones ou entre un neurone et une cellule cible, comme un muscle ou une glande. Au niveau de la synapse, l'influx nerveux est transmis d'un neurone à l'autre, permettant ainsi la communication entre les cellules nerveuses.

5-3-2 Structure de synapses :

Les synapses se composent de trois parties principales :

5-3-2-1 L'élément présynaptique : L'extrémité de l'axone du neurone qui libère le neurotransmetteur.

5-3-2-2 La fente synaptique : Un espace étroit qui sépare les deux neurones.

5-3-2-3 L'élément postsynaptique : La membrane de la cellule cible qui contient les récepteurs pour le neurotransmetteur.

5-3-3 Types de synapses

Les synapses peuvent être classées en fonction de leur structure et de leur emplacement :

5-3-3-1 Synapse axo-dendritique : entre un axone et une dendrite d'un autre neurone.

5-3-3-2 Synapse axo-somatique : entre un axone et un péricaryon d'un autre neurone.

5-3-3-3 Synapse axo-axone : entre deux axones de deux neurones différents.

5-3-3-4 Synapse axo-épineuses : entre un axone et une épine dendritique d'un autre neurone.

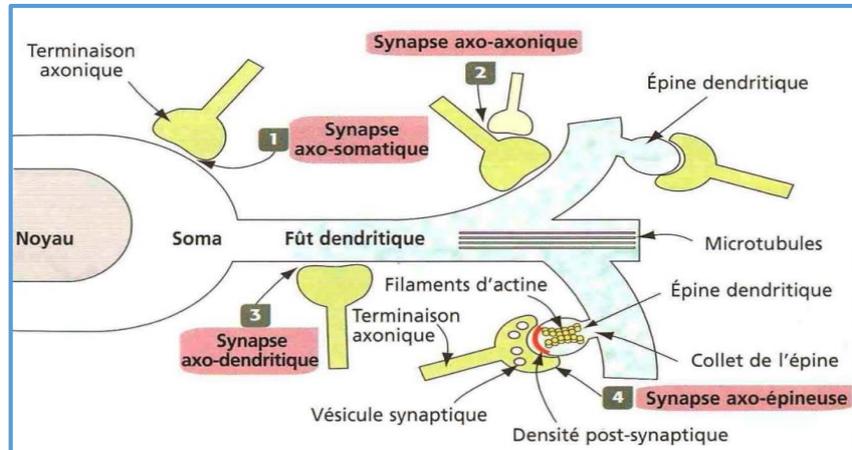


Figure 5.4 : Schéma présente les différents types de synapses.

5-4 Fibres nerveuses

On divise les fibres nerveuses en :

5-4-1 Fibres nerveuses amyéliniques

- ❑ les fibres nerveuses amyéliniques **sans** gaine de Schwann
- ❑ les fibres nerveuses amyéliniques **avec** gaine de Schwann

5-4-2 Fibres nerveuses myéliniques

- ❑ les fibres nerveuses myéliniques **sans** gaine de Schwann
- ❑ les fibres nerveuses myéliniques **avec** gaine de Schwann

(La **gaine de Schwann** : en dehors de la gaine de myéline, se trouve la gaine de Schwann formée par les cellules de Schwann recouvertes par la lame basale. Il existe une cellule de Schwann par segment.)

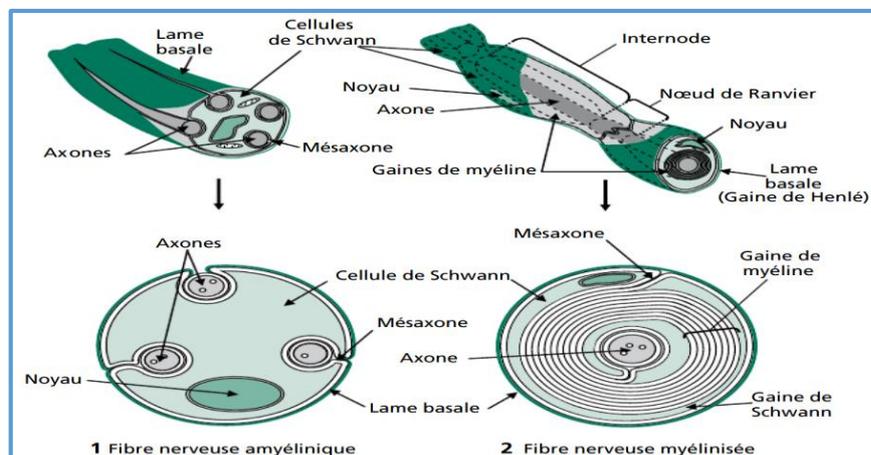


Figure 5.5 : Schéma présente les fibres nerveuses.

5-5 Systèmes nerveux

Le système nerveux, est un réseau complexe de cellules et d'organes qui contrôlent et coordonnent les fonctions de l'organisme. Nous étudierons la structure, l'organisation et les fonctions du système nerveux central et du système nerveux périphérique, en mettant l'accent sur les composants et les types de nerfs, les ganglions

5-5-1 Système nerveux central

Le système nerveux central (SNC) est le centre de contrôle du corps. Il est composé de l'**Encéphale** et de la **moelle épinière**, qui sont protégés par le crâne et la colonne vertébrale, respectivement. Le SNC est responsable du traitement des informations sensorielles, de la prise de décision et de la coordination des mouvements.

5-5-1-1 Structure de système nerveux central

■ Encéphale (cerveau)

Le cerveau est l'organe le plus complexe du corps. Il est composé de plusieurs régions distinctes, chacune responsable de fonctions spécifiques. Le cerveau est responsable de la pensée, de l'apprentissage, de la mémoire, du langage et du contrôle des mouvements volontaires. Il est également responsable de la perception sensorielle et de l'émotion. Le cerveau est protégé par le crâne, qui est une boîte osseuse solide.

■ Moelle épinière

La moelle épinière est un long cordon nerveux qui relie le cerveau au reste du corps. Elle est responsable du transport des informations sensorielles vers le cerveau et des commandes motrices du cerveau vers les muscles et les glandes. La moelle épinière est protégée par la colonne vertébrale, qui est une colonne d'os.

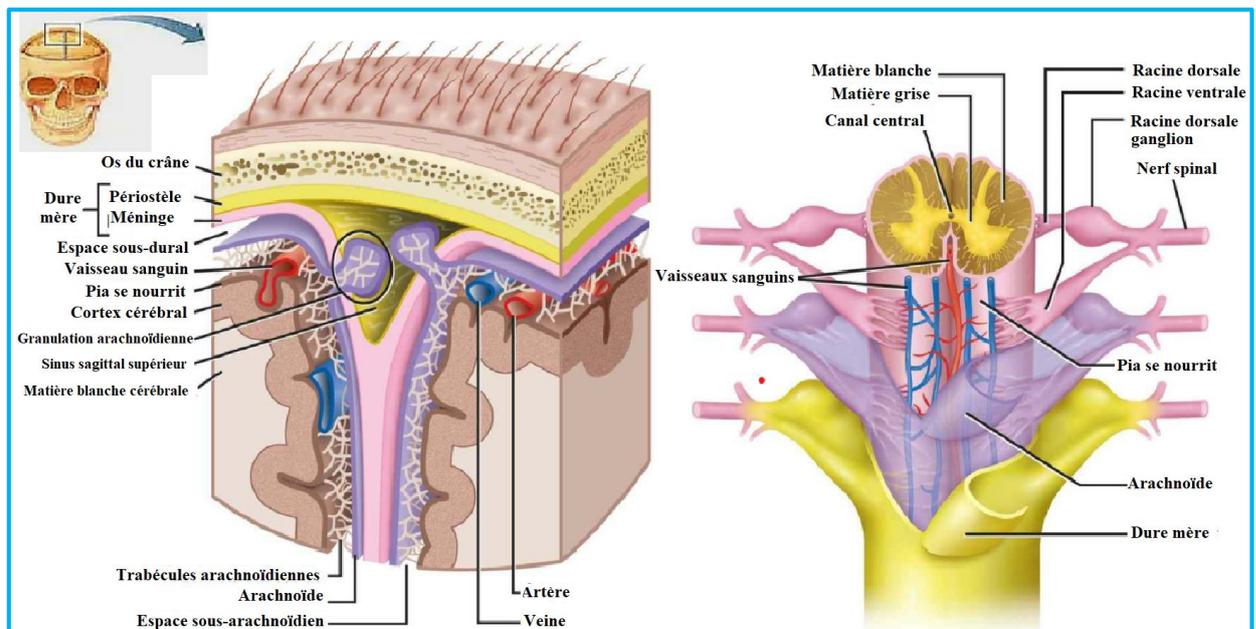


Figure 5.3 : Schéma présentes les Constituent histologique de système nerveux central.

5-5-1-2 Constituent histologique de système nerveux central :

- **Substance grise (SG)** correspondent au cortex cérébral : région où s'établissent les connexions entre les neurones par les synapses.

Le cortex cérébral se compose des **pericaryons** des neurones (corps cellulaires sans les axones et les dendrites), les cellules gliales de la névroglie et des capillaires sanguins.

- Dans le cerveau, la SG se situe en périphérie et en profondeur (noyaux gris centraux).
- Dans la moelle, elle se situe au centre.

- **Substance blanche** (car riche en lipides) permet la conduction.

Elle se compose des axones myélinisés, des cellules gliales et de capillaires sanguins peu nombreux, il n'y a jamais de pericaryons.

Elle se situe au centre dans le cerveau, et, en périphérie dans la moelle.

5-5-2 Système nerveux périphérique

Le système nerveux périphérique (SNP) est composé de tous les nerfs qui relient le SNC au reste du corps. Le SNP est responsable du transport des informations sensorielles du corps vers le SNC et des commandes motrices du SNC vers les muscles et les glandes. Il est composé de nerfs crâniens qui émergent du cerveau et de nerfs rachidiens qui émergent de la moelle épinière. Le SNP est également responsable du contrôle des fonctions autonomes du corps, telles que la respiration, la digestion et la circulation sanguine.

Le système nerveux périphérique se définit anatomiquement par l'ensemble des nerfs et des ganglions et histologiquement il est formé par : les neurones ganglionnaires, les cellules de Schwann et des capillaires sanguins.

5-5-2-1 Nerfs : Les nerfs sont des faisceaux de fibres nerveuses qui transportent des informations sensorielles et motrices. Les nerfs sont responsables de la communication entre le SNC et le reste du corps.

- **Structure des nerfs :** Les nerfs du SNP comportent un nombre variable d'**axones** myélinisés et non myélinisés issus de neurones localisés dans le cerveau, la moelle épinière ou dans des ganglions. Ces **fibres nerveuses** sont rassemblées en des **faisceaux** (ou **fascicules**) et un nerf est constitué par un regroupement de faisceaux. Un nerf est toujours limité à sa périphérie par une gaine conjonctive renfermant artérioles et veinules : c'est l'**épinèvre**. Les fibres nerveuses qu'il renferme sont séparées les unes des autres par un fin tissu conjonctif : l'**endonèvre** et sont parfois regroupées en fascicules par du tissu conjonctif plus abondant : le **périnèvre**.

- **Types des nerfs**

- **Nerfs sensitifs** transmettant des informations sensorielles depuis des organes récepteurs sensoriels jusqu'aux centres nerveux du SNC.
- **Nerfs moteurs** constituant l'innervation des muscles squelettiques par des fibres myélinisées, et celle des glandes, des muscles lisses et du cœur par des fibres amyéliniques ou peu myélinisées.
- **Nerfs mixtes** contenant à la fois des fibres sensibles (afférentes) et des fibres motrices (efférentes).

5-5-2-2 Ganglions

■ **Structure des Ganglions** : sont des amas de corps cellulaires neuronaux situés en dehors du SNC. Les ganglions sont responsables du relais des informations sensorielles et motrices entre le SNC et le reste du corps. Il existe deux types de ganglions : les ganglions rachidiens et les ganglions végétatifs.

■ **Types des Ganglions**

- **Ganglions rachidiens** : Sont des amas de corps cellulaires des neurones qui sont situés le long de la moelle épinière (boules sur la racine postérieure). Ils contiennent les corps cellulaires des neurones sensitifs qui transmettent des informations sensorielles du corps vers le SNC.
- **Ganglions végétatifs** (involontaires) : sont des amas de corps cellulaires neuronaux qui contrôlent les fonctions **autonomes** du corps. Ils sont responsables du contrôle du **rythme cardiaque**, de la **digestion** et de la transpiration. On distingue deux types de ganglions végétatifs : les **ganglions sympathiques** et les **ganglions parasympathiques**.

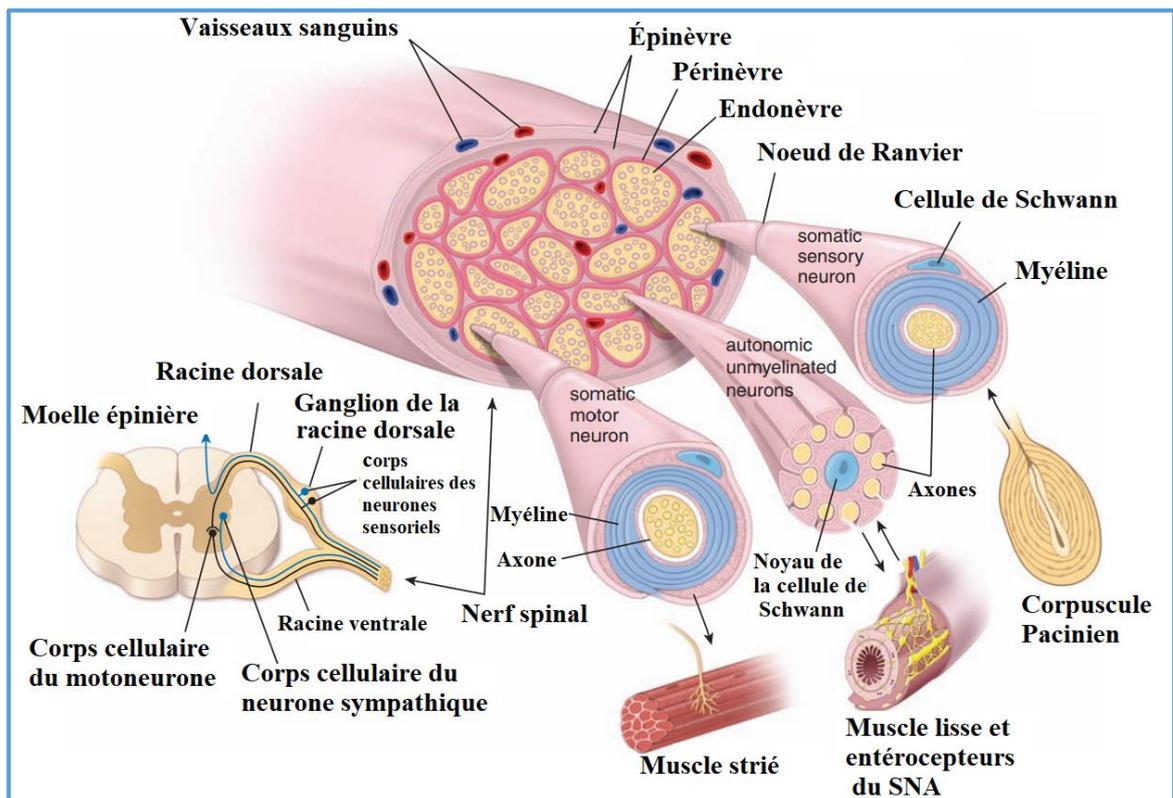


Figure 5.7 : Schéma présente Structure de nerf.

Références

- ✓ **Anatomie et physiologie**, Par Gerard J. Tortora, Bryan Derrickson, 2018.
- ✓ **Anatomie et physiologie humaines**, Par Elaine Nicpon Marieb, 1998.
- ✓ **Atlas de biologie animale**, Par Sandrine Heusser et Henri-Gabriel, Dupuy, Dunod , 2015.
- ✓ **Atlas of histology with Functional Correlations**, by Victor P. Eroschenko, Thirteenth Edition Copyright © 2017 Wolters Kluwer.
- ✓ **Biologie du développement**, Albert Le Moigne et Jean Foucrier, 7e édition revue et corrigée, Dunod, 2020
- ✓ **Biologie du développement : les grands principes**, Par Lewis Wolpert, André Beaumont, Dunod, 2017.
- ✓ **Biologie et physiologie animales**, Par A Beaumont, P Cassier, J Truchot et M Dauça, 2e édition, Dunod, 2015.
- ✓ **Development and Reproduction in Humans and Animal Model Species**, By Werner A. Mueller, Monika Hassel, Maura Grealy, 2015.
- ✓ **Embryologie et histologie humaines**, Par G. Tachdjian, S. Brisset, A.-M. Courtot, D. Schoëvaërt, L. Tosca, 2016.
- ✓ **Embryologie humaine**, Par YAICI Ayoub et ARAB Ouail
- ✓ **Histologie et biologie cellulaire : Une introduction à l'anatomie pathologique**, Par Abraham L. Kierszenbaum (Auteur), Pierre Validire (Traduction), Patricia Validire-Charpy, 2006.
- ✓ **Histologie-UE2 PACES**, Par Foucrier Jean, Dunod, 2014.
- ✓ **Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology**, By Michael H. Ross, Wojciech Pawlina.—6th ed Copyright, 2011.
- ✓ **Introduction à la biologie du développement**, Par Thierry Darribère, 2002.
- ✓ **Netter's Atlas of Human Embryology**, By Larry R. Cochard, 2012.