

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences Biologiques



POLYCOPIÉ DE COURS

Destiné aux étudiants Socle commun 1^{ère} année licence Sciences
de la nature et de la vie

Intitulé

Cours de Biologie Animale et Générale

Elaboré par :

Dr. HAMRA Fatima

Année universitaire : 2023/2024

AVANT PROPOS

Enseignante au niveau de Faculté des Sciences et Technologies, Département des Sciences Biologiques à l'université de Relizane depuis 04 septembre 2020, où j'ai pu intervenir et assurer un panel d'enseignement dans différentes matières. J'étais chargé de cours, de travaux dirigés (TD) et de travaux pratiques (TP) des modules de Biologie Cellulaire, Génétique, Biochimie Cellulaire et Fonctionnelle, Biologie animale, Microbiologie Générale.

Dans le cadre de la préparation de l'habilitation universitaire pour le passage au grade de rang magistral "Maître de Conférences A", j'ai choisi de présenter un polycopié englobant le cours de la matière de Biologie Animale Générale. Ce module représente une Unité d'Enseignement Fondamentale dans le programme de la 1ère année licence Sciences de la nature et de la vie (**Socle commun**) au niveau de Faculté des Sciences et Technologies, Département des Sciences Biologiques à l'université Ahmed Zabana, Relizane.

Ce module représente également un élément nécessaire et indispensable pour les différents modules qui survient dans le programme prévu pour la deuxième année et troisième année biochimie appliqué, master recherche ainsi pour réaliser leur travaux de recherche dans mémoire de fin d'étude et pourquoi pas les travaux de leur doctorat.

On vise par ce cours, le développement chez les étudiants les compétences suivantes :

- D'être capable de découvrir les particularités de la biologie du développement de certaines espèces animales.
- Compréhension et intégration des concepts fondamentaux de la biologie cellulaire, procaryote et eucaryote.
- Connaissance de base des différents types de tissus, humains en particulier.
- Connaissance de base des systèmes nerveux et endocrinien.

L'étudiant va construire progressivement cette performance complexe, en maîtrisant des savoirs, en mettant en œuvre des savoir-faire et en le faisant avec un savoir-être de professionnel.

A la fin de ce cours l'étudiant sera capable de :

❖ En termes de connaissance :

✓ Apprendre la terminologie et les notions de base en biologie cellulaire ce qui facilitera l'apprentissage des étudiants et va élargir leurs connaissances.

❖ En termes de savoir-faire :

✓ Connaissance de base des différents types de tissus, humains en particulier.

✓ Connaissance de base des systèmes nerveux et endocrinien.

Cet enseignement détaille deux axes principaux en biologie animale générale à savoir :
Embryologie et Histologie.

Le programme de la présente matière est comme suit :

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|-------------------|---|-----|
| Tableau 01 | Principaux dérivés des feuillets embryonnaires | 46 |
| Tableau 02 | Les principales caractéristiques de chaque type de muscle | 105 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|------------------|---|----|
| Figure 01 | Anatomie de l'appareil génital masculin | 12 |
| Figure 02 | Anatomie testicule et tube séminifère | 12 |
| Figure 03 | Etapes de spermatogenèse et la Chronologie de la spermatogénèse | 13 |
| Figure 04 | Control hormonal de spermatogénèse | 13 |
| Figure 05 | L'appareil génital féminin | 22 |
| Figure 06 | Les étapes de l'ovogénèse | 22 |
| Figure 07 | Structure de l'ovaire | 23 |
| Figure 08 | Les types de follicules | 23 |
| Figure 09 | Formation de Synciotrophoblaste et cytotrophoblaste et la cavité amniotique | 34 |
| Figure 10 | Formation du mésenchyme extra-embryonnaire, membrane de Heuser et formation du lécithocèle primaire | 36 |
| Figure 11 | Formation du lecithocèle II ^{aire} ou (vésicule vitelline) | 36 |
| Figure 12 | Formation le cœlome externe, le pédicule de fixation et lécithocèle II ^{aire} | 37 |
| Figure 13 | Formation du mésoblaste (gastrulation) | 42 |
| Figure 14 | Processus chordal | 42 |
| Figure 15 | Canal chordal | 42 |
| Figure 16 | Canal neurentérique | 43 |
| Figure 17 | Gouttière renversée | 43 |
| Figure 18 | Plaque chordale | 44 |
| Figure 19 | Notocorde | 44 |
| Figure 20 | Neurulation | 49 |
| Figure 21 | La métamérisation du mésoblaste para-axial | 49 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Figure 22 | Plicature transversale | 52 |
| Figure 23 | Plicatures longitudinales | 53 |
| Figure 24 | Formation du cordon ombilical | 53 |
| Figure 25 | Phases de la muqueuse utérines | 58 |
| Figure 26 | Grossesse à terme | 58 |
| Figure 27 | Le tissu épithélial de revêtement | 61 |
| Figure 28 | Classification du tissu épithélial de revêtement selon la forme | 62 |
| Figure 29 | Classification du tissu épithélial de revêtement selon le nombre de couche | 62 |
| Figure 30 | Classification du tissu épithélial de revêtement selon a spécialisation apical | 63 |
| Figure 31 | Les épithéliums de revêtement simples (unistratifiés) | 65 |
| Figure 32 | Les épithéliums de revêtement pseudostratifiés | 65 |
| Figure 33 | Les épithéliums de revêtement stratifiés (pluristratifiés) | 66 |
| Figure 34 | Classification des glandes selon le lieu de sécrétion, les modalités d'excrétion, la nature du produit de sécrétion et la morphologie de la glande exocrine | 70 |
| Figure 35 | Différents types de tissu conjonctif | 76 |
| Figure 36 | Différents types de tissu conjonctif dense | 76 |
| Figure 37 | Tissu conjonctif élastique | 76 |
| Figure 38 | Les éléments figurés du sang | 81 |
| Figure 39 | Les chondrocytes | 82 |
| Figure 40 | Le cartilage hyalin | 83 |
| Figure 41 | Le cartilage élastique avec des groupes isogéniques de chondrocytes | 84 |
| Figure 42 | Le cartilage fibreux | 85 |
| Figure 43 | Le périchondre | 85 |
| Figure 44 | Croissance interstitielle | 86 |
| Figure 45 | Croissance par apposition | 87 |
| Figure 46 | Structure du tissu osseux non-lamelle | 88 |
| Figure 47 | Tissu osseux trabéculaire | 91 |
| Figure 48 | Structure du tissu osseux haversien ou compact | 91 |
| Figure 49 | Le tissu conjonctif associe au tissu osseux | 94 |
| | | 95 |
| | | 95 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figure 50 | Cellules osseuses | 96 |
| Figure 51 | Ultrastructure de la cellule musculaire lisse | 98 |
| Figure 52 | Les myofilaments | 99 |
| Figure 53 | Organisation globale du muscle squelettique | 100 |
| Figure 54 | Organisation ultrastructurale des myofibrilles du muscle strié squelettique | 102 |
| Figure 55 | Fibre musculaire et cellule satellite | 103 |
| Figure 56 | : Observation d'une coupe longitudinale de muscle cardiaque | 105 |
| Figure 57 | Contraction musculaire | 106 |
| Figure 58 | Structure du neurone | 113 |
| Figure 59 | Classifications des neurones | 113 |
| Figure 60 | Cellule nerveuse (neurone) | 114 |
| Figure 61 | Organisation des nerfs | 114 |
| Figure 62 | Les synapses | 115 |

TABLE DES MATIERES

Avant-propos
Liste des tableaux
Liste des figures

PARTIE 1 : EMBRYOLOGIE

| | |
|--|----|
| Introduction à l'embryologie | 1 |
| CHAPITRE 1 : GAMETOGENESE | 3 |
| 1. Spermatogénèse | 3 |
| 1.1 Définition de la spermatogénèse | 4 |
| 1.2 L'appareil génital mâle | 4 |
| 1.2.1 Les testicules | 4 |
| 1.2.1.1 Le tractus génital mâle | 5 |
| 1.2.3 Le sperme | 5 |
| 1.2.4 Le spermatozoïde | 8 |
| 1.2.5 Les tubes séminifères | 10 |
| 1.2.7 Le déroulement de la spermatogénèse | 10 |
| 1.2.8 Structure des spermatozoïdes | 10 |
| 1.2.8 Transport des spermatides | 14 |
| 1.2.9 Control hormonal | 14 |
| 2. L'Ovogenèse | 14 |
| 2.1 Définition de l'ovogenèse | 15 |
| 2.2 Anatomie de l'appareil génital féminin | 17 |
| 2.3 Les différentes étapes d'ovogenèse | 17 |
| 2.4 Développement du follicule ovarien | 17 |
| 2.4.1 Définition | 19 |
| 2.4.2 Différent types de follicules | 19 |
| 2.5 Ovulation et la ponte ovulatoire. | 19 |
| 2.6 Control hormonal de l'ovogenèse | |
| CHAPITRE 2 : FECONDATION | 24 |
| 1. Définition de fécondation | 24 |
| 2. Phénomène précédant la fécondation (transit des spermatozoïdes) | 24 |
| 3. Conditions préalables à la fécondation | 25 |
| 4. Les étapes de fécondation | 25 |
| 4.1 La rencontre des gamètes | 25 |
| 4.2. Conséquences de la pénétration du spermatozoïde | 26 |
| 4.3 L'amphimixie ou caryogamie | 26 |
| 4.4 Résultats de la fécondation | |

| | |
|---|----|
| CHAPITRE 3 : PREMIERE SEMAINE DU DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE | 27 |
| 1. Définition de segmentation | 27 |
| 1.2. Les Types de segmentation | 28 |
| 1.3. Le déroulement de la segmentation | 28 |
| 1.3.1 Division du zygote | 28 |
| 1.3.2 La compaction | 29 |
| 1.3.3 Formation du blastocyste libre ou blastula | 29 |
| 1.4. Migration de l'œuf | 30 |
| 1.5. L'éclosion : J6 | |
| 1.6. Début de l'implantation | |
| | |
| LA DEUXIEME SEMAINE DE DEVELOPPEMENT : LA NIDATION | |
| 2. Introduction | 31 |
| 2.1. Implantation du blastocyste (nidation) | 31 |
| 2.2. Formation du disque embryonnaire didermique | 32 |
| 2.3. Formation de cavité amniotique | 32 |
| 2.4. Formation de la vésicule vitelline et de cavité chorale | 32 |
| 2.5. Mise en place du système circulatoire utéro placentaire | 33 |
| | |
| CHAPITRE 4 : TROISIEME SEMAINE DU DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE : LA GASTRULATION | |
| 1. Définition | 36 |
| 2. Modifications de l'organisme maternel | 37 |
| 3. L'évolution du disque embryonnaire | 37 |
| 4. Principales étapes de la gastrulation | 37 |
| 4.1 Première étape : (la mise en place de la ligne primitive et le nœud de Hensen) | 37 |
| 4.2 Deuxième étape | 38 |
| 4.3 Troisième étape | 39 |
| | |
| CHAPITRE 5 : NEURULATION | |
| 1. Les différents stades de neurulation | 43 |
| 1.1 Formation de la plaque neurale | 43 |
| 1.2 Formation de la gouttière neurale | 43 |
| 1.3 Formation du tube neural | 43 |
| 2. Evolution du mésoblaste | 44 |
| 3. Au niveau des annexes | 45 |
| 4. Différenciation des feuillettes | 46 |
| | |
| CHAPITRE 6 : QUATRIEME SEMAINE LES PLICATURES ET DEBUT DE L'ORGANOGENESE | |
| 1. Les événements de la 4 ^{ème} semaine du développement embryonnaire | 48 |
| 2. Délimitation de l'embryon | 48 |
| 2.1. Plicature transversale | 49 |
| 2.2. Plicature longitudinale | 49 |
| 3.3 Conséquences de la délimitation | 50 |
| 4.4 Formation du cordon ombilical | 50 |

CHAPITRE 7 : PARTICULARITES DE L'EMBRYOLOGIE HUMAINE

| | |
|--|----|
| 1. Cycle | 52 |
| 1.1 Phase folliculaire | 52 |
| 1.2 Phase ovulatoire Phase lutéale | 52 |
| 1.3 Phase gestationnelle | 52 |
| 1.4 Phase menstruelle | 52 |
| 2. Nidation | 53 |
| 2.1. Introduction | 53 |
| 2.2. Evolution du trophoblaste | 53 |
| 2.3 Disparition de la membrane pellucide | 53 |
| 2.4. La nidation proprement dite | 53 |
| 2.5. Croissance de l'œuf | 53 |
| 3. Evolution des annexes | 54 |
| 4. Le placenta | 54 |
| 4.1. Origine du placenta | 54 |
| 4.2. Développement de l'ébauche placentaire | 54 |
| 4.3. Fonctions du placenta | 55 |
| 4.3.1 Métabolisme du fœtus (nutrition et détoxication) | 55 |
| 4.3.2 Synthèse d'enzymes | 55 |
| 4.3.3 Synthèse d'hormones | 55 |

PARTIE 2 : HISTOLOGIE

Introduction

| | |
|---|----|
| 1. Le concept d'un tissu | 58 |
| 2. Les différents tissus de l'organisme | 58 |
| 3. Origine embryonnaire des tissus | 58 |

CHAPITRE 1 : LES EPITHELIUMS

| | |
|---|----|
| 1. Définition | 59 |
| 1.1. Les épithéliums de revêtement | 59 |
| 1.2 Classification des épithéliums de revêtement | 60 |
| 1.3 Fonction de l'épithélium | 63 |
| 1.4 Les différents types d'épithéliums de revêtement | 63 |
| 1.4.1 Les épithéliums de revêtement simples | 63 |
| 1.4. 2 Les épithéliums de revêtement pseudostratifiés | 64 |
| 1.4. 2 Les épithéliums de revêtement stratifiés | 65 |
| 1.5 Renouvellement des épithéliums | 66 |
| 1.2. Les épithéliums glandulaires | 66 |
| 1.2.1 Classification | 67 |
| 1.2.1.1 Selon le lieu de sécrétion | 67 |
| 1.2.1.2 Selon les modalités d'excrétion | 67 |
| 1.2.1.3. Selon la nature du produit de sécrétion | 68 |
| 1.2.1.4. Selon la morphologie de la glande exocrine | 68 |

CHAPITRE 2 : LE TISSU CONJONCTIF

| | |
|---|----|
| 1. Généralités | 70 |
| 2. Composition | 70 |
| 3. Les cellules du tissu conjonctif | 70 |
| 3.1 Les cellules fixes | 70 |
| 3.2 Substance fondamentale | 71 |
| 3.3 Les fibres du tissu conjonctif | 72 |
| 4. Classification | 72 |
| 4.1 Le tissu conjonctif lâche | 72 |
| 4.2 Le tissu conjonctif réticulaire ou réticulé | 73 |
| 4.3 Le tissu conjonctif élastique | 74 |

CHAPITRE 3 : LE TISSU SANGUIN

| | |
|---------------------------------------|----|
| 1. Introduction | 76 |
| 2. Composition du plasma | 76 |
| 3. Les éléments figurés | 76 |
| 3.1 Globules rouges | 76 |
| 3.2 Plaquettes sanguines | 77 |
| 3.3 Les globules blancs ou leucocytes | 77 |
| 3.3.1 Polynucléaires ou granulocytes | 78 |
| 4. Mononucléaires | 78 |
| 4.1 Lymphocytes | 78 |
| 4.2 Monocytes | 78 |
| 5. Hématopoïèse | 79 |

CHAPITRE 4 : LE TISSU CARTILAGINEUX

| | |
|--|----|
| 1. Les chondroblastes | 81 |
| 2. Les chondrocytes | 81 |
| 3. La substance fondamentale | 82 |
| 4. Les fibres | 82 |
| 5. Les variétés de tissu cartilagineux | 82 |
| 5.1. Le cartilage hyalin | 83 |
| 5.2. Le cartilage élastique | 83 |
| 5.3. Le cartilage fibreux | 84 |
| 6. Le périchondre | 85 |
| 7. Le cartilage articulaire | 85 |
| 8. Croissance des cartilages | 86 |
| 8.1. Croissance interstitielle | 86 |
| 8.2. Croissance par apposition | 86 |

CHAPITRE 5 : LE TISSU OSSEUX

| | |
|--|----|
| 1. Généralités | 88 |
| 2. Organisation générale | 88 |
| 3. Structure générale des tissus osseux | 89 |
| 3.1 Tissu osseux réticulaire (non lamellaire) | 89 |
| 3.2 Le tissu osseux trabéculaire ou os spongieux | 90 |
| 3.3 Le tissu osseux haversien ou compact | 91 |
| 3.4 Le tissu conjonctif associé au tissu osseux | 92 |
| 4. Cellules osseuses | 93 |

CHAPITRE 6 : LE TISSU MUSCULAIRE

| | |
|---|-----|
| 1. Le muscle lisse | 97 |
| 1.1 Ultrastructure de la cellule musculaire lisse | 97 |
| 1.2 Les myofilaments | 97 |
| 1.3 Organisation | 98 |
| 2. Muscle strié Squelettique | 98 |
| 2.1 Organisation globale | 99 |
| 2.2 Les fibres musculaires striés squelettiques | 99 |
| 2.2.1 Microscopie optique | 99 |
| 2.2.2- Microscopie électronique | 100 |
| 2.3.3 Les cellules satellites | 101 |
| 3. Le muscle strié cardiaque | 102 |
| 3.1 Généralités | 102 |
| 3.2 Microscopie optique | 102 |
| 3.3 Microscopie électronique | 103 |
| 3.4 Composants cellulaires | 103 |
| 3.5 Contraction musculaire | 104 |

CHAPITRE 7 : LE TISSU NERVEUX

| | |
|--|-----|
| 1. Généralités | 106 |
| 2. Les neurones | 106 |
| 2.1 Classifications | 108 |
| 3. La fibre nerveuse et ses gaines | 108 |
| 3.1 Définition | 108 |
| 3.2 Diffèrent type de fibres nerveuses | 108 |
| 3.3 Formation de la myéline | 109 |
| 3.4 Différents types de neurones | 109 |
| 4. Tissu de soutien | 109 |
| 4.1 Les cellules gliales | 109 |
| 4.1.1 Les cellules épendymaires | 110 |
| 4.1.2 Astrocytes | 110 |
| 4.1.3 Les oligodendrocytes | 110 |
| 4.1.4-Les cellules microgliales | 111 |
| 5. Organisation des nerfs | 111 |
| 6. Terminaisons nerveuses : la synapse | 111 |

Références bibliographiques

116

Partie 1 : Embryologie

Introduction à l'embryologie

Notions fondamentales d'embryologie

Quoi : L'embryologie est la science qui se consacre à l'étude du développement de l'embryon, c'est-à-dire à la période de la vie comprise entre la fécondation de l'œuf et la naissance

Décrire, mais aussi expliquer la formation de l'embryon, étudier les mécanismes et les causes du développement embryonnaire.

À quoi ça sert :

Savoir comment les organes se sont développés nous permet de mieux les connaître et ainsi de les soigner en cas de maladie.

Plusieurs maladies sont dues à un problème survenu au cours du développement embryonnaire.

L'embryogénèse : Est le processus de formation d'un organisme pluricellulaire, végétal ou animal, de la cellule œuf issue de la rencontre des gamètes (la fécondation) à un être vivant autonome.

La gamétogenèse : c'est la formation et différenciation des cellules germinales reproductrices en gamètes mâles et femelles.

- Les gamètes mâles sont **les spermatozoïdes**
- et se forment par la spermatogenèse.
- Les gamètes femelles sont **les ovules**, formés par l'opération d'ovogenèse.

Ces deux opérations ont lieu dans les gonades (**testicule, ovaire**). Ces gonades ont deux fonctions pour les deux sexes :

- Produire des gamètes qui sont les spermatozoïdes et l'ovule.
- Secréter les hormones sexuelles, homme : testostérone – femme : œstrogènes et progestérone.

Dans la production des gamètes, les cellules germinales : Les cellules souches de la lignée sont les cellules germinales, qui possèdent $2n$ chromosomes (cellules diploïdes) se différencient et subissent une division particulière : La méiose. Elle divise en 2, le contenu chromosomique de la cellule qui passe de 46 à 23. Lors de la fécondation l'œuf qui en résulte : Zygote est pourvu d'un équipement génétique complet et se différencie de celui des parents, il est donc ^{plus} riche génétiquement.

Partie 1 : Embryologie

*On nomme : **Organe annexe de la reproduction**, le système de conduit à travers lesquels sont transportés les gamètes et sont regroupés les glandes qui tapisse.

Les **caractères généraux secondaires**, comprennent tous les éléments qui contribuent à donner à l'homme et à la femme leur caractéristique extérieure : Pilosités, Silhouette,...

Les gonades et les organes reproducteurs annexes sont présents dès la naissance mais demeurent petits et non fonctionnelles jusqu'à la puberté signifie que la maturité sexuelle est atteinte donc que la fécondation est possible (dure environ 3 à 5 ans).

Introduction

La différenciation des gamètes présente une certaine uniformité dans le règne animal. Ainsi peut-on décrire des stades communs à la spermatogenèse et à l'ovogenèse de toute espèce.

1- **phase de multiplication** : la gamétogenèse commence par une phase de multiplication pendant laquelle les cellules germinales diploïdes, spermatogonies et ovogonies, se divisent par mitoses et augmentent leur nombre.

2- **phase d'accroissement** : les gonies cessent de se diviser par mitoses et prennent le nom d'auxocytes primaires : spermatocytes I et ovocytes I ; leur volume augmente par accroissement du cytoplasme. Les auxocytes I entrent en prophase de la première division méiotique et répliquent leur ADN.

3- **phase de maturation** : marquée par la méiose. Les auxocytes I deviennent haploïdes, auxocytes secondaires : spermatocytes II et ovocytes II, puis, après la 2^e division de méiose, spermatides et ovotides. Pendant cette phase se produit aussi une Cytodifférenciation conduisant à l'anisogamie et résultant en la formation de gamètes fonctionnels mâle : spermatozoïde, et femelle : œuf.

1. Spermatogénèse

1.1 Définition de la spermatogenèse

La spermatogenèse a été décrite pour la première fois dans le testicule du ver nématode *Ascaris* par Hertwig en 1880.

La spermatogenèse est le processus de transformation des cellules souches diploïdes (2N) appelées spermatogonies en gamètes mâles haploïdes (N) ou spermatozoïdes dans la paroi des tubes séminifères du testicule.

Les cellules concernées par ce processus constituent la lignée germinale ou épithélium séminifère qui forme avec les cellules de Sertoli la paroi des tubes séminifères. Elle débute à la puberté, se déroule de façon continue et se poursuit chez le vieillard.

Elle se déroule selon un cycle spermatogénique qui dure environ 74 jours et comprend trois phases, une phase de multiplication des spermatogonies, une phase de maturation et de réduction de la charge d'ADN et une phase de différenciation des spermatides appelée spermiogenèse.

1.2 L'appareil génital mâle

Il est constitué des testicules et du tractus génital, mâle

1.2.1 Les testicules

Ce sont des organes pairs, ovoïdes, de 45 mm de long et de 25 mm de large en moyenne. Ils sont coiffés par l'**épididyme**. Les testicules assurent 2 fonctions distinctes :

A/ **Une fonction endocrine** : élaboration **des hormones sexuelles** et qui assurée par les cellules interstitielles, **les cellules de leydig**, qui sécrètent la testostérone.

B/ **Une fonction exocrine**: production de spermatozoïdes par les tubes séminifères.

Les 2 testicules sont entourés par une capsule conjonctive : l'**albuginée**. Au niveau de l'épididyme, l'albuginée devient épaisse, formant le **corps Highmore**.

Chaque testicule renferme entre **200 et 300 lobules testiculaires**. Chaque lobule contient de 2 à 3 tube séminifères qui s'ouvrent dans les tubes droits, avant de rejoindre le rete testis. La longueur moyenne d'un tube séminifère est de 70 mm (30 à 150 mm)

La structure histologique des tubr déminifères montre l'existence :

- une membrane basale ;
- les cellules de la ligne germinales ;
- les cellules de sertoli ;
- les cellules interstitielles ou cellule de leydig.

1.2.1.1 Le tractus génital mâle

C'est l'ensemble des voies excrétrices et les glandes annexes, dont les fonctions respectives sont : l'évacuation des spermatozoïdes, et l'augmentation du volume du sperme.

- a) **Les voies excrétrices** : Elles sont structurées comme suit : Tube droit, Rete testis, Cône efférents, Canal épидidyme, Canal éjaculateur.
- b) Les glandes annexes ; leurs sécrétions constituent le liquide séminal qui contient les spermatozoïdes.

-les vésicules séminales : elles élaborent le plasma séminal (alcalin) qui est un liquide clair et visqueux. Le plasma séminal est très riche en fructose et en protéines et en prostaglandines et en vésiculines (qui provoque la coagulation du sperme dans les voies génitales femelles).

-Prostate : elle élabore le liquide prostatique (acide). Présence de spermine qui est responsable de l'odeur caractéristique du sperme.

-Les glandes de Cowper : ce sont deux petites masses dont les sécrétions ressemblent au liquide prostatique.

1.2.3 Le sperme

Le sperme est le produit de l'éjaculation. Il comprend :

- les spermatozoïdes ;
- Le liquide séminal (sécrétions des 3 glandes annexes).

Le sperme est un liquide visqueux, dense, jaunâtre et d'une odeur particulière (due à la spermine). Son pH est compris entre 7 et 8.7. Le volume moyen de l'éjaculat est de 3 ml (avec 60000 spermatozoïdes au mm^3). Le spermatozoïde a un pouvoir de fécondation pendant 48h à 72 h et dégénère après 96 h.

1.2.4 Le spermatozoïde

C'est une cellule de 60 μ de longueur. Il est constitué d'une tête allongée et aplatie avec un acrosome, une pièce intermédiaire et un flagelle.

1.2.5 Les tubes séminifères

Les tubes séminifère apparaît constitué par :

- ❖ une fine membrane conjonctive externe, appelée membrane propre, contenant des cellules myoïdes contractiles et séparées de l'épithélium par une membrane basale ;
- ❖ un épithélium dit germinal, où deux types de cellules y sont visibles, les cellules de Sertoli et les cellules de la lignée germinale. **(fig.2)**

Partie 1 : Embryologie

Les tubules séminifères convergent vers la sortie du testicule et fusionnent en quelques tubules efférents, puis en un tubule unique, le canal de l'épididyme, long et maintes fois replié sur lui-même. Le canal de l'épididyme forme la structure appelée épидидyme qui repose à la surface du testicule. Il se continue en un tube à paroi plus épaisse, le canal déférent, ou canal de Wolff. Les canaux déférents gauche et droit se jettent dans l'urètre, unique. L'urètre traverse le pénis.

Epididyme, canal déférent et urètre constituent les voies génitales mâles que doivent traverser les spermatozoïdes pour aller féconder le gamète femelle. (**fig. 1,2**)

Chez la plupart des vertébrés et de nombreux invertébrés, les tissus séminifères sont organisés en tubules, nombreux et souvent contournés : **les tubules séminifères**. Ils sont séparés les uns des autres par du tissu conjonctif interstitiel renfermant, entre autre, des cellules à fonction endocrine, sécrétrices d'hormone, les cellules **interstitielles de Leydig** qui produisent la testostérone.

Un tube séminifère est fait d'une paroi comprenant un épithélium stratifié souligné d'une membrane basale, elle-même sous-tendue de cellules contractiles appelées cellules pérítubulaires et de tissu conjonctif délicat. L'épithélium est composé de deux types cellulaires :

A / Les cellules de la lignée germinales (spermatique), à renouvellement continu et qui différencient en spermatozoïdes qui seront largués dans la lumière du tube.

-Organisation générale

Plusieurs assises au niveau épithélium séminifère on distingue Trois phases :

→ Cellules de la phase de multiplication : spermatogonies

Sont situées en périphérie des tubes, Cellules de petite taille (9 à 15 micromètres de diamètre), Trois catégories :

- ❖ **Spermatogonies Ad (dark)** : cellules souches de réserve, à noyau arrondi et dense ;
- ❖ **Spermatogonies Ap (pale)** : cellules de renouvellement, à noyau ovalaire clair ;
- ❖ **Spermatogonies B (pale)** à noyau ovalaire clair les cellules filles des spermatogonies p

→ Cellules de la phase de méiose : Issus des spermatogonies :

- ❖ **Spermatocytes I** : grandes cellules à noyau clair, sont des cellules de forme grossièrement pyramidale et de grande taille, occupant toute l'épaisseur de

Partie 1 : Embryologie

l'épithélium. Elles sont dotées de multiples prolongements et sont reliées entre elles par des jonctions serrées qui se trouvent aux extrémités de leurs prolongements latéraux.

❖ Spermatozytes II :

→ Cellules de la phase de maturation :

○ **spermatide -spermatozoïde : spermiogénèse :**

Cellule de petite taille, ovoïde à noyau rond et clair, avec un appareil de Golgi juxta nucléaire.

Entre les tubes séminifères : un tissu conjonctif lâche très vascularisés au sein duquel sont différenciées des cellules endocrines :

B/ Les cellules de Leydig, Cellules polyédriques de 15 à 20 micromètre de diamètre au noyau arrondi. Possèdent les caractéristiques des cellules élaborant des hormones stéroïdes ; mitochondries à crêtes tubulaires, REL, inclusions lipidiques (liposomes). Elaborent les androgènes testiculaires (testostérone) ; maintien et intégrité de la lignée germinale. Son activité est sous le contrôle de la LH antéhypophysaire.

C/ Les cellules de Sertoli, de soutien et nourricières des cellules germinales. Elles s'étendent de la base à l'apex de l'épithélium. Leur noyau est volumineux, avec une chromatine diffuse et un gros nucléole, indications d'une activité de synthèse d'ARN, et leur cytoplasme contient des inclusions de réserves : gouttelettes lipidiques, glycogène et phosphatases. Elles phagocytent les cellules germinales qui dégénèrent ainsi que les résidus des spermatozoïdes.

Autres fonction des cellules de Sertoli :

-La nutrition des spermatozytes.

- La sécrétion de liquides dans la lumière du tube séminifère (emporter les spermatozoïdes).

-Site d'action de la testostérone et de la FSH pour réguler la spermatogénèse.

-Sécrétion de l'inhibine.

-Spermiation : libération des spermatozoïdes dans la lumière (activation du plasminogène par une protéase sécrétée par la cellule de Sertoli qui laisse en place le cytoplasme résiduel des spermatides)

D) Les cellules péri tubulaire :

- Situer à la périphérie des tubes séminifères, elles responsable de contraction de T.S.
- Elles élaborent des protéines qui stimulent l'activité des cellules Sertoli.

1.2.6 Le déroulement de la spermatogenèse

La spermatogenèse se déroule dans les tubes séminifères et comporte 4 étapes :

A/ Phase de multiplication : Processus continu, commence pendant la vie fœtale et s'accélère à partir de la puberté (début de la maturité sexuelle et de la vie reproductrice) et se poursuit jusqu'à la sénescence. Elle intéresse les **spermatogonies**, cellules souches diploïdes et elle est caractérisée par une succession de mitoses et augmentent leur nombre. Certaines de leurs cellules-filles demeurent cellules-souches à la base de l'épithélium du tube séminifère ; leur chromatine est condensée. D'autre cessent de se diviser et sont repoussées vers l'apex de l'épithélium ; leur chromatine est diffuse. Ces cellules plus petites sont riches en ribosomes et sont reliées entre elles par des ponts cytoplasmiques (gap junction). Elles portent maintenant le nom de **spermatocytes I**.

B/ Phase d'accroissement : c'est une phase courte. **Les spermatocytes I**, diploïdes, répliquent leur ADN (début de la première division méiotique) et accroissent leur volume total. Les spermatocytes issus d'une même spermatogonie restent reliés par des ponts cellulaires permettant l'échange d'informations et assurant la synchronie de leur différenciation.

C/ Phase de maturation : Commence à la puberté. Cette phase est la plus importante car elle permet à ces cellules d'entamer la méiose afin de se transformer en cellules haploïdes (n) chr appelés **spermatocytes II** (n) chr (ou spermatocyte de 2^{ème} ordre), 2^{ème} division méiotique (c'est la division équationnelle) du spermatocyte II donnera deux cellules haploïdes appelés **spermatides**. Donc chaque **spermatocyte I** (2n) chr donnera 4 cellules haploïdes appelées spermatides Les spermatides sont les plus petites cellules de l'épithélium germinal. Ils se trouvent à proximité de la lumière du tube séminifère voir les figures).

D/ Phase différenciation ou spermiogenèse :

La spermiogenèse est spécifique de la gamétogenèse mâle. Elle correspond à la transformation de chaque spermatide en un spermatozoïde (Cytodifférenciation). C'est un processus de différenciation cellulaire qui stabilise le matériel génétique et permet à la cellule d'acquies les structures nécessaires au transit dans les voies génitales féminines et à la traversée des enveloppes ovulaires. Cette phase dure 23 jours et se termine par la libération des spermatozoïdes dans la lumière du tube séminipare, phénomène appelé la spermiation.

- La transformation de la spermatide en spermatozoïde commence par l'élaboration par l'appareil de Golgi d'une grande vésicule, la **vésicule acrosomiale**, qui stocke des glucides et des enzymes hydrolytiques (hyaluronidase, l'acrosine) qui jouent un rôle important dans la pénétration de la zone pellucide de l'ovocyte.
- La vésicule s'applique à un pôle du noyau et s'allonge pour former le **capuchon céphalique** (ou capuchon acrosomiale).
- Les centrioles migrent vers le pôle opposé au capuchon céphalique, et ceux disposés parallèlement à l'axe du noyau, s'allongent formant le **flagelle**, dont la structure de base est identique à celle d'un cil.
- **La chromatine** se condense fortement et le noyau s'allonge et diminue légèrement de volume
- Les mitochondries s'organisent en un manchon hélicoïdal à la base du flagelle dans une zone appelée **pièce intermédiaire**
- **L'élimination du cytoplasme** : Le cytoplasme cellulaire glisse le long du flagelle grâce à un réseau de microtubules qui entoure la pièce intermédiaire. La plus grande partie du cytoplasme est phagocytée par les cellules de Sertoli.

-Réduction **cytoplasmique** : rejet de tous composants cellulaires inutiles du cytoplasme.

Remarque : L'acrosome est un lysosome de grande taille qui sera situé au pôle antérieur du futur spermatozoïde.

1.2.7 Structure des spermatozoïdes

La structure générale des spermatozoïdes est, à quelques exceptions près, uniformes chez toutes les espèces. On trouve une tête qui comprend le noyau haploïde, coiffé sur sa face apicale de l'acrosome, le tout entouré d'une mince pellicule de cytoplasme ; une pièce intermédiaire qui comprend la base du flagelle et l'appareillage énergétique de la cellule ; une queue qui comprend surtout un flagelle assurant la mobilité du spermatozoïde. Le processus de **spermiogenèse** débute dans l'épithélium séminifère et se poursuit après que le spermatozoïde en soit expulsé.

Le flagelle à terme comporte quatre parties :

- Le **col** qui contient entre autres les deux centrioles (proximal et distal).
- La **pièce intermédiaire** est constituée d'une gaine de mitochondries regroupées en forme d'anneau autour de l'axonème, produisant l'énergie pour les mouvements du flagelle.
- La **pièce principale** comporte une gaine de fibres denses externes autour de l'axonème.
- La **pièce terminale** ne contient plus que les microtubules (9+2) de l'axonème.

1.2.8 Transport des spermatides

Tube séminifère – épидидyme – canal déférent. C'est pendant ce trajet que les transformations des spermatides se réalisent (environ 12 jours) et la maturation est sous la dépendance de la testostérone. Prostate, vésicule séminale et glande bulbo urétrale vont sécréter la masse liquidienne dans laquelle baignent les spermatozoïdes.

1.2.9 Control hormonal

Une seule hormone de libération, la GnRH, sécrétée par l'hypothalamus, stimule la libération par les lobes antérieurs de l'hypophyse de 2 hormones gonadotrophines, la FSH et LH.

-L'hormone folliculo-stimulante (FSH) stimule les gonades et induit la production de spermatozoïdes et la sécrétion de testostérone.

-L'hormone lutéinisante (LH) va augmenter la production de testostérone.

-La FSH est en relation avec les cellules de Sertoli qui sécréteront l'inhibine alors que la LH est en liaison avec les cellules interstitielles de Leydig.

Partie 1 : Embryologie

Les effets inhibiteurs de l'inhibine interviennent sur la sécrétion de FSH par l'hypophyse alors que la testostérone régule sa production au niveau hypothalamique par inhibition de la sécrétion de GnRH.

Effets de la testostérone :

- ✓ Nécessaire à la spermatogenèse.
- ✓ Entraîne la différenciation cellulaire et assure la fonction des organes génitaux annexes.
- ✓ Détermine, l'apparition des caractères sexuels secondaires masculins.
- ✓ Stimule l'anabolisme des protéines et la croissance du squelette.
- ✓ Exerce une inhibition par rétroaction sur la sécrétion le LH.

Systèmes de rétro-contrôle

- ✓ A tous les étages les sécrétions endocrines sont contrôlées par leurs propres effets (feed back).
- ✓ **Rétro-contrôle gonado-gonadique** : l'inhibine a un effet inhibiteur sur les mitoses goniales. **Rétro-contrôle gonado-hypophysaire** : l'inhibine diminue la sécrétion de FSH et à moindre degré celle de LH ; la testostérone diminue la sécrétion de LH et à un moindre degré celle de FSH.
- ✓ **Rétro-contrôle gonado-hypothalamique** : la testostérone et l'inhibine ont un effet inhibiteur sur la production de GnRH.

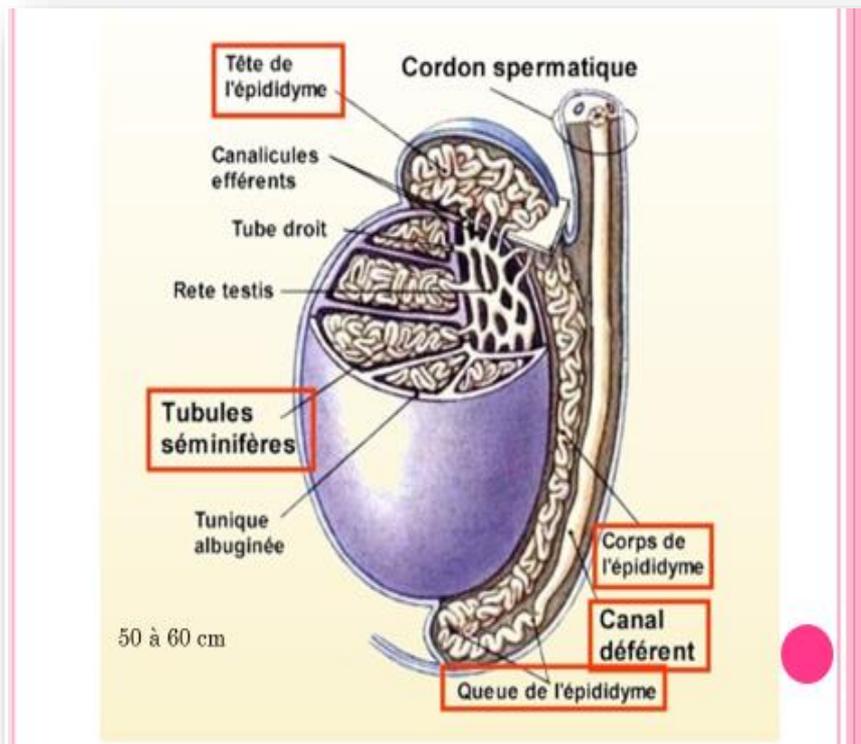


Figure 01 : Anatomie de l'appareil génital masculin

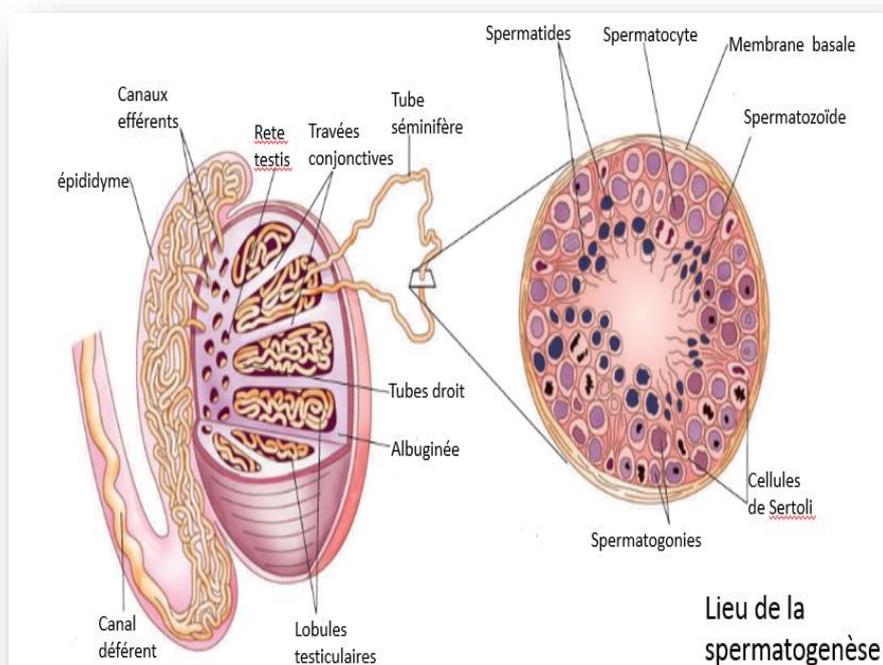


Figure 02 : Anatomie testicule et tube séminifère

Partie 1 : Embryologie

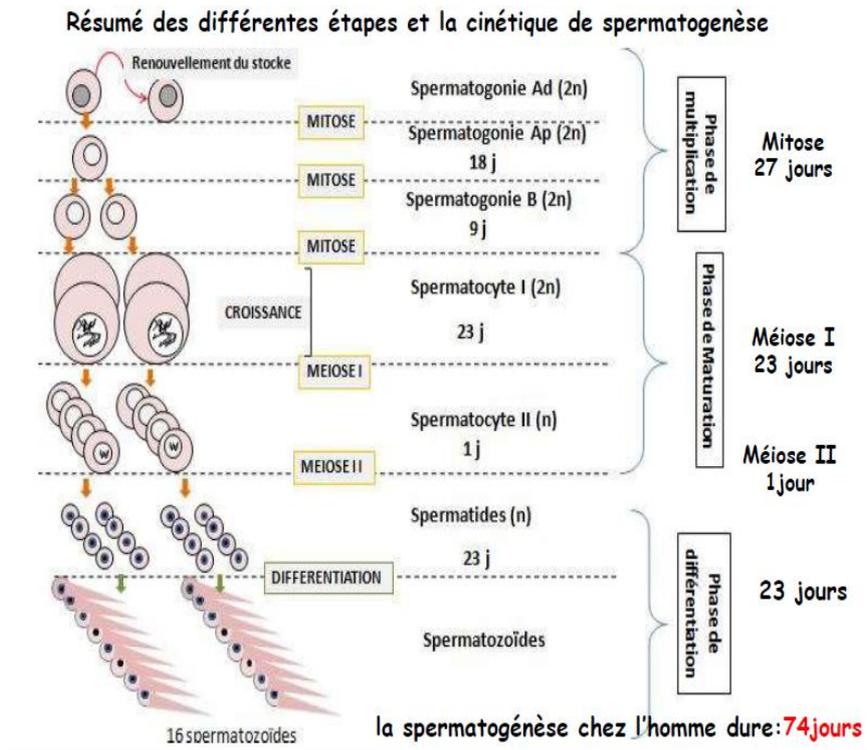


Figure 03 : Etapes de spermatogénèse et la Chronologie de la spermatogénèse

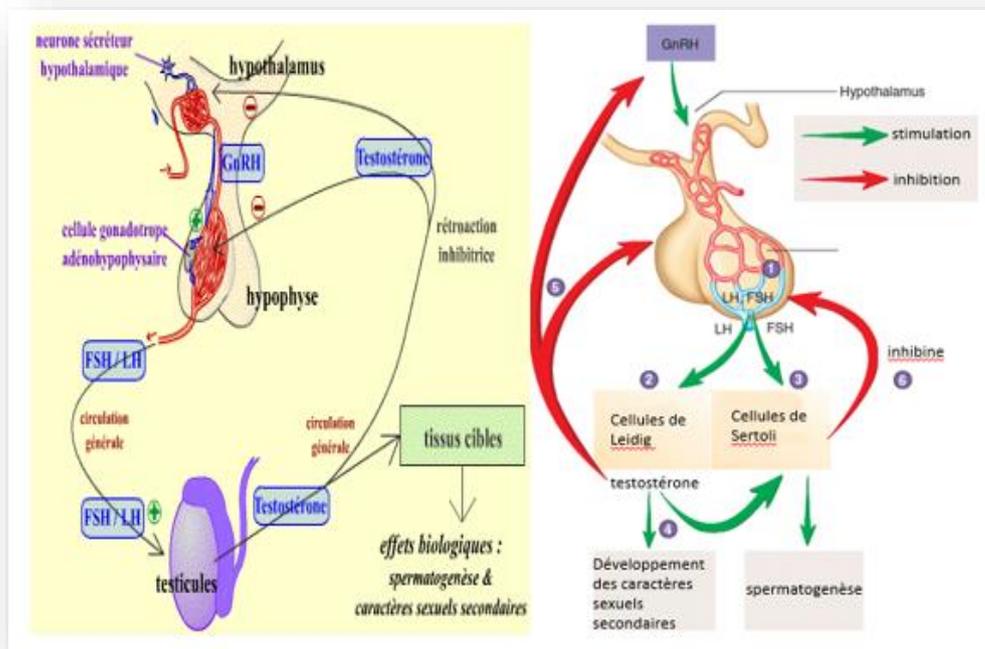


Figure 04 : Control hormonal (régulation spermatogénèse)

2. L'Ovogenèse

2.1 Définition de l'ovogenèse

C'est la formation de cellules reproductrices femelle (ovule ou œuf vierge) cette ovogenèse a lieu dans les ovaires, où les cellules sexuelles sont associées à des cellules somatiques (les cellules folliculeuses), l'ensemble forme un follicule ovarien et elle comporte les mêmes étapes d'évolution que celle de spermatogenèse pour la formation de ces ovules.

- L'ovogenèse débute dans l'ovaire embryonnaire mais s'interrompt bientôt pour reprendre au moment de la puberté au cours d'un cycle ovarien. Le processus complet de l'ovogenèse ne se termine qu'après la fécondation de l'ovocyte II.
- L'ovogenèse comprend les phases de multiplication, d'accroissement et de maturation. La phase d'accroissement et le début de la maturation s'effectuent à l'intérieur du follicule ovarien et sont liées à l'évolution de ce follicule. La fin de la maturation est retardée. Elle s'achève après la fécondation. Il n'y a pas de phase de différenciation. Le gamète femelle est un ovocyte secondaire avant la fécondation.

2.2. Anatomie de l'appareil génital féminin

*L'appareil génital féminin comprend : Les ovaires et le système de conduit féminin (les trompes utérines, utérus et vagin). Chez la femme les systèmes de conduit urinaire et reproducteur sont relativement séparés. **Les trompes utérines** : Trompes de Fallopes ne sont pas directement reliées aux ovaires mais s'ouvrent dans les cavités abdominales près d'eux.

*Cette ouverture est une expansion entourée de longues projections : Les fimbriae qui sont tapissés par un épithélium cilié.

*L'utérus est **un organe creux musculaire** à parois épaisses. Anatomiquement situé entre la vessie et le rectum, sa partie la plus inférieure est le col qui fait communiquer l'utérus avec le vagin.

*A l'inverse de l'homme où la production de spermatozoïde est continue, la maturation et la libération de l'ovule est cyclique : cycle menstruelle de 28 jours.

2.3 Les différentes étapes d'ovogenèse

A/ Phase de multiplication et de croissance :

-Elle se déroule exclusivement pendant la vie fœtale, du 3^e au 7^e mois, dans la zone corticale de l'ovaire fœtal, les cellules germinales se multiplient par mitoses successives et portent le nom d'ovogonies.

-Le nombre des divisions successives n'est pas connu, mais il se forme environ 7.10^6 d'ovogonies

-Avant la naissance : Dès la 12^{ème} semaine, les ovogonies amorcent la prophase I de la méiose et se bloquent à ce stade (au stade diplotène). Elles prennent le nom d'ovocyte I (il subit une croissance (petit accroissement): le volume cellulaire augmente).

Au moment de leur blocage en prophase I, les ovocytes I sont isolés et chacun s'entoure d'une couche de cellules folliculeuses (**cellules épithéliales folliculaires aplaties**) pour former un follicule ovarien primordial (ovocyte I + cellules folliculaires).

Remarque 01 :

- Le nombre des divisions successives n'est pas connu, mais il se forme environ 7.10^6 ovocytes primaires.
- Le stock est estimé à environ 7 millions d'ovogonies, il n'est pas renouvelé.
- Les cellules folliculeuses, d'origine épithéliale
- Cet arrêt est dû à la sécrétion de substances qui activent les protéines inhibant la méiose, OMI (Ovocyte Meiotic Inhibitor) et AMP cyclique. Cette phase de la méiose est bloquée jusqu'à la puberté.

Remarque 02 :

Atrésie folliculaire : 6 à 7 millions de follicules primordiaux vers le 8e mois de vie fœtale. Entre 300 000 et 2 millions à la naissance. À la fin de la puberté, il persiste environ 250 000 follicules par ovaire. À la ménopause, il n'en reste plus.

Du 7^e mois de la vie fœtale à la puberté

Pendant ce temps, les cellules germinales et des follicules entrent dans une atrésie folliculaire. À la naissance il ne reste plus que 700.000 d'ovocytes I et seulement 400.000 à la puberté

*A la puberté apparaisse une autre opération c'est la folliculogénèse qui se fait en parallèlement à l'ovogenèse. (Alors ici quelques les cellules somatique formant un follicule mûr contenant l'ovocyte au tour de jeune ovocyte.

Partie 1 : Embryologie

Au cours de chaque cycle ovarien, plus de vingt follicules primordiaux entament le processus de maturation néanmoins, habituellement un seul follicule atteint la pleine maturité et est ovulé tandis que les autres s'atrophient avant l'ovulation

La maturation folliculaire implique des changements dans l'ovocyte, les cellules folliculeuses et le stroma qui les entoure. Cette maturation est stimulée par la FSH (follicule stimulating hormone), hormone gonadotrope sécrétée par l'antéhypophyse.

B/ Phase de maturation

Dans la phase de maturation, il aura 2 types d'expulsions :

- **1^{ère} expulsion :**

Se fait à l'intérieur de la cavité folliculaire de l'ovocyte I entouré d'une 1^{ère} couche de cellules folliculeuses appeler **corona radiata**

L'ovocyte I va terminer sa 1^{ère} division de méiose (division réductionnelle) et donnera deux cellules haploïdes à (n)chr, sauf que ces deux cellules ne sont pas égales, l'une de grande volume c'est l'ovocyte II et l'autre plus petite reste collé à l'ovocyte II s'appelle globule polaire, destiné à dégénérer.

Chez l'humain, la ponte ovulatoire, ou ovulation, se produit juste après la première division méiotique. C'est donc un ovocyte II qui est largué par l'ovaire et capté par le pavillon de l'oviducte. Un seul ovocyte II est émis tous les 28 jours environ, depuis la puberté jusqu'à la ménopause, par chacun des ovaires alternativement. Le nombre total de gamètes produits par une femme pendant sa vie entière est de l'ordre de 500 au maximum.

- **2^{ème} expulsion :**

Se fait à l'extérieur de follicule de de Graaf et de l'ovaire vers la trompe de Fallope c'est une ovulation. Cet ovocyte II reste bloqué du 2^{ème} de méiose (s'arrête en métaphase II, au bout de 6 à 7 h), jusqu'à la pénétration du spermatozoïde.

→ En présence de spermatozoïde : (s'il y a fécondation)

L'ovocyte terminera sa 2^{ème} division de méiose et donnera deux autres cellules inégales, l'une grande c'est l'ovotide et l'autre petite c'est un globule, ainsi le 1^{er} globule polaire se divise et donnera 2 globules polaires. Donc on aura à la fin de cette maturation un ovotide lié à 3 globules polaires.

Le follicule de degraaf se transforme en corps jaune gestatif ou de grossesse.

→ Absence du spermatozoïde (ou de fécondation) :

Si il n'y a pas de fécondation, l'ovocyte II dégénère et le follicule mûr se transforme en corps jaune cyclique ou progestatif qui se régresse ou se dégénère et un nouveau cycle ovarien peut reprendre

C/Phase de différenciation :

Cette phase permet la transformation d'ovotide en ovule préalable fécondé.

2.4 Développement du follicule ovarien

La folliculogenèse

2.4.1 Définition

L'ensemble des processus par lesquels un follicule primordial se développe pour atteindre l'ovulation. C'est un processus continu de la puberté à la ménopause.

2.4.2-Different types de follicules

a- Follicule primordial : Chez l'embryon, les ovogonies sont des cellules arrondies et indifférenciées, de diamètre d'environ 20 µm, retrouvées en groupes dans le cortex ovarien, particulièrement à la périphérie du cortex. Par la suite, l'ovocyte I, d'environ 30 µm bloqué au stade diplotène de la première division méiotique, s'entoure d'une assise de petites cellules somatiques pavimenteuses (aplaties), reliées par des ponts cytoplasmique et desmosomes : les cellules folliculaires. Ovocyte I et épithélium folliculaire pavimenteux forment ensemble le follicule primordial. Plusieurs d'entre eux dégénèrent.

b- Follicules primaire (environ 45 µm) : Ovocyte I entoure d'une seule couche de cellules folliculeuses cubiques. A partir de la puberté, la sécrétion de FSH et de LH par l'antéhypophyse

Partie 1 : Embryologie

stimule le développement des follicules évolutifs. A chaque cycle, plusieurs follicules primaires entrent dans une phase de croissance.

- **La membrane de Slavjanski** devient visible.

-La zone pellucide se met en place (membrane glycoprotéique)

-L'ovocyte est toujours en prophase de 1^{ère} division méiotique

c- Follicules secondaire (50 à 180 µm) :

Les cellules folliculaires se multiplient et se disposent en une vingtaine de couches autour de l'ovocyte I. Elles constituent la granulosa. La couche la plus interne, régulièrement disposée autour de la pellucide, se nomme la Corona radiata

La thèque interne : Elle se forme autour de la membrane basale par différenciation du stroma cortical. Les cellules, initialement fusiformes, deviennent cubiques. Elles acquièrent des récepteurs pour LH. La thèque interne comprend plusieurs couches cellulaires et est richement vascularisée. Ce dernier élabore (l'œstrogènes et progestérone).

La thèque externe : est couche formée de cellules stromales.

d- Follicule tertiaire ou cavitaire ou Antral (environ 5mm de diamètre) :

- Il se définit par l'apparition d'une cavité unique creusée dans l'épaisseur de la granulosa, **l'antrum**.
- Il se forme par confluence de petites cavités au sein de la granulosa et renferme un liquide appelé « **liquide folliculaire** ». le liquide folliculaire de l'antrum dérive du plasma sanguin
- Il contient une concentration plus élevée d'hormones stéroïdes.

E- Follicule mature préovulatoire ou follicule de De Graaf (20mm) :

L'ovocyte est entouré par une seule assise de cellules de granulosa : **la corona radiata**

- L'ovocyte et la corona radiata sont reliés au reste de la granulosa par le cumulus oophorus

- L'ensemble fait saillie dans l'antrum
- La thèque interne contient des amas de cellules à sécrétion stéroïde

2.5 Ovulation et la ponte ovulatoire

L'accroissement volumétrique du fluide folliculaire dans l'antra exerce une pression considérable sur le tissu folliculaire et entraîne sa rupture à la surface de l'ovaire, rupture qui est également sous le contrôle de l'hormone hypophysaire lutéinisante. Le cumulus oophorus et la zone granulaire se brisent, les thèques cèdent et l'ovocyte, sa zone pellucide et sa couronne radiaire, ensemble l'**ovule**, sont relâchés dans la cavité pelvienne. Le fluide folliculaire est aussi expulsé. L'ovaire étant recouvert par l'ampoule de l'oviducte (les deux n'étant pas continus mais apposes), l'ovule émis est donc facilement capté par l'ampoule et s'engage dans l'oviducte qui le transporte vers l'utérus.

Ce qui reste du follicule dans l'ovaire, le follicule déhiscent, se transforme en **corpus luteum** (corps jaune): Les capillaires sanguins de la thèque interne envahissent l'espace entre les cellules folliculaires restantes qui, sous l'effet de FSH et LH circulantes, se transforment en cellules endocrines sécrétant progestérones et œstrogènes. Ces hormones gagnent la circulation et préparent la paroi utérine à une nidation éventuelle. S'il ya fécondation le corps jaune est maintenu par l'action d'hormones, sinon il dégénère et une cicatrice se forme, le corpus albicans (corps blanc).

2.6 Control hormonal de l'ovogenèse

A partir de la puberté, l'hypothalamus (est une région située à la base du cerveau qui contrôle les fonctions de la vie végétatives) Sécète des hormones déclenchantes (releasing hormones- RH ou GnRH) qui stimulent l'activité de l'hypophyse antérieure. Celle-ci, en réponse, élabore deux hormones glycoprotéiques gonadotrophes de structure assez voisines.

- **FSH** : Follicules stimulating hormone, active la croissance des follicules ovariens, dont la sécrétion d'œstrogènes par les cellules de la thèque interne. L'atrésie folliculaire est due au fait que le taux de FSH circulante ne suffit pas à assurer la croissance de tous les follicules engagés dans la phase de maturation durant un cycle donné. Seulement

Partie 1 : Embryologie

quelques follicules, généralement un seul chez l'humain, complètent la maturation. La FSH stimule ensuite la formation du corps jaune.

→ **LH** : luteinizing hormone, provoque la rupture du follicule mûr et l'ovulation en plus de déclencher la poursuite de la première division méiotique de l'ovocyte I. La LH stimule la transformation du follicule déhiscent en corps jaune qui secrète de la progestérone et œstrogène.

*Un équilibre doit exister entre les deux hormones : Le contrôle de la phase finale de croissance du follicule nécessite un maximum de FSH en présence de LH. Ces hormones déterminent aussi le nombre de follicules qui mûrissent simultanément et qui dégènèrent.

*Dans le contrôle de la gamétogenèse, l'hypothalamus représente l'étape de **perception**, l'antéhypophyse celui d'**exécution** et les gonades constituent les glandes **cibles**.

Le cycle hormonal

Les hormones sexuelles féminines varient au cours du temps, réalisant un cycle appelé cycle hormonal. Ce cycle dure environ 28 jours et est caractérisé par deux phases de 14 jours. La 1^{re} phase est dite oestrogénique. Elle fait immédiatement suite aux règles. La sécrétion oestrogénique est assurée par les follicules en maturation. La 2^{ème} phase est caractérisée par la présence d'œstrogènes et de progestérone. Par abus de langage, on caractérise souvent cette phase sous le nom progestative.

Le jour 0 :

- Le cycle commence avec l'écoulement menstruel pour les 5 premiers jours et la concentration de LH, FSH et œstrogènes sont relativement constant.

Le jour 5 :

- La phase folliculaire du cycle ovarien s'étend du 6ème jour au 14ème jour du cycle vers la fin de cette période, les concentrations de LH et l'œstrogènes augmentent tandis que les celles de FSH diminuent (cette diminution de FSH est pour empêcher la maturation de plusieurs follicules à la fois).
- La FSH favorise la maturation du follicule dans l'ovaire qui lui-même libère de l'œstrogènes, ce dernier stimule la libération de LH et fait augmenter l'épaisseur de la muqueuse utérine.

Le jour 15:

- La dernière phase du cycle est la phase lutéale qui s'étend du 15^{ème} au 28^{ème} jour.
- Les concentrations de LH, FSH et œstrogènes diminuent graduellement.
- Le follicule se transforme en corps jaune qui libère la progestérone, cette dernière prépare l'utérus à recevoir l'œuf fécondé en continuant d'épaissir la muqueuse utérine et en bloquant l'effet de la LH.
- Si l'œuf n'est pas fécondé, le corps jaune se désagrège, la concentration de progestérone diminue et l'écoulement menstruel qui fait recommencer le cycle.

→ Régulation hormonal de l'ovogenèse

Avant la puberté, la croissance ovarienne inhibe la production de GNRH par l'hypothalamus. Au début de la puberté, l'hypothalamus sécrète la GNRH qui stimule l'hypophyse afin qu'elle sécrète l'hormone de FSH et la LH.

- FSH stimule les ovaires dans leur production d'œstrogènes ainsi que la croissance des follicules.
- LH est provoqué l'ovulation et le reste de follicule se transforme en corps jaune qui sécrète de la progestérone et œstrogène.

Les œstrogènes sont responsables, de l'épaississement de l'endomètre où ira s'implanter l'ovule s'il y a fécondation.

La progestérone quant à elle joue un rôle important dans la préservation de la muqueuse utérine en cas de grossesse. S'il n'y a pas fécondation de l'ovule, le taux de progestérone baisse, ce qui entraîne le décollement de la muqueuse utérine et provoque les menstruations.

→ Rôle de l'œstrogène

- Favoriser la formation des caractères sexuels secondaires.
- Stimule la maturation folliculaire
- Accélérer le métabolisme
- Stimule la croissance de l'endomètre
- Stimule les contractions involontaires de l'utérus.

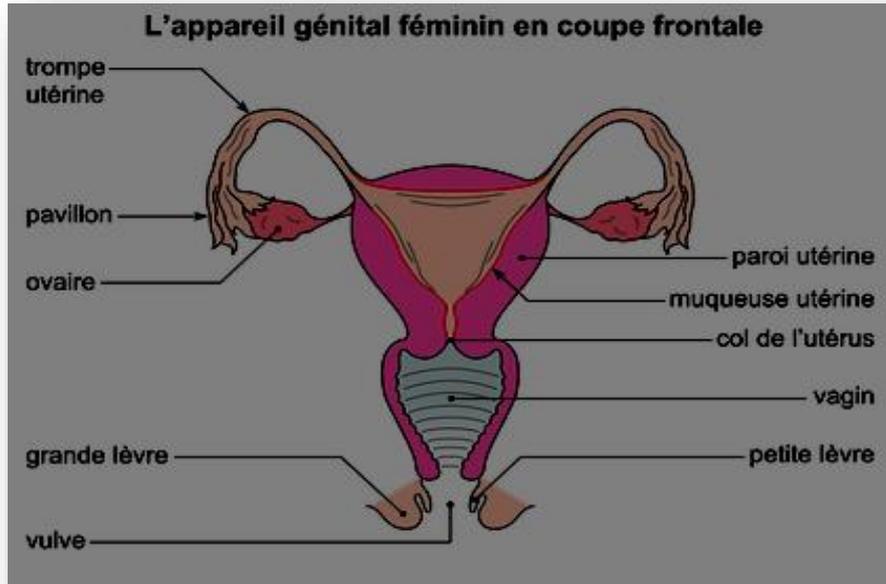


Figure 05 : L'appareil génital féminin

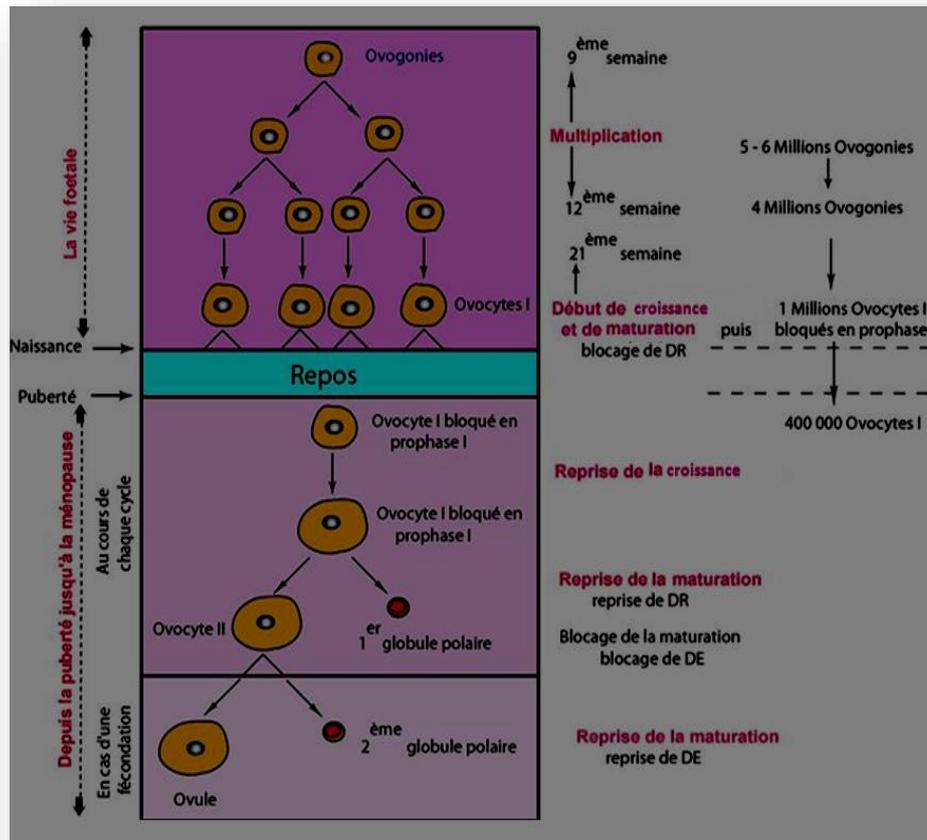


Figure 06 : Les étapes de l'ovogénèse

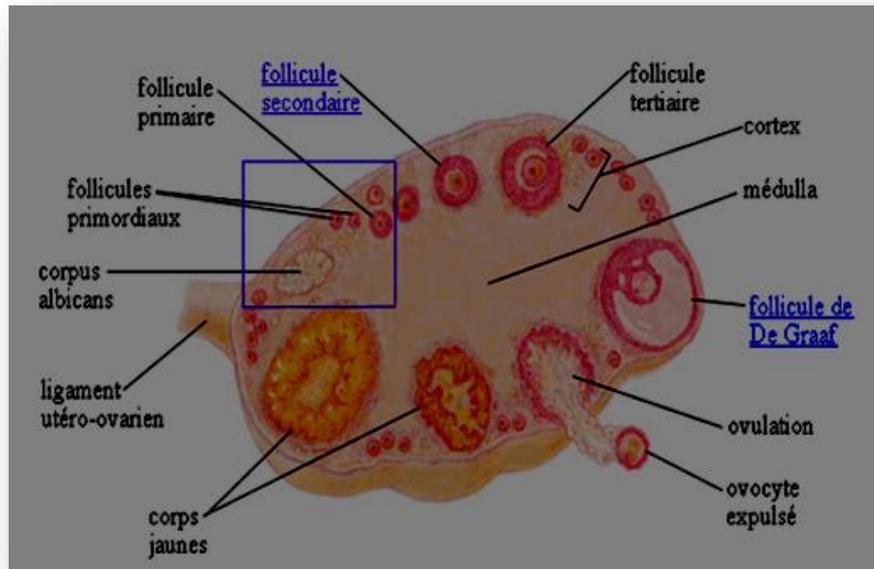


Figure 07 : Structure de l'ovaire

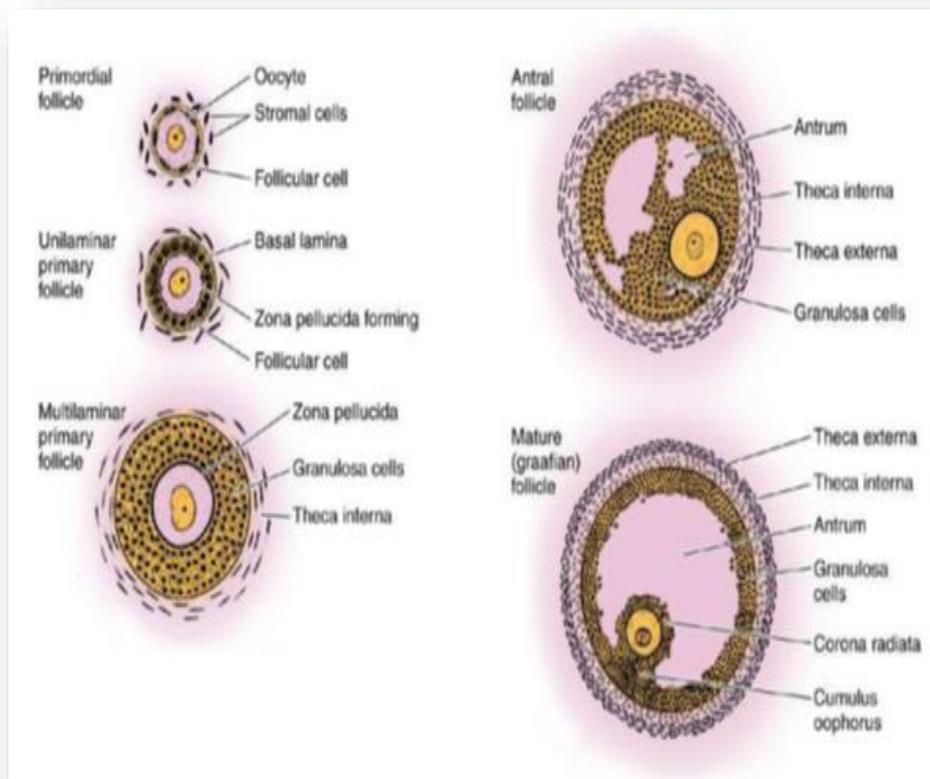


Figure 08 : Les types de follicules

Fécondation

Introduction

La fécondation se produit dans la trompe utérine lorsqu'un spermatozoïde rencontre l'ovule. Afin de pénétrer l'ovocyte (la zone pellucide est en quelque sorte une coquille entourant l'ovocyte). Une fois lié à son récepteur, le spermatozoïde peut enfin entrer dans l'ovocyte. La membrane du spermatozoïde fusionne avec celle de l'ovocyte, ce qui fait libérer par ce dernier des enzymes rendant les récepteurs inefficaces. C'est pour cette raison qu'un ovocyte ne peut être fécondé que par un seul spermatozoïde.

Après la fécondation, les noyaux mâles (n) et femelles (n) fusionnent pour donner un zygote (2n). C'est à partir de ce moment que le développement embryonnaire débute.

1. Définition de fécondation

Le terme fécondation désigne le processus de rencontre et de fusion :

- Du gamète mâle ou spermatozoïdes
- Du gamète femelle ou ovocyte II.

Ce processus aboutit à une cellule unique : l'œuf ou zygote et a lieu dans le 1/3 externe de la trompe utérine (c'est-à-dire dans l'ampoule tubulaire).

2. Phénomène précédant la fécondation (transit des spermatozoïdes)

-Chez homme : Avant la rencontre des gamètes, indispensable à la survenue de la fécondation, les spermatozoïdes ont un long trajet à parcourir depuis la lumière des tubes séminifères. Pendant ce transit des mécanismes essentiels interviennent qui conditionnent la fécondation.

-A partir du testicule, les spermatozoïdes transitent dans les voies génitales (épididyme, canal déférent, canal éjaculateur et urètre). Au cours de ce trajet, ils se mélangent aux sécrétions des glandes annexes (vésicules séminales et prostate) l'ensemble constituant le sperme. Pendant ce trajet les spermatozoïdes acquièrent leur mobilité, mais ils sont rendus inaptes à la fécondation (décapacitation) au cours de leur transit épидидymaire.

3. Conditions préalables à la fécondation

La rencontre des gamètes n'est possible que si certaines conditions sont réunies :

- **Éjaculation** atteignant l'orifice du col et de bonne qualité : Viscosité normale du liquide séminal, sperme aseptique, pH normal, nombre et qualité des spermatozoïdes. Les valeurs habituelles observées au cours de l'examen du sperme sont le pH 7 à 8,7, la concentration en spermatozoïdes ,40 à 100 millions/cm³, la mobilité 80 à 90 % de spermatozoïdes mobiles à l'émission et l'aspect cytologique, moins de 25 % de formes anormales. En pratique, le sperme peut rester fécondant avec des résultats très éloignés de ces normes.

- **Glaire cervicale** de bonne viscosité et pH alcalin.

- **Délai entre rapport et ovulation** inférieur à 3-4 jours, durée de la survie des spermatozoïdes dans les voies génitales de la femme

- **Réalité de l'ovulation** (possibilité de cycles anovulatoires)

- **Perméabilité des trompes** (absence d'infection des voies génitales femelles).

Toute perturbation de l'un de ces facteurs peut être une cause d'infertilité du couple.

4. Les étapes de fécondation

4.1 La rencontre des gamètes : Les spermatozoïdes vont tenter de pénétrer jusqu'à l'ovocyte. Ils s'accolent à la corona radiata par leur pole acrosomiale (chimio-attraction).

La **rencontre** se déroule en plusieurs phases :

D'abord la dissociation des cellules de la corona radiata laisse les spermatozoïdes entrer en **contact** avec la zone pellucide. Ce contact est facilité par la présence de sites complémentaires sur la membrane plasmique du spermatozoïde d'une part et les glycoprotéines de la zone pellucide d'autre part.

- La **dissolution de la zone pellucide** vient après la dissociation des cellules. Ces deux phénomènes semblent liés à l'activité enzymatique de la tête des spermatozoïdes, plus précisément de l'acrosome.

"Réaction acrosomique" qui libère plusieurs types d'enzymes :

- Une hyaluronidase qui dissocie les cellules de la corona radiata
- Des enzymes protéolytiques, en particulier l'acrosine, qui solubilisent la zone pellucide.

- **Un spermatozoïde pénètre** enfin dans l'ovocyte (monospermie physiologique). Les autres perdent alors contact avec la zone pellucide puis dégénéreront. Dans l'espèce humaine cette pénétration est totale : le spermatozoïde complet (tête, pièce intermédiaire et flagelle) pénètre dans le cytoplasme de l'ovocyte de 2ème ordre tandis que sa membrane cytoplasmique fusionne avec celle de l'ovocyte.

4.2. Conséquences de la pénétration du spermatozoïde

- Une réaction corticale avec formation de nombreuses vésicules, les **granules corticaux**, qui s'ouvrent à la surface libérant sous la zone pellucide du liquide périovulaire. Constituant autour de l'ovocyte un **espace séparant l'ovocyte de la zone pellucide**. Le contenu des granules semble modifier la composition de la zone pellucide et pourrait expliquer le blocage des spermatozoïdes présents en périphérie, la zone pellucide assurerait ainsi le contrôle de la monospermie.
- Une activation du cytoplasme accompagne cette réaction corticale : Les métabolismes augmentent avec en particulier une synthèse notable d'A.R.N.
- Une reprise de la méiose avec l'achèvement de la deuxième division et l'**expulsion du 2ème globule polaire**.

Il résulte de ces phénomènes une cellule volumineuse constituée par le cytoplasme de l'ovocyte devenu *ovotide* et contenant **eux éléments nucléaires**, l'un provenant de l'ovocyte ou **pronucléus femelle**, l'autre constitué par la tête du spermatozoïde ou **pronucléus mâle**

Remarque :

Prévention de la polyspermie : La pénétration du spermatozoïde à l'intérieur de l'ovocyte II ce processus appelé syngamie. Cette dernière provoque la libération d'ion Ca^{+2} l'intérieur de la cellule, ce dernier stimule l'ovocyte II à libérer des granules qui empêchent tout autre spermatozoïde de pénétrer. .

4.3 L'amphimixie ou caryogamie

L'amphimixie ou caryogamie résulte de la fusion des pronucléus, elle marque l'achèvement de la fécondation et ressemble à une division cellulaire.

- **Les deux pronucléus se rapprochent.**
- A partir du centriole proximal du spermatozoïde se développent les éléments du fuseau.
- Dans chaque pronucléus intervient une décondensation et une réplication de l'ADN, les chromosomes s'individualisent,
- **Les membranes des pronucléus** disparaissent et les chromosomes dédoublés se groupent en plaque équatoriale au centre du fuseau, tandis que les globules polaires se placent perpendiculairement à l'axe du fuseau.
- Les **chromosomes** gagnent chacun des pôles du fuseau où se reconstitue une cellule. Il en résulte la formation d'un œuf ou zygote à deux cellules **appelées blastomères.**

4.4 Résultats de la fécondation

- **Reconstitution d'un nombre diploïde de chromosomes** dont la moitié provient du pronucléus mâle, l'autre moitié du pronucléus femelle. Le noyau de chaque blastomère contient 44 autosomes et 2 chromosomes sexuels.
- **Détermination du sexe du zygote** qui résulte du chromosome sexuel contenu dans le spermatozoïde impliqué dans la fécondation :
 - Si c'est un X, les cellules du zygote seront XX (sexe femelle)
 - Si c'est un Y, les cellules du zygote seront XY (sexe mâle)
- **Initiation de la segmentation** : Au cours de la fécondation, la formation de l'œuf à 2 cellules (blastomères) suit immédiatement l'amphimixie. L'individualisation de ces deux blastomères peut être interpréter comme la première division de segmentation, elle sera suivie très rapidement par d'autres divisions.

Première semaine du développement embryonnaire

Introduction

La segmentation a lieu au cours de la migration tubaire, c'est-à-dire du transit du cellule-œuf depuis l'ampoule tubaire, siège de la fécondation, jusqu'à la cavité utérine, où s'effectuera la nidation. Cette période, dite pré-implantatoire, correspond exactement à la 1ère semaine du développement.

Au niveau de l'œuf, les premières segmentations ont lieu en même temps que se fait la migration.

1. Définition de segmentation

Dans les 24 heures qui suivent la fécondation, le zygote commence à subir une série de divisions mitotiques au cours de sa migration dans la trompe utérine dont l'ensemble est appelé segmentation.

Au sein de la zone pellucide, les premières divisions vont donner naissance à des blastomères de même taille et parfaitement identiques. Au 3^{ème} jour l'embryon possède huit cellules.

Cette segmentation est :

- ✓ **Inégale** : l'un des deux premiers blastomères est plus volumineux que l'autre ;
- ✓ **Asynchrone** : au cours des divisions suivantes, c'est le blastomère le plus volumineux qui se divise le premier.

1.2. Les Types de segmentation

On peut distinguer deux types

A/ Segmentation totale ou holoblastique : le plan de clivage affecte la totalité de l'œuf.

- Peut être égale : blastomères identiques.
- Peut-être inégale : blastomères de différentes tailles

Exemple : Mammifères, amphibiens, oursins.

B/ Segmentation partielle ou mésoblastique :

Seule une partie de l'œuf caractérisée par sa pauvreté en vitellus se divise.

- Segmentation partielle discoïdale, ex : Oiseaux
- Segmentation superficielle, ex : insectes

1.3. Le déroulement de la segmentation

1.3.1 Division du zygote (du 1er au 4ème jour du développement embryonnaire)

La division successive de ces 2 blastomères en 4, 8, 16 32 blastomères puis en 64 cellules dont la taille diminue de plus en plus. Au stade 64 cellules, l'œuf prend la forme d'une petite sphère : les cellules situées au centre gardent une forme sphérique tandis que celles situées en périphérie s'aplatissent, constituant la paroi de la sphère. Le diamètre total de la sphère est de l'ordre de 200 µm avec un volume peu différent de celui de l'ovocyte (la zone pellucide étant toujours présente). C'est le **stade morula**.

Ces premières divisions de segmentation interviennent à des moments précis :

- Stade 4 blastomères au 2^{ème} jour du développement embryonnaire (16^{ème} jour du cycle menstruel)
- Stade 8 blastomères au 3^{ème} jour du développement embryonnaire (17^{ème} jour du cycle menstruel).

Stade morula, 64 blastomères au 4^{ème} jour du développement embryonnaire (18^{ème} jour du cycle menstruel).

1.3.2 La compaction

Du 4^{ème} au 5^{ème} jour du développement, les cellules périphériques forment une couche continue, le **trophoblaste**, tandis que les cellules centrales constituent le **bouton embryonnaire**. Le passage de liquide venant de l'extérieur va entraîner une séparation des deux ensembles cellulaires et la formation d'une cavité. C'est à ce stade que la zone pellucide se déchire.

1.3.3 Formation du blastocyste libre ou blastula

- Elle se déroule dans la cavité utérine, vers le 5^{ème} jour du développement embryonnaire (stade de 32 à 64 cellules).

- À l'intérieur de la morula apparaissent des lacunes intercellulaires, qui fusionnent ensuite en une cavité unique, remplie d'un liquide provenant du milieu utérin. C'est le stade blastocyste qui se caractérise par une réorganisation des cellules en 2 grands groupes :

- Un groupe organisé en couronne (périphérique) de cellules aplaties : le trophoblaste qui donnera naissance au placenta.

Les cellules périphériques vont subir une polarisation et se répartissent en une couche qui entoure toute la surface de l'œuf fécondé. Ces cellules polarisées constituent le trophoblaste primitif.

Les cellules plus internes et initialement non polarisées se regroupent pour constituer la masse de l'embryoblaste. A la fin du quatrième jour après la fécondation, la morula commence à se creuser d'une cavité à contenu liquidien (futur blastocèle).

Le blastocyste va s'implanter dans la paroi utérine et se différencier en embryon didermique au cours de la 2^{ème} semaine.

- Un groupe central de cellules polyédriques ou sphériques, accolé au trophoblaste le bouton embryonnaire.

De plus, il apparaît dans l'œuf, une petite cavité appelée blastocèle.

Le trophoblaste sécrète des enzymes qui vont éroder la face interne de la membrane pellucide, provoquant son amincissement et sa rupture et le blastocyste est alors libre.

Le Blastocyste est composée d'environ **une centaine de cellules** se répartissant en deux types :

- Les cellules de la masse cellulaire interne à l'origine du fœtus (Embryon)
- Les cellules de la périphérique ou cellules du trophoblaste qui donneront les annexes de l'embryon (placenta)

Et d'une cavité liquidienne (le blastocèle).

1.4. Migration de l'œuf

En même temps qu'il se segmente, l'œuf migre dans la trompe vers la cavité utérine du fait des contractions des cellules musculaires lisses de la paroi tubaire. Ce phénomène est facilité par la sécrétion des cellules de la muqueuse et par les mouvements des cils en surface.

La migration se déroule selon une chronologie précise :

- La **fécondation** et le **stade 2 blastomères** : (2^{ème} jour du développement embryonnaire) s'observent au niveau de l'ampoule tubaire.
- Les **stades 4 et 8 blastomères** (J3) au niveau de l'isthme.
- Le **stade morula** (J4) au niveau du segment interstitiel (zone où la trompe traverse la paroi utérine).
- A J5-J6, le **blastocyste** est libre dans la cavité utérine.
- A J7, il s'accôle à l'endomètre par son pôle embryonnaire.

1.5. L'éclosion : J6

Avant l'éclosion, la zone pellucide : Permet la cohésion des blastomères, et empêche l'implantation ectopique (anormale) pendant la migration de l'embryon, et le protège des infections.

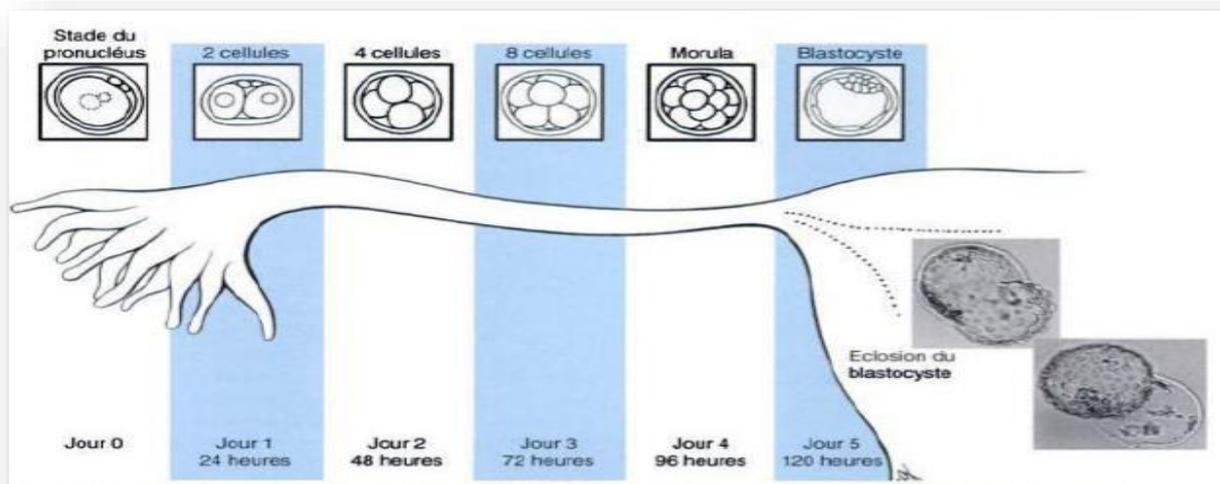
Au J6 l'éclosion permet la sortie du blastocyste de la zone pellucide ainsi le trophoblaste établit un contact physique avec l'endomètre et permet l'implantation.

1.6. Début de l'implantation

Vers le **6ème jour**, le blastocyste, qui s'est débarrassé de la zone pellucide, entre en contact par son pôle embryonnaire avec l'épithélium de l'endomètre. Après une phase d'adhérence entre les cellules, les cellules trophoblastiques.

Le trophoblaste est une source d'enzymes protéolytique requises pour la digestion de la matrice extracellulaire et la progression du blastocyste dans l'endomètre.

Au **7ème jour**, les cellules trophoblastiques du pole embryonnaire commencent à s'insinuer entre les cellules de l'épithélium utérin, marquant le début de l'implantation qui se déroulera au cours de la 2ème semaine.



La deuxième semaine de développement : la nidation

2. Introduction

La deuxième semaine du développement est celle de la fixation de l'œuf dans la paroi (implantation) et de l'individualisation de l'embryon sous la forme du *disque embryonnaire*. Ces deux ordres de transformations auront pour résultats le développement des *annexes* et l'apparition des premiers tissus embryonnaires, leur déroulement harmonieux dépend des modifications intervenant au niveau de l'organisme maternel.

Deux événements marquent le déroulement de cette semaine : L'implantation et formation du disque embryonnaire didermique.

2.1. Implantation du blastocyste (nidation)

L'implantation survient au stade de blastocyste, durant une phase hormonale définie, limitée dans le temps (6-12jours), correspondant à une période de réceptivité maximum, caractérisée par le développement des glandes et de vascularisation au niveau de l'endomètre (muqueuse de l'utérus).

Le blastocyste reste libre dans la cavité utérine pendant une courte période avant de se fixer à la paroi utérine. Durant cette période, la zone de pellucide se désintègre.

Le blastocyste s'attache à l'endomètre environ 6 jours après la fécondation : ce processus est appelé **nidation**.

Durant le processus de nidation, le blastocyste s'implante généralement sur la paroi postérieure du fonds ou du corps de l'utérus et s'oriente de telle façon que la masse cellulaire est placée contre l'endomètre.

Au pôle embryonnaire du blastocyste, les cellules du trophoblaste prolifère, perdent leur membrane et fusionnent pour former un syncytium appelé **syncytiotrophoblaste**. Ce dernier, à caractère invasif, s'insinue entre les cellules endométriales et attire le blastocyste dans la paroi utérine.

A partir du trophoblaste, deux couches se développent au niveau de la région de contact entre le blastocyste et l'endomètre. La couche externe, appelée **syncytiotrophoblaste** ne comporte

pas de limite cellulaire tandis que **le cytotrophoblaste**, la couche interne, est composée de cellules distinctes.

Au cours de la nidation, le syncytiotrophoblaste sécrète des enzymes protéolytiques qui permettent au blastocyste de pénétrer dans la muqueuse utérine.

Jours 7 : d'une part le trophoblaste se scinde en syncytiotrophoblaste et en cytotrophoblaste ; et d'autre part l'embryoblaste se scinde en ectoblaste (ectoderme) et endoblaste (endoderme) et mésoderme. C'est à partir de ces tissus embryonnaires que tous les tissus et les organes de l'organisme se développent.

Entre J6 et 7J, l'embryon est totalement implanté dans l'endomètre. Au fur et à mesure que l'implantation progresse, le syncytiotrophoblaste en expansion entoure progressivement le blastocyste. Il se creuse de vacuoles qui confluent et deviennent des lacunes remplies de sang après érosion des capillaires maternels (**fig.9**).

2.2. Formation du disque embryonnaire didermique

Avant l'implantation, les cellules commencent à se différencier en deux feuillets. Au jour 8, le bouton embryonnaire comprend deux couches :

- Une couche externe : **L'épiblaste** ou ectoblaste primaire et,
- Une couche interne : **L'hypoblaste** ou l'endoblaste primaire ; l'embryon à deux couches, est un disque embryonnaire didermique.

Les cellules de ce disque sont à l'origine de l'embryon proprement dit et d'une partie des membranes extra-embryonnaires.

2.3. Formation de cavité amniotique

La cavité amniotique apparaît au 8^{ème} jour lorsque le liquide commence à se rassembler entre les cellules **épiblastiques**. Les amnioblastes, cellules d'origine épiblastiques, tapissent le plafond de la cavité amniotique et forme l'amnios. Le plancher de la cavité est constitué par l'épiblaste (**fig.9**).

2.4. Formation de la vésicule vitelline et de cavité chorale

Les cellules de l'hypoblaste migrent le long du blastocèle qu'elles tapissent et forment la membrane de Heuser. Le blastocèle prend alors le nom **de vésicule vitelline primaire ou lécitocèle primaire.**

Au **J12** une seconde vague de prolifération de l'hypoblaste produit une nouvelle membrane qui refoule la vésicule vitelline primitive, la nouvelle cavité formée est la vésicule vitelline définitive ou secondaire.

Au **J13**, le développement de la vésicule vitelline secondaire s'accompagne de la disparition de la vésicule vitelline primitive

*au milieu de la seconde semaine, un nouveau tissu, le mésoblaste extra-embryonnaire apparaît. Dans ce mésenchyme extra-embryonnaire, apparaissent des cavités qui confluent et donnent une nouvelle cavité chorale ou le coelome extra-embryonnaire (**fig. 10, 11,12**).

Le mésenchyme extra-embryonnaire constitue :

- La lame chorale à la surface interne du cytotrophoblaste
- La splanchnopleure extra-embryonnaire à la surface externe du lécitocèle secondaire.
- La somatopleure extra-embryonnaire à la surface externe de la cavité embryonnaire.
- Le pédicule embryonnaire entre le cytotrophoblaste et la cavité amniotique.

Le disque embryonnaire didermique avec son amnios dorsal et sa vésicule vitelline ventrale est suspendu dans la cavité chorale par un épais pédicule embryonnaire (**fig. 10, 11,12**).

2.5. Mise en place du système circulatoire utéro placentaire

La croissance rapide de l'embryon au cours de la deuxième semaine rend impérative la mise en place d'un système d'échange materno fœtal.

Ce système commence à se développer à J9 au niveau du syncytiotrophoblaste par la formation de lacunes qui seront rapidement remplies de sang maternel.

Partie 1 : Embryologie

Entre **J11-J13** le cytotrophoblaste prolifère par endroit pour donner naissance à des expansions qui s'insinuent dans le syncytiotrophoblaste et les lacunes remplies de sang, en entraînant le syncytiotrophoblaste avec elles constituent **les villosités trophoblastiques primaires**.

A **J16**, le mésoblaste extra-embryonnaire associé au cytotrophoblaste, pénètre dans l'axe de la villosité primaire et la transformation en villosité choriale définitive.

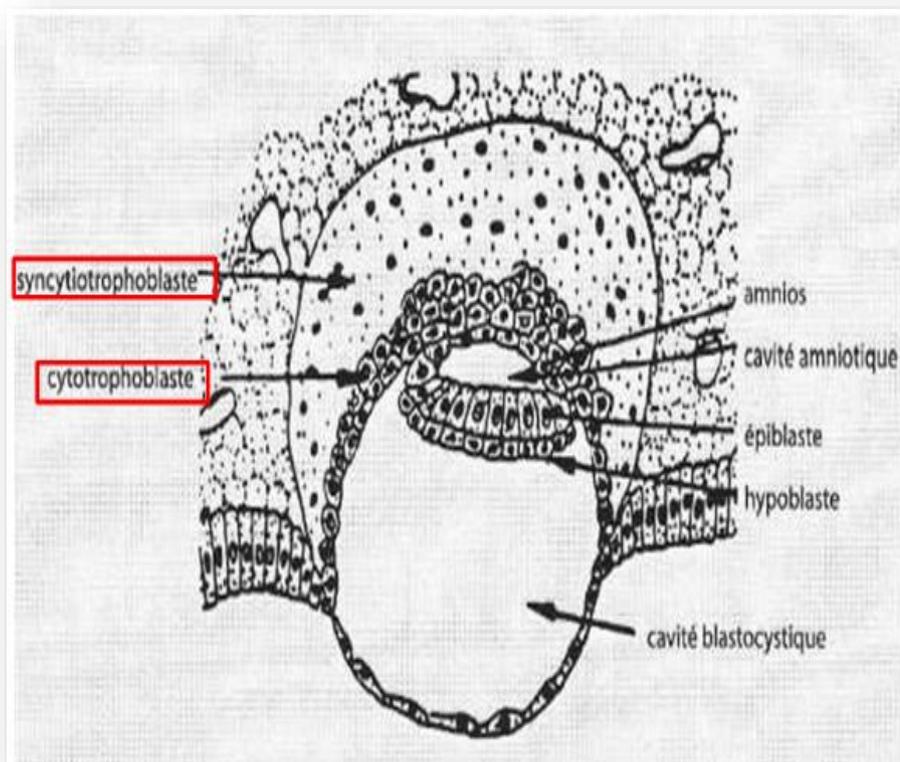


Figure 09 : Formation de Syncytiotrophoblaste et cytotrophoblaste et la cavité amniotique (J7-J8)

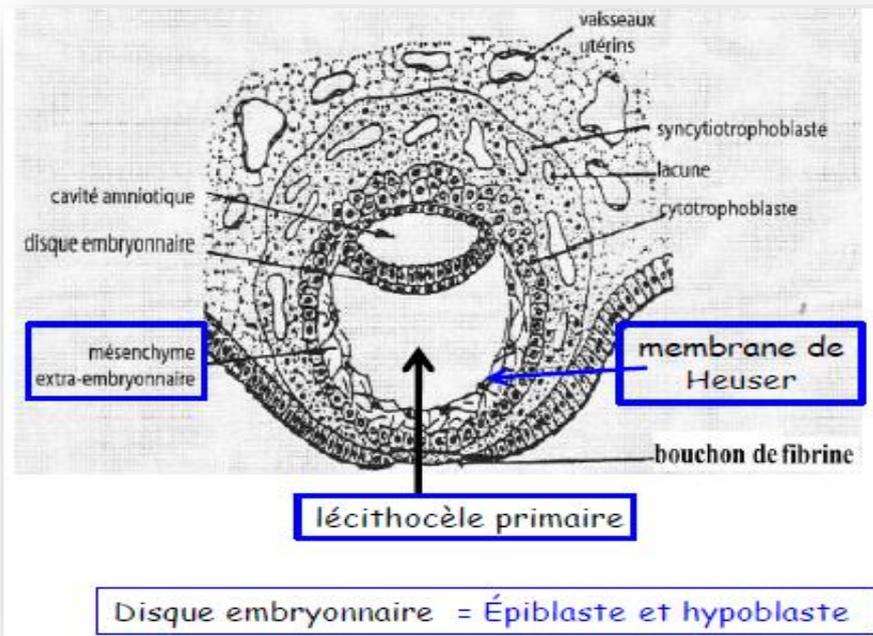


Figure 10 : Formation du mésenchyme extra-embryonnaire, membrane de Heuser et formation du lécithocèle primaire (J 10)

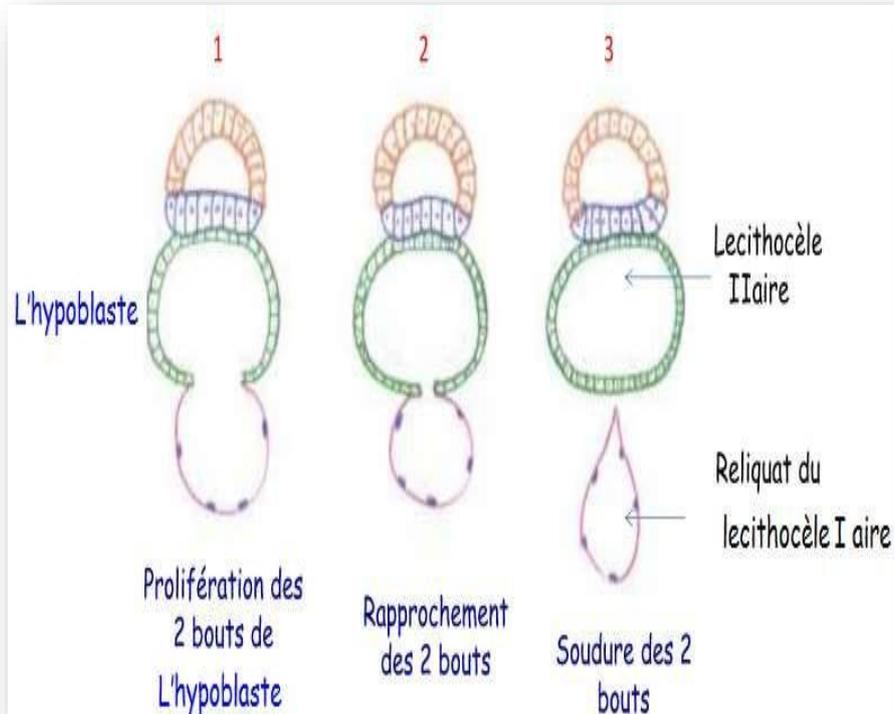


Figure 11 : Formation du lécithocèle II^{aire} ou (vésicule vitelline) (J11 –J12)

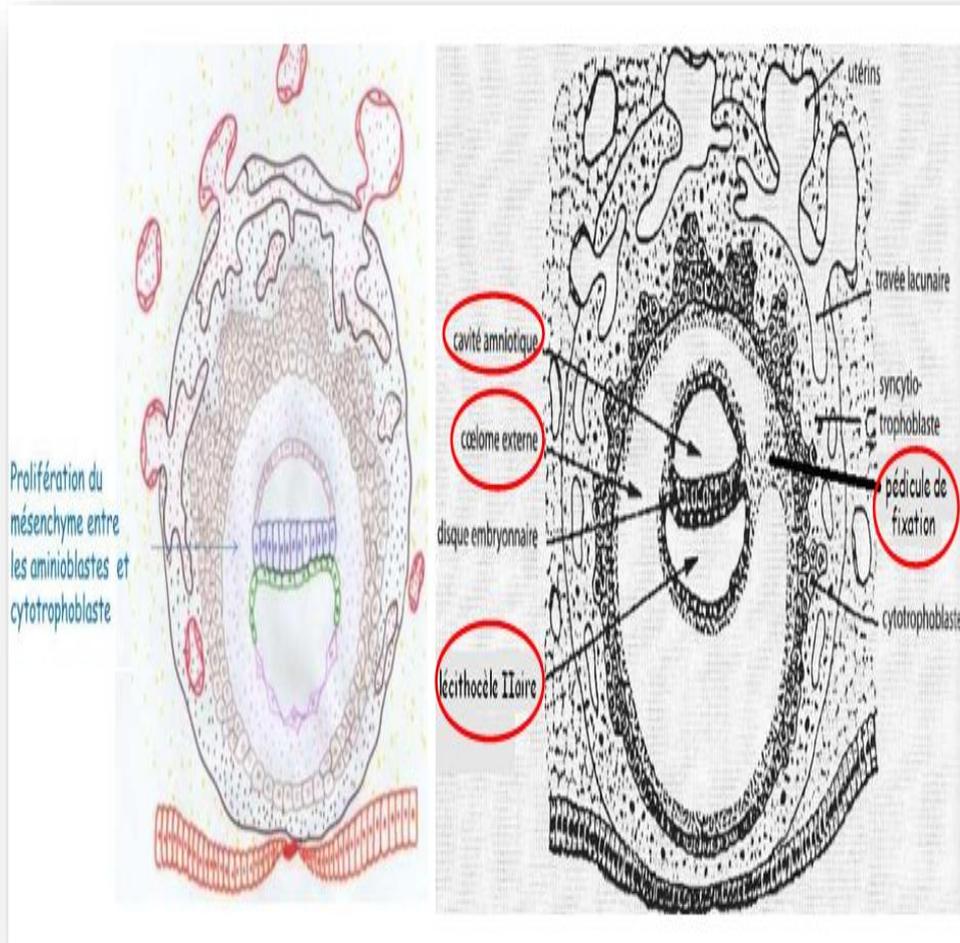


Figure 12 : Formation le cœlome externe, le pédicule de fixation et lécithocèle II^{aire} (J13 –J14)

Troisième semaine du développement embryonnaire : La gastrulation

Généralités

La troisième semaine du développement embryonnaire est marquée d'une part par l'apparition chez la mère de signes cliniques et biologiques de la grossesse (aménorrhée, signes sympathiques, HCG) et d'autre part la formation des trois principaux feuillets embryonnaires = La gastrulation.

La gastrulation correspond à la seconde phase de développement embryonnaire après la segmentation.

☞ Elle est caractérisée par des mouvements cellulaires et tissulaires, dits morphogénétiques, coordonnés dans le temps et l'espace.

☞ Elle modifie la position des blastomères et aboutit à la mise en place des deux (espèces diploblastiques) ou trois feuillets (espèces triploblastiques) primitifs de l'embryon :

- Ectoderme (ectoblaste) : feuillet superficiel

- Mésoderme (mésoblaste) : feuillet moyen

- Endoderme (endoblaste) : feuillet interne

C'est à partir de ces feuillets que vont se constituer tous les tissus et organes dans l'embryon de quatrième à la huitième semaine.

☞ Elle est caractérisée par l'apparition d'une cavité secondaire digestive, l'archentéron.

1. Définition

En fin de segmentation, la blastula consiste en de nombreux blastomères dont les positions relatives ont été établies durant cette phase. À la gastrulation les cellules adopteront de nouvelles positions, donc de nouvelles voisines. Les mouvements coordonnés permettant la gastrulation, appelés **mouvements morphogénétiques**, impliquent l'embryon entier et aboutissent à la mise en place des 3 feuillets fondamentaux des métazoaires :

→ **Endoderme (endoblaste)**

→ **Mésoderme (mésoblaste)**

→ **Ectoderme (ectoblaste)**

-La **gastrulation** (Mise en place du troisième feuillet qui c'étant entre J15-J22) constitue l'événement majeur de la troisième semaine du développement. Elle se poursuit par **la mise en place de la chorde et par la neurulation.**

-Au **niveau des annexes embryonnaires** : Evolution de la sphère chorale et formation des ébauches vasculo-sanguines et sexuelles dans le mésenchyme extra-embryonnaire.

2. Modifications de l'organisme maternel

A- Cliniquement

L'**aménorrhée**, premier signe clinique objectif de grossesse apparaît. Il aura d'autant plus de valeur diagnostique qu'il s'accompagne en fin de troisième semaine d'autres signes cliniques : tension et gonflement des seins, nausées et vomissements, constipation et pollakiurie.

B- Biologiquement

Les gonadotrophines (**HCG**), sécrétées par le syncytiotrophoblaste et qui ont pour action de transformer le corps jaune en corps gestatif, passent dans les urines de la mère, en quantité suffisante pour y être détectées.

3. L'évolution du disque embryonnaire

Pendant la troisième semaine l'évolution du disque embryonnaire se fait en trois étapes :

- du 14 J au 17 J, mise en place de la ligne primitive, de l'endoderme définitif et du troisième feuillet, **le mésoblaste** ;
- du 15 J au 19 Jour, mise en place de **la Chorde dorsale** ;
- du 15 J au 20 et 21 Jour, différenciation de **la plaque neurale** puis de la gouttière neurale d'une part et évolution du mésoblaste d'autre part.

4. Principales étapes de la gastrulation

4.1 Première étape : (la mise en place de la ligne primitive et le nœud de Hensen)

Elle se caractérise par l'apparition de la ligne primitive et du nœud de Hensen (**fig.13**). D'abord circulaire, le disque embryonnaire devient bientôt ovalaire et s'allonge selon l'axe du futur embryon. Puis apparaît à sa partie caudale une petite tâche qui résulte d'une prolifération des cellules de l'ectoblaste et qui s'invagine entre l'entoblaste et les cellules restantes de l'ectoblaste.

Cette tâche s'allonge jusque vers le milieu de l'ébauche embryonnaire, elle constitue ainsi la ligne primitive.

Vers le 17^{ème} jour son extrémité crâniale s'épaissit alors et forme un centre très actif de multiplication cellulaire qui produit une sorte de nodosité **le nœud de Hensen**. L'apparition de la ligne primitive et du nœud de Hensen détermine.

L'orientation de l'axe embryonnaire

- Sa direction cranio-caudale ;
- Sa symétrie bilatérale ;
- Sa symétrie bilatérale.

4.2 Deuxième étape :

Elle a lieu vers la 3^{ème} semaine et se caractérise par : une migration mésoblastique, par la formation du processus chordal et par la mise en place du diverticule allantoïde.

• Formation du mésoblaste (disque tridermique)

Sur le plan histologique les cellules ectoblastiques développent des pseudopodes migrants au travers de la ligne primitive tout en perdant les connexions entre-elles ; ce phénomène d'invagination en profondeur caractérise la gastrulation, et donne le 3ème feuillet ou **mésoblaste (fig.13)**.

Le mésoblaste sépare l'ectoblaste et l'endoblaste sauf en deux endroits :

- En avant de l'extrémité antérieure de la corde c'est la membrane bucco pharyngée ou **membrane pharyngienne**.
- En arrière de la ligne primitive c'est **la membrane cloacale**. C'est deux membranes marquent l'emplacement des deux extrémités du futur tube digestif : la membrane buccale ou pharyngienne à l'origine du stomadéum, et la membrane anale ou cloacale à l'origine du proctodéum. Des cellules mésoblastiques vont également migrer au-delà de chacune de ces 2 membranes :
- en arrière de la ligne primitive ou elles se rendent dans le pédicule de fixation et constitueront l'ébauche de la circulation sanguine du futur cordon ombilical.
- en avant de la membrane pharyngienne et constituent l'ébauche cardiaque primitives.

Remarque : Après la la gastrulation et la mise en place de la corde dorsale , l'embryon se présente sous la forme d'un disque embryonnaire à trois feuillets (tridermique) :

- Un feuillet dorsal épiblastique devenu **l'ectoderme**
- Un feuillet moyen, **le chordo-mésoblaste**avec, dans l'axe crânio-caudal, la corde et latéralement le **mésoblaste**.
- Un feuillet ventral, **l'endoderme définitif**.

• Formation du diverticule allantoïde

C'est une invagination en doigt de gant, en arrière de la membrane cloacale et qui s'engage dans le pédicule de fixation. Chez l'être humain il est impliqué dans la formation précoce du sang et participe au développement de la vessie.

4.3 Troisième étape

• Formation du processus chordal ou la mise de la chorde dorsale (J17-J22) futur squelette de l'embryon

En avant de la ligne primitive au niveau du nœud de Hensen, le mésoblaste élabore un canal dont l'extrémité aveugle progresse crânialement le long de l'axe longitudinal **c'est le processus chordal (fig .14)**, celui-ci est un cordon cellulaire plein qui se creuse ensuite en canal chordal dont le bord inférieur ou plancher se soude au toit du lécithocèle (**fig. 15**). Au niveau de cette soudure, le plancher du canal chordal disparaît alors et un petit passage le **canal neurentérique (fig .16)** met temporairement en communication le lécithocèle et la cavité amniotique.

Effondrement du canal primitif et formation de la plaque chordale.

La fissuration est totale, c'est à dire qu'elle s'est étendue sur toute la longueur du canal qui prend la forme d'une **gouttière renversée (fig.17)**, puis cette dernière s'étale sous forme de **plaque chordale (fig.18)**. Par la suite cette plaque se détache de l'entoblaste qui retrouve sa continuité ; et formera un cordon cellulaire plein, médian et axial appelé **notocorde (fig. 19)**, et c'est le squelette primitif de l'embryon tri dermique (ou le squelette de base).

REMARQUE :

La notocorde définit l'axe longitudinal primordial de l'embryon en indiquant l'emplacement des futurs corps vertébraux et joue le rôle d'inducteur de l'ectoblaste dans la différenciation de la plaque neurale.

L'embryon qui s'est allongé, a commencé à s'incurver de telle sorte que sa face dorsale est devenue convexe ; le nœud de Hensen et la ligne primitive régressent et finissent par disparaître.

Pendant cette période il y a apparition des îlots vasculaires sanguins primitifs, qui vont donner naissance aux premiers capillaires et à la première cellule sanguine, ceci apparaît dans le chorion, dans la splanchnopleure et dans le pédicule de fixation.

Partie 1 : Embryologie

Le canal neurentérique est ainsi dénommé car :

- La partie dorsale participe à la formation de l'appareil neurologique
- La partie ventrale participe à la formation du tube digestive

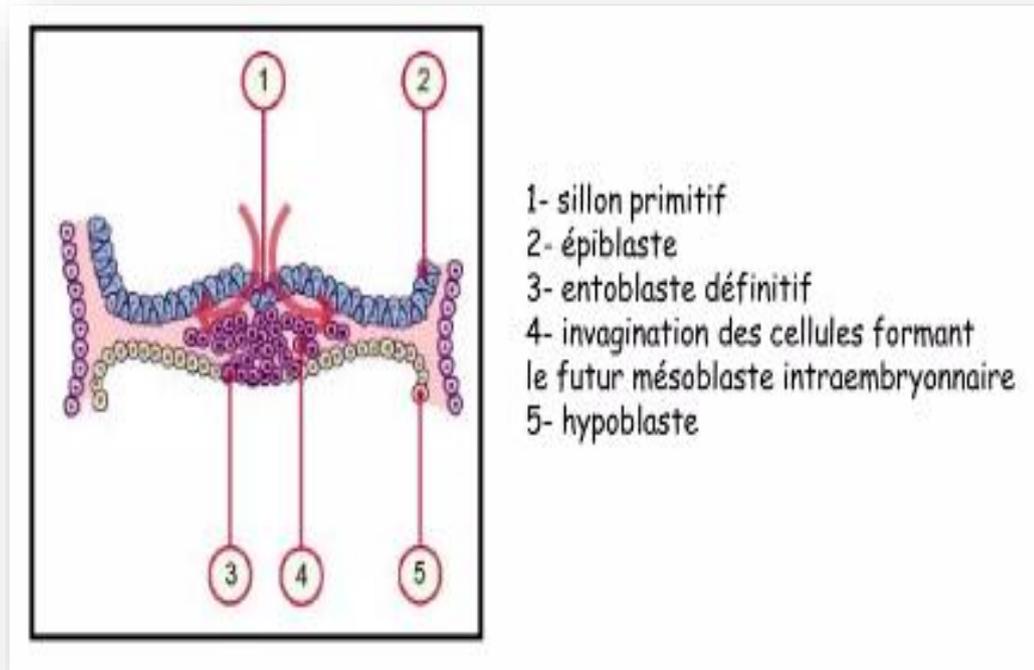


Figure 13 : Formation du mésoblaste (gastrulation)

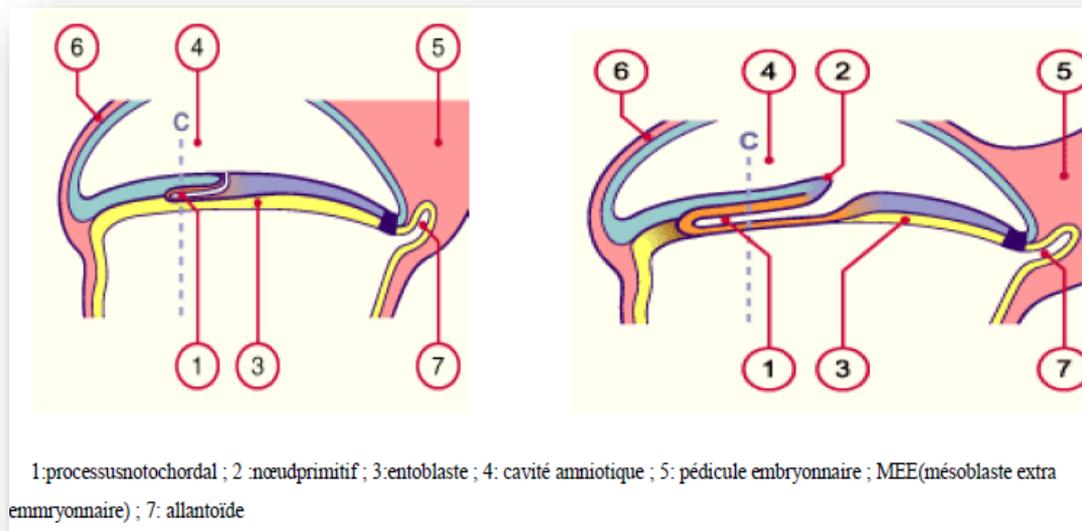
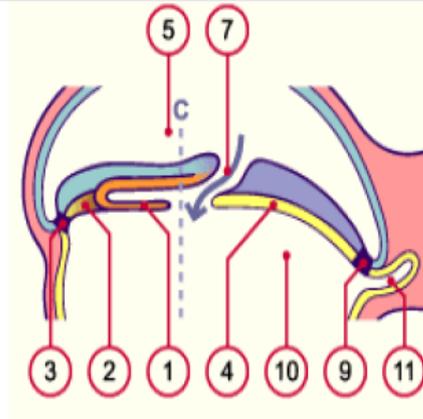


Figure 14 : Processus chordal

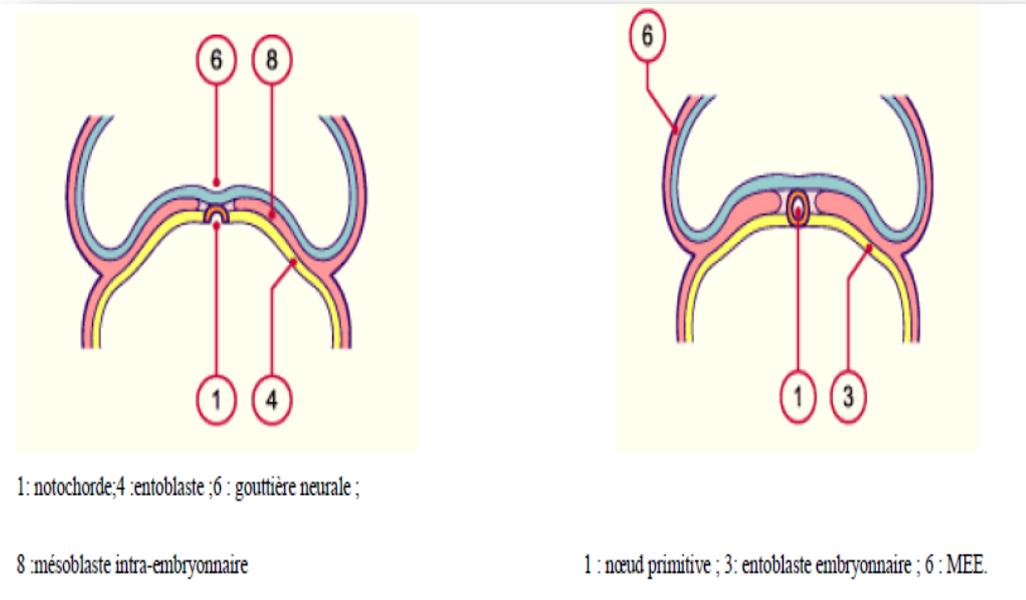
Figure 15 : Canal chordal

Partie 1 : Embryologie



1 : processus notochordal ; 2 : noeud primitif ; 3 : entoblaste embryonnaire ; 4 : cavité amniotique ; 5 : pédicule embryonnaire ; 7 : allantoïde ; 9 : membrane cloacale ; 10 : aortes ; 11 : veines ombilicales.

Figure 16 : Canal neurentérique



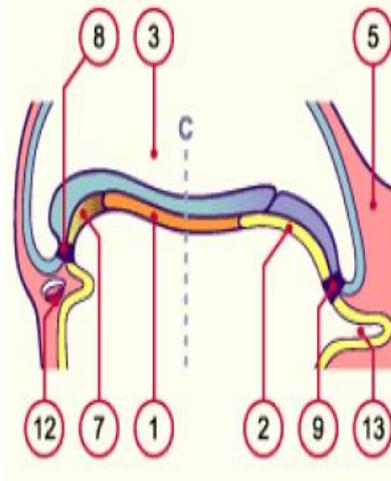
1 : notochorde ; 4 : entoblaste ; 6 : gouttière neurale ;

8 : mésoblaste intra-embryonnaire

1 : noeud primitive ; 3 : entoblaste embryonnaire ; 6 : MEE.

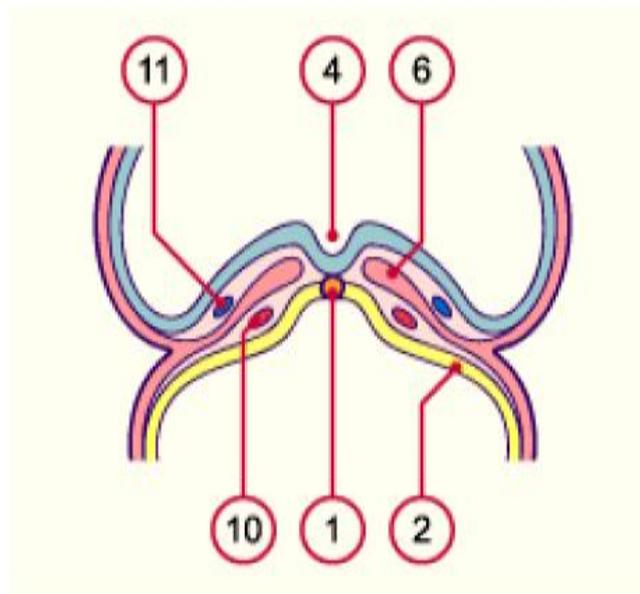
Figure 17 : Gouttière renversée

Partie 1 : Embryologie



1 : processus notochordal ; 2 : entoblaste embryonnaire ; 3 : cavité amniotique ; 5 : pédicule embryonnaire ; 6 : gouttière neurale ; 7 : plaque préchordale ; 8 : mésoblaste intra-embryonnaire ; 9 : membrane cloacale ; 12 : ébauche cardiaque ; 13 : allantoïde.

Figure 18 : Plaque chordale



1 : notochorde ; 2 : entoblaste embryonnaire ; 4 : tube neurale ; 6 : mésoblaste intraembryonnaire ; 10 : aortes ; 11 : veines ombilicales

Figure 19 : Notochorde

Troisième semaine du développement embryonnaire : Neurulation

Introduction

La neurulation est un processus morphogénétique durant lequel la plaque neurale forme le tube neural donnant ainsi au système nerveux sa forme et sa position finale dans l'axe dorsal de l'embryon.

La neurulation est la transformation de l'ectoderme médian en un tube neural (à l'origine du Système Nerveux Central SNC), flanqué de crêtes neurales (à l'origine de l'essentiel du Système Nerveux Périphérique SNP).

La neurulation se déroule vers la 4^{ème} semaine et comporte 3 stades :

- Formation de la plaque neurale ;
- Formation de la gouttière neurale ;
- Formation du tube neural.

1. Les différents stades de neurulation

1.1 Formation de la plaque neurale

Entre J18 –J19 ; l'ectoderme qui recouvre l'axe crânio-caudale s'épaissit en avant du nœud du Hensen sous l'action inductrice de la corde. Cet épaississement plus large dans sa partie crâniale, prend la forme d'une raquette renflée en avant : c'est **la plaque neurale** qui présente une croissance cellulaire très rapide et s'étend progressivement vers la partie caudale.

Dès lors, l'ectoderme a donnée naissance à deux ensembles cellulaires distincts, le **neuroectoderme** (plaque neurale) et l'**ectoderme** (reste du feuillet dorsal).

Ces modifications sont concomitantes de la gastrulation.

1.2 Formation de la gouttière neurale

Vers 20 jours, **les bords latéraux de la plaque neurale se relèvent** transformant la plaque en **gouttière neurale** qui saillie dans la cavité amniotique.

Les zones de jonction entre les bords de la gouttière neurale et l'ectoderme constituent alors deux crêtes longitudinales : **les crêtes neurales**.

Les bords de la gouttière neurale vont se rapprocher dès le 25^{ème} jour.

1.3 Formation du tube neural

A la fin de la troisième semaine, **les bords de la gouttière se rejoignent** et commencent à fusionner dans la partie moyenne du disque embryonnaire pour constituer **le tube neural**. Au moment de cette fusion, **les crêtes neurales s'isolent** dans le mésenchyme intra-embryonnaire sous-jacent de part et d'autre du tube neural.

Au moment de la fermeture du tube neural, des amas de cellules se détachent des lèvres latérales de la plaque neurale, constituant les crêtes neurales. Environ 50% de l'ectoblaste constituera le futur épiderme (**fig.20**).

2. Evolution du mésoblaste

Lors de la formation de la notochorde, le mésoblaste intra-embryonnaire prolifère de façon très active de chaque côté de la ligne médiane du J19 -J20-J21 et forme trois bands longitudinales et de feuilletts.

-Le mésoblaste para-axial

-Le mésoblaste intermédiaire

-Le mésoblaste latérale ou lame latéral

Chacune de ces trois zones du mésoblaste va commencer sa différenciation avant que ne s'achève la troisième semaine du développement embryonnaire. Ce processus débute à l'extrémité céphalique et progresse en direction caudale jusqu'à la fin de la 4ème semaine.

→ Le mésoblaste para-axial

Dans le mésoblaste para-axial les cellules se groupent en amas déterminant une segmentation : on appelle **somite** chaque amas cellulaire. Cette segmentation commence dans le région crâniiales et progresse **vers la région caudale**. On distingue ainsi au J20 et J21, quatre à sept paires de somites disposés de façon symétrique qui soulèvent l'épiblaste de part et d'autre de la zone de fermeture du tube neural (Fig. 2). Plusieurs somites caudaux disparaissent et le nombre final se situera finalement autour de 35-37 paires de somites, ces dernier constituent **des arcs branchiaux**. Le nombre de somites est l'un des critères utilisés pour déterminer **l'âge de l'embryon** à ces stades de développement.

a) La métamérisation du mésoblaste para-axial

Elle début à la fin de la 3^{ème} semaine et se poursuit pendant de la 4^{ème} semaine et le début du 2^{ème} mois.

La métamérisation du **mésoblaste para-axial** contribue à diviser l'embryon en étages superposés. Chaque étage s'appelle métamère et est constitué d'une **paire de somites (dermo-myo-sclérotomes)**

A la fin de la métamérisation **le mésoblaste para-axial** sera constitué, de **42 à 44 paires de somites (fig.21)**.

→ Le mésoblate intermédiaire

Au niveau du mésoblaste intermédiaire, il se forme également des groupements cellulaires en regard de chaque somite ce sont les premiers **néphrotomes**.

L'ensemble du mésoblaste intermédiaire constituant ainsi le cordon néphrogène qui donnera naissance à l'appareil urinaire.

→ Le mésoblate latérale ou lame latéral

Le mésoblaste latéral est une plaque épaisse de tissu creusée par une cavité, le **coelome intra-embryonnaire** délimitant deux feuilles :

***La somatopleure**, couche bordant l'ectoblaste et qui participe à la formation des parois latérales ventrales de l'embryon.

***La splanchnopleure**, qui tapisse l'entoblaste et participe à la formation de la paroi du tube digestif.

Cette cavité, en forme de fer à cheval à concavité caudale, communique latéralement très largement avec le coelom extra-embryonnaire

3. Au niveau des annexes

Les modifications portent successivement sur le **lécithocèle** et les différentes parties du **mésenchyme extra-embryonnaire** elles s'achèvent avec la mise en place de la circulation sanguine.

A) **Le lécithocèle** émet vers le 16 jour un diverticule qui s'enfonce dans le pédicule embryonnaire : le diverticule allantoïdien

B) **Le mésenchyme extra-embryonnaire** va se différencier à partir du 18 jour.

→ Au 18 jour, c'est autour de ce diverticule allantoïdien et à son contact qu'apparaissent les cellules sexuelles primitives ou **gonocytes primordiaux**. Ces cellules migreront ultérieurement vers les ébauches des gonades et seront à l'origine des cellules de la ligne germinale (spermatogonies et ovogonies).

→ Certaines **cellules mésenchymateuses** se groupent en petits massifs, **les îlots de Wolf et Pander**. Dans chaque îlot, les cellules périphériques s'allongent et forment ensemble l'ébauche des parois des vaisseaux, tandis que les cellules centrales s'arrondissent et se transforment en cellules souches des lignées sanguines. De telles ébauches vasculaires apparaissent dans presque tout le mésenchyme extra-embryonnaire par ordre :

Partie 1 : Embryologie

- au niveau de la **splanchnopleure**, autour de lécithocèle ;
- au niveau de la **sphère choriale**, sous le trophoblaste ;
- au niveau du pédicule embryonnaire.

4. Différenciation des feuilletts

Le début de l'organogenèse est marqué par l'apparition, à partir de chacun des trois feuilletts embryonnaires, des ébauches des organes (Voir tableau ci-dessous). Par la suite, la période embryonnaire s'étalera jusqu'à la 8ème semaine. Ainsi, à la fin du deuxième mois, les principales formes extérieures sont reconnaissables.

Les processus responsables de l'organogénèse et de la croissance de l'embryon sont variés et parfois complexes.

Les phénomènes de croissance sont soit :

- Auxétique : augmentation de la taille des cellules ;
- Multiplicative : augmentation du nombre des cellules ;
- Accrétionnaire : augmentation de la quantité du matériel acellulaire

Tableau 01 : principaux dérivés des feuilletts embryonnaires

| Feuilletts | Organes |
|------------|---|
| Ectoblaste | Système nerveux central - Système nerveux périphérique - Epithélium sensoriel - Hypophyse- Epiderme, phanères - Glandes sous-cutanées - Glande mammaire - Email des dents - Médullo-surrénale |
| Mésoblaste | Squelette (os, cartilage) - Tissu conjonctif - Muscles (striés, lisses) - Système cardio-vasculaire et lymphatique, cellules sanguines- Reins, voies urinaires hautes - Appareil génital (gonades, voies génitales) - Péricarde, plèvre, péritoine - Rate - Cortico-surrénale |
| Endoblaste | Tube digestif (épithélium) - Foie, pancréas - Appareil respiratoire (épithélium) - Oreille moyenne, trompe d'Eustache - Thyroïde, parathyroïdes (parenchyme) - Thymus, amygdales (parenchyme) - Vessie, urètre (épithélium) |

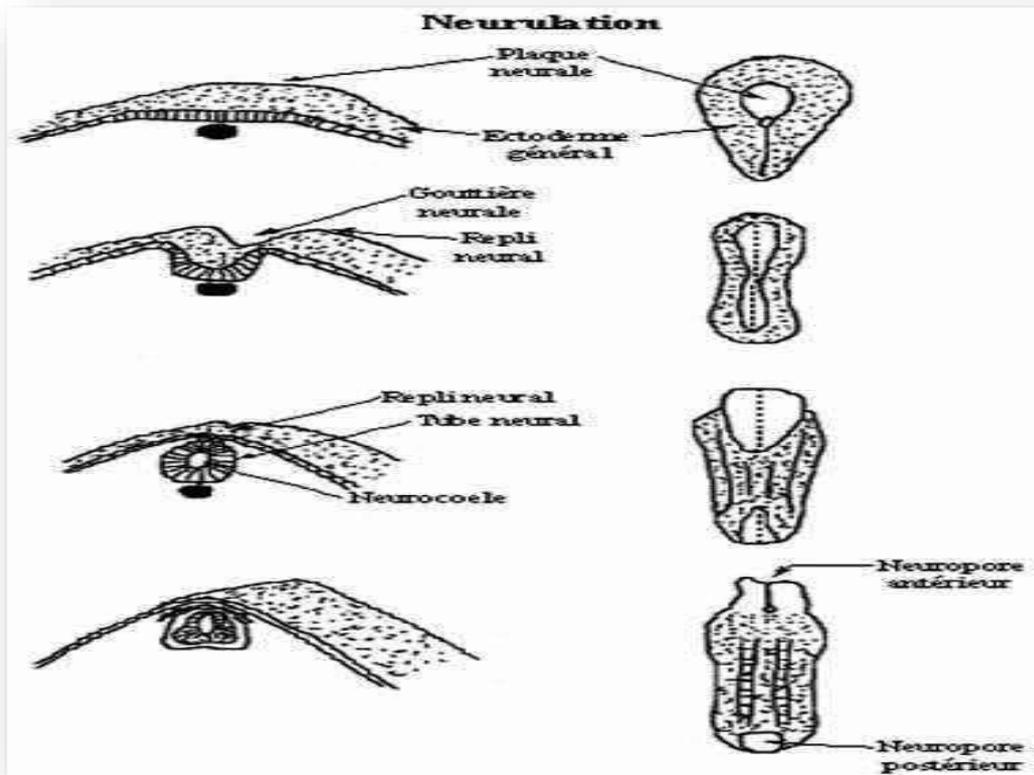


Figure 20 : Neurulation

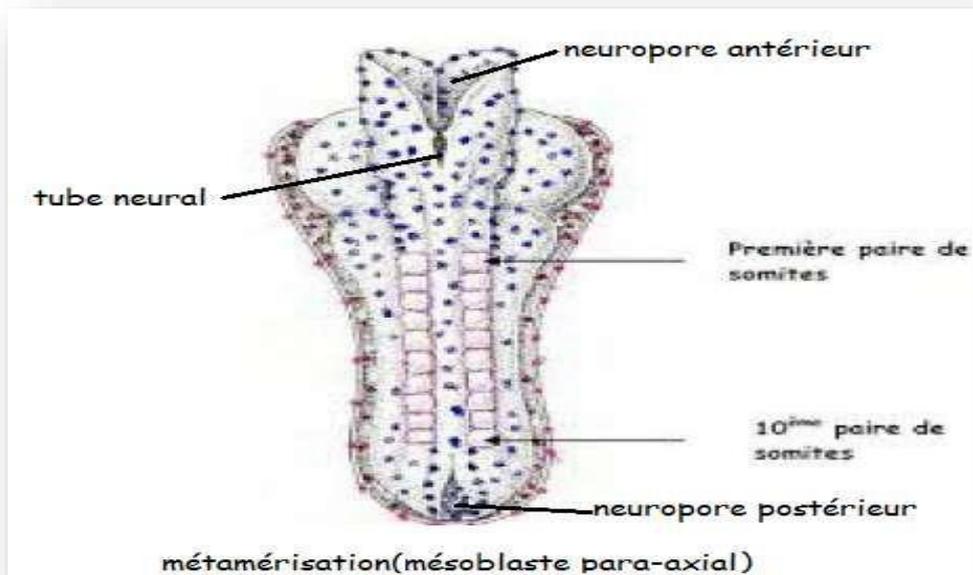


Figure 21 : La métamérisation du mésoblaste para-axial

Quatrième semaine les plicatures et début de l'organogénèse

Introduction

Après la formation du disque tridermique, l'embryon est plat et de forme ovale. Cependant, à la 4^{ème} semaine, l'embryon subira des plicatures qui changeront sa forme. Ces plicatures résultent du fait que les différentes parties de l'embryon ne grossissent pas à la même vitesse.

-le disque tridermique et la cavité amniotique grandissent rapidement contrairement au sac vitellin. Etant donné que la surface ventrale (endoblaste) du disque du disque attachée au sac vitellin qui grossit peu, cela force le disque à se courber autour du sac vitellin.

Puisque l'axe longitudinal du disque est plus long que l'axe transverse (on est plus long que large...) les extrémités céphalique et caudale du disque se courbent plus que les bord latéraux.

1. Les événements de la 4^{ème} semaine du développement embryonnaire

Période comprise entre le 20^{ème} et le 29^{ème} jour du développement Embryonnaire(DE). C'est transition entre l'embryogénèse et l'organogénèse. Elle est marquée par :

- Délimitation de l'embryon
- Métamérisation : L'apparition des métamères au niveau du tronc
- Neurulation
- Organogénèse : Formation des ébauches des organes

2. Délimitation de l'embryon

La délimitation correspond à des phénomènes d'enroulement de l'embryon sur lui-même autour d'un axe transversal et céphalo-caudal.

Les bords des différents feuillets se rejoignent à la base du disque, fusionnent et ferment le corps de l'embryon qui devient tridimensionnel. Ce phénomène permet l'individualisation de l'embryon par rapport à ses annexes extra embryonnaire. L'embryon devient donc un cylindre clos.

La délimitation est la résultante de deux phénomènes opposés :

- Le développement très rapide de la cavité amniotique couplé à la stagnation du lécithocèle secondaire.
- Le développement lent de la sphère chorale obligeant l'ensemble de l'embryon et de ses annexes qui se développent activement (cavité amniotique +++), à se replier sur eux-mêmes.

2.1. Plicature transversale

Les bords du disque embryonnaire sont repoussés vers la face ventrale de l'embryon. Cet enroulement latéral détermine la délimitation transversale de l'embryon (**fig. 22**), caractérisée par les événements suivants :

- les deux bords se rejoignent sur la ligne médiane. L'embryon est alors entièrement cerné par l'épiblaste ;
- les éléments du mésoblaste somatique et splanchnique (lames dérivées du mésoblaste latéral) se soudent sur la ligne médiane isolant le cœlome intra embryonnaire du cœlome extra-embryonnaire ;
- le lécithocèle secondaire ou vésicule vitelline s'étrangle progressivement, donnant naissance à trois régions :
 - L'intestin primitif : naît par tubulation à partir du toit du lécithocèle ;
 - Le canal vitellin : canal étroit traversant la face ventrale de l'embryon dans une zone appelée la région ombilicale ;
 - La vésicule ombilicale.

2.2. Plicature longitudinale

Le disque s'allonge surtout en longueur et les parties les plus crânielles et caudales s'enroulent ventralement (rotation à 180°) : cette **plicature longitudinale** correspond à une inflexion céphalo-caudale.

La plicature de l'extrémité céphalique est due surtout à la croissance du **tube neural**.

Partie 1 : Embryologie

Elle amène la membrane oro-pharyngienne et l'ébauche cardiaque en position ventrale. Ce mouvement incorpore également dans l'embryon une partie du lécithocèle qui deviendra l'intestin antérieur (**fig. 23**).

3.3 Conséquences de la délimitation

- ✓ L'embryon sera complètement entouré d'ectoblaste
- ✓ Enroulement de la cavité amniotique autour de l'embryon
- ✓ Formation de l'intestin primitif (isolement de la partie intra-embryonnaire de la vésicule vitelline)
- ✓ Formation du cordon ombilical (rassemblement ventral des annexes)
- ✓ Formation des parois ventrales et latérales de l'embryon

4.4 Formation du cordon ombilical (C0)

Le pédicule embryonnaire se retrouve en situation ventrale, contre le lécithocèle II (vésicule vitelline).

L'amnios (épithélium amniotique) accolée au mésenchyme du pédicule, limite le Cordon Ombilical primitif formé par (l'extrémité de l'allantoïde, le canal vitellin et la vésicule vitelline) (**fig.24**).

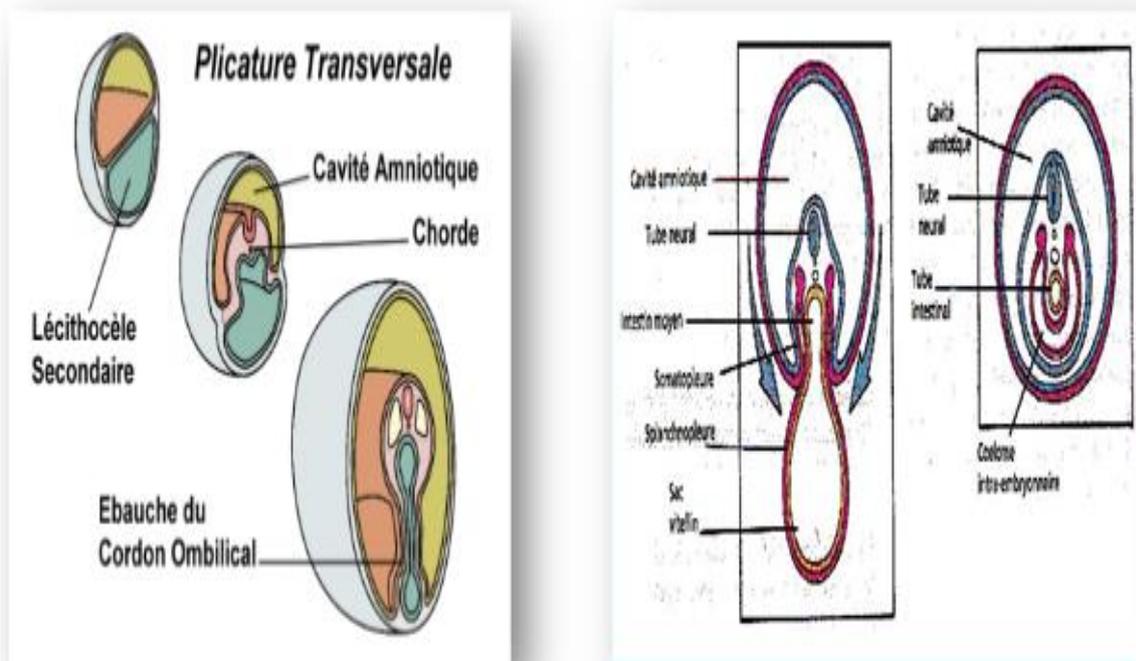


Figure 22 : Plicature transversale

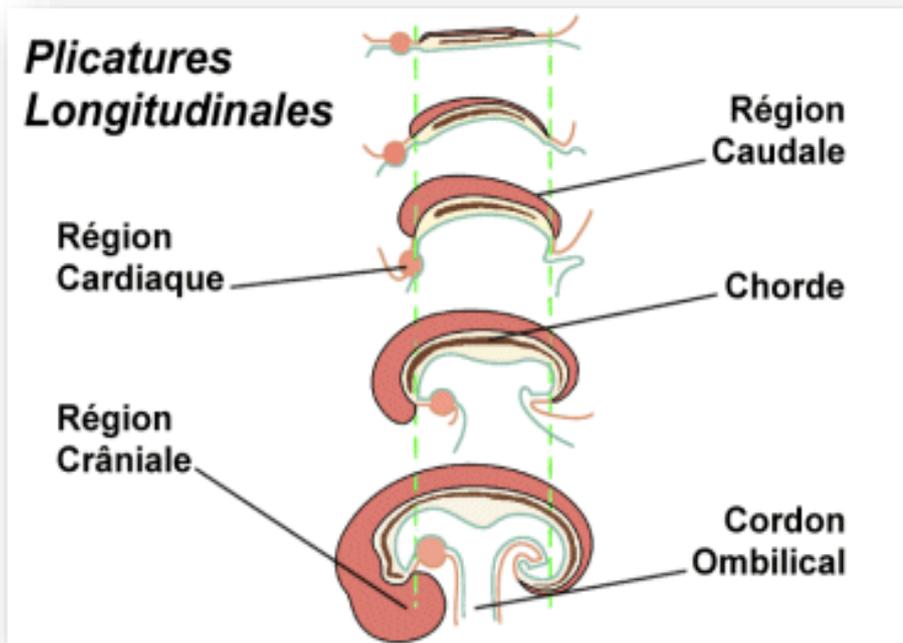


Figure 23 : plicatures longitudinales

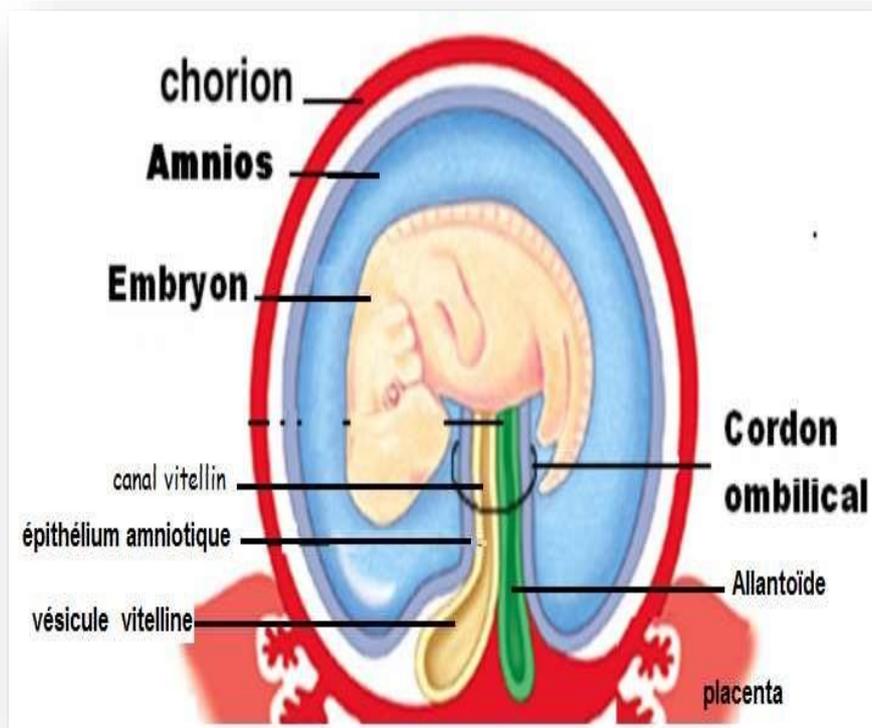


Figure 24 : Formation du cordon ombilical (CO)

Chapitre 7 : Particularités de l'embryologie humaine

1. Cycle

Le cycle sexuel de la femelle peut être divisé en plusieurs phases :

1.1 Phase folliculaire

Au début du cycle le taux des hormones stéroïdes sexuelles circulantes est faible, ayant pour effet de stimuler la production de FSH-RH par l'hypothalamus, qui stimule la production de FSH par l'hypophyse. En favorisant la croissance des follicules ovariens, la FSH stimule la production d'œstrogènes par eux, hormones qui atteignent un pic un peu avant le milieu du cycle. L'augmentation du taux d'œstrogènes sanguins incite la production hypothalamique de LH-RH qui provoque une libération massive de LH hypophysaire.

1.2 Phase ovulatoire

Le taux de LH est maximal au milieu du cycle et provoque l'ovulation.

1.3 Phase lutéale

Après l'ovulation, LH et FSH stimulent la formation du corps jaune (luteum), donc la production de progestérone et d'œstrogènes qui agissent sur l'utérus en le préparant pour la nidation éventuelle.

1.4 Phase gestationnelle

Si la nidation a lieu, le chorion produit une hormone : l'HGG (human chorionic gonadotrophin), dont l'effet est analogue à celui de la LH : elle stimule la production de progestérone par le corps jaune et favorise le développement de l'embryon et du placenta. Le placenta produira lui-même des œstrogènes et de la progestérone durant la gestation.

1.5 Phase menstruelle

Si la nidation n'a pas lieu, le taux élevé de progestérone et d'œstrogènes circulant dans le sang exerce un effet négatif sur l'hypothalamus qui diminue alors sa synthèse d'hormones déclenchantes. Celle-ci ne sollicitant plus l'hypophyse, la production de FSH et LH diminue, et par conséquent la production d'hormones sexuelles par l'ovaire diminue à la fin du cycle sexuel. Le corps jaune devient corps blanc. La paroi utérine privée de stimulation subit une vasodilatation et une nécrose de ses couches superficielles, suivies d'une vasodilatation et d'une hémorragie (**fig.25**).

2. Nidation

2.1. Introduction

Elle est le signal de départ de la croissance de l'œuf. C'est l'implantation de l'œuf dans l'épaisseur de la muqueuse utérine. Elle se produit vers le dixième jour après la fécondation.

2.2. Evolution du trophoblaste

Les cellules du trophoblaste attaquent et détruisent la paroi des cellules de l'endomètre, ce qui permet à l'œuf de s'enfoncer dans l'épaisseur de cette muqueuse, justement préparée par la progestérone.

La surface de l'endomètre se cicatrise derrière l'œuf, qui se retrouve ainsi dans l'épaisseur de la muqueuse : la grossesse commence à la proprement parler à ce moment.

2.3. Disparition de la membrane pellucide

La membrane pellucide comment à se dégrader avant le contact avec la paroi utérine sous l'action d'une protéase sécrétée par l'endomètre. Puis, celle-ci se rompt sous l'effet de mouvement d'expansion de la blastula.

2.4. La nidation proprement dite

L'œuf sorti de son enveloppe s'arrête au contact de la paroi utérine et y déclenche une réaction inflammatoire qui se traduit par une hyper vascularisation du site de fixation.

A partir du 7^{ème} jours, l'œuf commence à pénétrer à l'intérieur même de l'endomètre.

Des microvillosités se forment et interagissent au niveau des cellules endométriales et des cellules trophoblastiques. Ces dernières érodent l'épithélium ovarien, et atteignent les vaisseaux sanguins dont la paroi est elle aussi érodée. Le trophoblaste est alors en contact direct avec le sang maternel. Ce type de formation placentaire est dit hémochoriale (chorion étant l'autre nom du placenta).

2.5. Croissance de l'œuf

Dès son entrée en contact avec l'endomètre, l'œuf commence sa croissance qui devient rapidement exponentielle. C'est surtout le trophoblaste qui est le siège de ces mitoses.

En effet, la croissance de l'œuf demande des nutriments en grande quantité. Pour cela, doit se mettre en place un puissant organe d'échange entre l'embryon et le sang maternel : c'est le

placenta. La nidation s'achève entre le 12^{ème} et le 14^{ème} jour. Le stroma et l'épithélium utérin se referme derrière l'œuf. Le développement de celui-ci aura donc lieu à l'intérieur même de la paroi utérine

3. Evolution des annexes

Les annexes embryonnaires (ou annexes fœtales) sont des structures qui, au cours du développement de l'embryon puis du fœtus, se forment en parallèle. Elles assurent les fonctions vitales de respiration, de nutrition et d'excrétion.

Ces annexes embryonnaires prennent place entre le fœtus et l'utérus de la mère. Elles seront éliminées au moment de la naissance.

Les annexes embryonnaire sont représentées par :

- **L'amnios** : C'est une membrane délimitant la cavité amniotique, dans laquelle se trouve le liquide amniotique, elle tapisse la paroi interne du placenta.
- **La vésicule vitelline** : C'est au niveau de sa paroi que vont apparaître les îlots angio-formateurs (de cellules du sang) ainsi que les premières cellules sexuelles (gonocytes primordiaux).
- **L'allantoïde** : Participe à la formation du cordon ombilical.
- **Le placenta** : Assure les échanges entre la mère et le fœtus
- **Le cordon ombilical** : Il relie le placenta au fœtus.

4. Le placenta

4.1. Origine du placenta

Le placenta provient de la couche cellulaire périphérique ou trophoblaste qui enveloppe l'œuf au moment de la nidation.

4.2. Développement de l'ébauche placentaire

Le tissu trophoblastique émet des prolongements de plus en plus nombreux qui ramifient et forment d'importantes villosités. Le sang maternel provient des artérioles ouvertes circule dans une série d'espaces appelés lacs du sanguins maternels. Les capillaires se relient à un réseau vasculaire qui rejoint les gros vaisseaux, pour arriver au cordon ombilical, puis à la circulation embryonnaire.

Ainsi se trouve réalisée la possibilité d'échanges entre le sang maternel et fœtal au niveau des lacs sanguins (**fig.26**).

4.3. Fonctions du placenta

4.3.1 Métabolisme du fœtus (nutrition et détoxification)

De nombreuses substances passent du sang maternel vers le sang fœtal et inversement :

-**l'eau et les électrolytes** font appel aux simples mécanismes osmotiques ;

-**les gaz respiratoires** subissent une simple diffusion : la composition du sang fœtal est telle que son affinité pour l'oxygène est plus grande que celle du sang maternel ;

-**le glucose, les acides aminés, les lipides et les vitamines** ont un transport plus ou moins sélectif et actif.

-**Les protéines doivent** être réduites en acides aminés (sauf les IgG) avant de traverser le placenta.

- **le fer et le calcium** sont stockés par le placenta ;

Les déchets fœtaux (urée, créatinine, ammoniaque bilirubine) passent vers la mère suivant les lois de l'osmose.

4.3.2 Synthèse d'enzymes

4.3.3 Synthèse d'hormones

Partie 1 : Embryologie

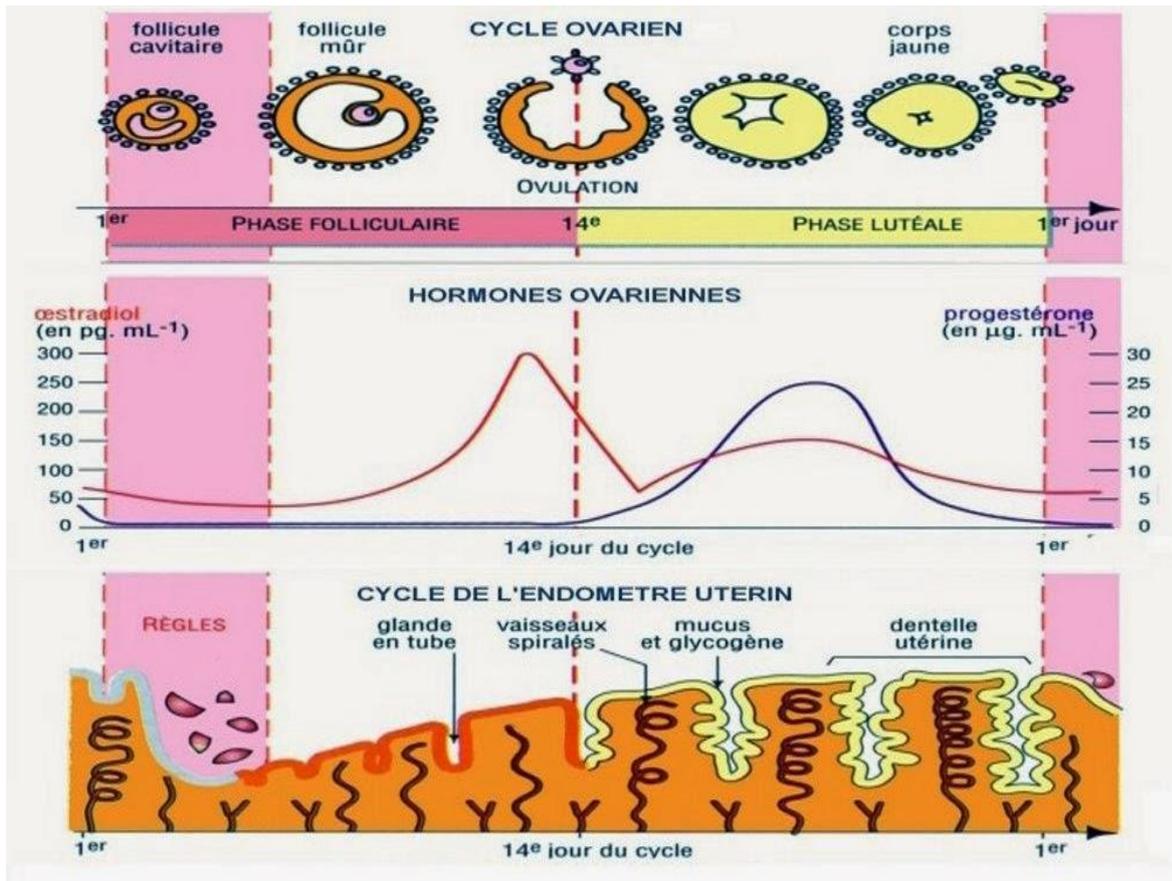


Figure 25 : Phases de la muqueuse utérines



Figure 26 : grossesse à terme

Partie 2 : Histologie

Introduction

1. Le concept d'un tissu

Dans l'organisme, différents niveaux d'organisation sont ordonnés en allant du plus complexe vers le plus élémentaire, aux systèmes et appareils, aux organes, aux tissus, aux cellules, aux organites, aux molécules. Les tissus sont des ensembles coopératifs de cellules différenciées qui forment une triple association, territoriale, fonctionnelle et biologique. Les tissus sont exclusivement constitués de cellules et de MEC. Seules varient d'un tissu à l'autre la nature des cellules, la composition moléculaire de la MEC et la proportion relative des cellules et de la MEC.

2. Les différents tissus de l'organisme

Les tissus se répartissent en 4 grandes familles :

A) Les tissus épithéliaux : Selon leur fonction principale, il existe deux groupes :

- Epithéliums de revêtement
- Epithéliums glandulaires

B) Les tissus conjonctifs : Selon la composition biochimique et l'état physique de la substance fondamentale, on distingue 4 variétés de tissus conjonctifs :

- Les tissus conjonctifs proprement dits
- Le tissu sanguin
- Les tissus cartilagineux
- Les tissus osseux

C) Les tissus musculaires (strié squelettique, strié cardiaque, lisse)

D) Le tissu nerveux (central et périphérique)

3. Origine embryonnaire des tissus

Les tissus se développent à partir des trois feuilletts embryonnaires primitifs qui donnent naissance à tous les constituants de l'organisme (voir votre cours d'embryologie).

Ectoblaste : tissus épithéliaux + tissu nerveux

Mésoblaste : tissus épithéliaux + tissus conjonctifs+ tissu musculaires

Endoblaste : tissus épithéliaux

Les épithéliums

1. Définition

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

- C'est un tissu **avascularisé** (ne contient pas de vaisseaux sanguins), il se nourrit grâce à la diffusion de substances provenant de tissu conjonctif voisin (le chorion) qui lui sert de support.
- Les cellules épithéliales sont **polarisées** : **pôle basal** orienté vers la membrane basale et le tissu conjonctif sous-jacent et un **pôle apical** forme l'extrémité cellulaire fait face à la lumière de l'organe ou vers le milieu extérieur.
- Tous les épithéliums reposent sur une membrane basale ou **lame basale** qui sépare les cellules épithéliales du tissu conjonctif voisin.

Les cellules épithéliales possèdent des formes et des dimensions très variées.

Les épithéliums ont deux types de fonctions principales :

- Ils forment le revêtement des cavités de l'organisme ainsi que la surface du corps. Ce sont les **épithéliums de revêtement**.
- Ils constituent des éléments glandulaires qui peuvent être soit regroupés en organes (glandes salivaires, foie, glandes endocrines), soit associés à un épithélium de revêtement (glandes de la muqueuse digestive ou respiratoire) soit éléments unicellulaires dans un épithélium de revêtement (cellules caliciformes). Ce sont les **épithéliums glandulaires**.

1.1. Les épithéliums de revêtement

"Le **tissu épithélial de revêtement** est formé de cellules étroitement juxtaposées et jointives recouvrant l'extérieur du corps et les cavités de l'organisme."

L'organisme est entièrement limité par le revêtement cutané (peau) qui constitue une interface entre le monde extérieur et le milieu intérieur. Cet épithélium de revêtement est l'épiderme.

Les cavités de l'organisme sont de différents types :

- Les cavités, prolongements de l'extérieur (voies aériennes, tube digestif, voies urinaires et voies génitales). Ces épithéliums de revêtement portent le nom d'épithélium.

- Les cavités closes (cavités cardiaques et vasculaires) dont les épithéliums de revêtement sont des endothéliums
- Les cavités coelomiques (cavités pleurale, péritonéale et péricardique). Les épithéliums correspondants sont des mésothéliums (fig.27).

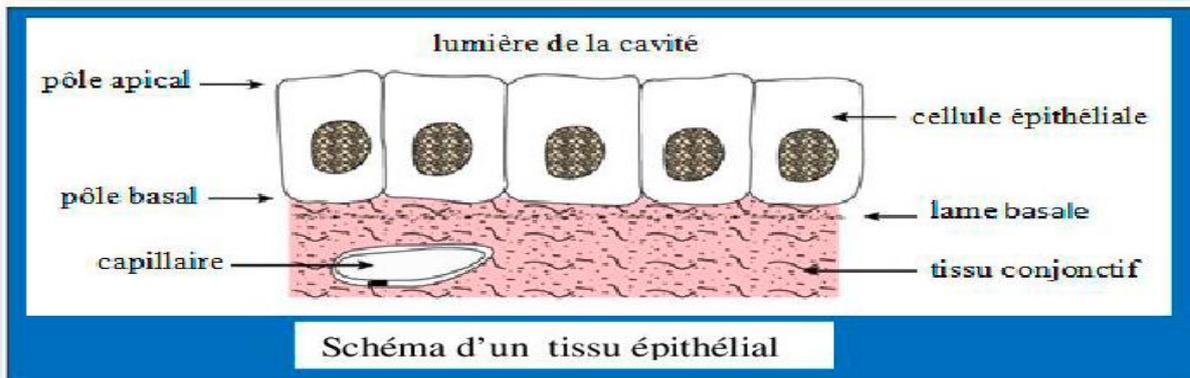


Figure 27 : Le tissu épithélial de revêtement

1.2 Classification des épithéliums de revêtement

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

- le nombre de couches cellulaires
- la forme des cellules superficielles
- la différenciation de certaines cellules

1. la forme de la cellule

On distingue les épithéliums pavimenteux (les cellules les plus superficielles sont aplaties, plus larges que hautes), cubiques (les cellules les plus superficielles sont aussi larges que hautes) prismatiques - ou cylindriques - (les cellules les plus superficielles sont plus hautes que larges) (fig.28).

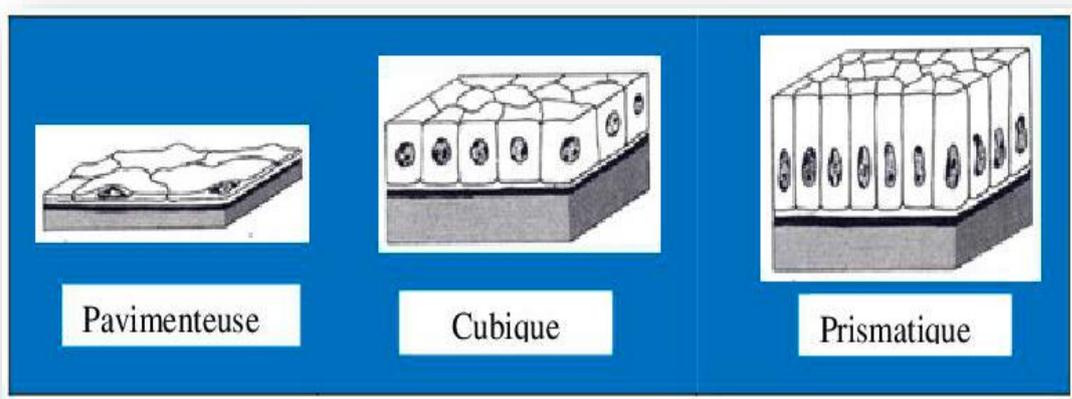


Figure 28 : Classification du tissu épithélial de revêtement selon la forme

2. Le nombre de couche

Les épithéliums simples (ne possédant qu'une seule couche de cellules), stratifiés (possédant plusieurs couches de cellules) et pseudo-stratifiés (paraissant présenter plusieurs couches de cellules, mais en réalité le pôle basal de toutes les cellules repose sur la membrane basale).

Certains épithéliums particuliers échappent à cette classification C'est le cas de l'épithélium interne de la capsule de Bowman du glomérule rénal, de l'épithélium des tubes séminifères du testicule, de l'épithélium des voies urinaires excrétrices (dit épithélium polymorphe ou urothélium (fig.29).

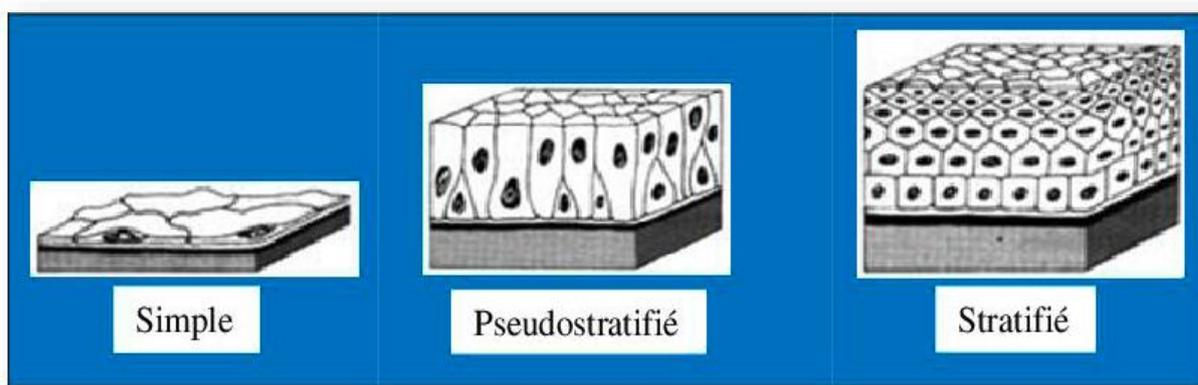


Figure 29 : Classification du tissu épithélial de revêtement selon le nombre de couche

3. La spécialisation apicale

Le plateau strié, situé au pôle apical des entérocytes de l'épithélium intestinal, est constituée par un grand nombre de microvillosités rectilignes de même calibre ($0,1\mu\text{m}$), de même longueur (1 à $2\mu\text{m}$), disposées parallèlement de façon très ordonnée. Cette ensemble est appelé glycocalyx qui est bien visible en ME. Ce dispositif augmente considérablement la surface membranaire du pôle apical de la cellule et, de ce fait, joue un rôle considérable dans les phénomènes d'absorption.

Les microvillosités du plateau strié contiennent en leur centre un important faisceau de microfilaments parallèles d'actine.

Les stéréocils correspondent à des microvillosités longues et flexueuses ; les microfilaments centraux ne sont pas organisés. Ainsi, les stéréocils, parallèles à leur base, deviennent très sinueux et entremêlés à leur extrémité distale. Les cellules à stéréocils les plus typiques sont celles du canal épидidymaire et du canal déférent. Les cils sont surtout présents au niveau de l'épithélium des voies respiratoires et de l'épithélium de certains segments des voies génitales (trompes utérines chez la femme). L'appareil ciliaire proprement dit, c'est une expansion cytoplasmique en doigt de gant limitée par la membrane plasmique de la cellule et contenant 9 paires de microtubules périphériques et paire de microtubules centraux. Les cils sont vibratiles et permettent à certains épithéliums de mettre en mouvement les éléments du contenu de la cavité qu'ils bordent

La présence de kératinisation ou non : dans les épithéliums stratifiés (fig.30).

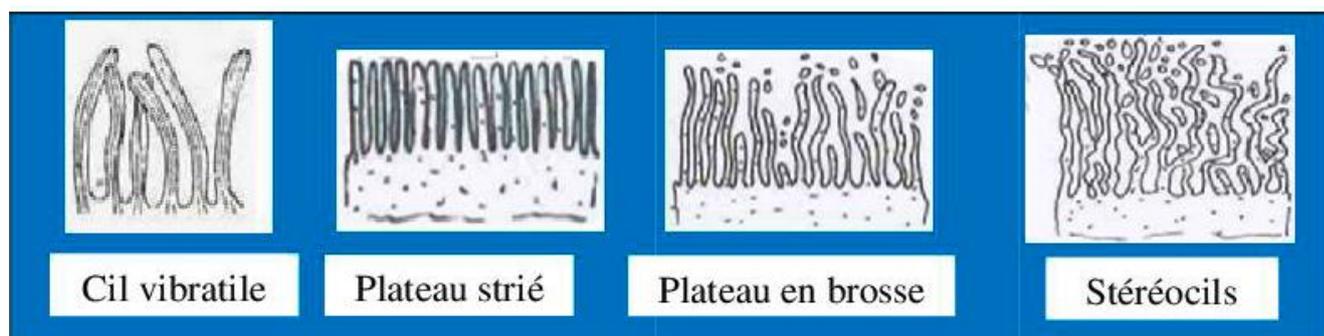


Figure 30 : Classification du tissu épithélial de revêtement selon sa spécialisation apicale

4. La présence de cellules particulière

Parfois l'épithélium abrite des cellules qui ont une fonction de sécrétion ou métabolique ; et non pas de limitation de surface : on distingue

La cellules caliciforme ; qui a une forme en calice et son pôle apicale est ouvert rempli de sécrétion de Mucus (Ep respiratoire)

Les cellules à pôle muqueux fermé ; ce sont des cellules qui ont une fonction de sécrétion mais leurs pôle est fermé.

1.3 Fonction de l'épithélium

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

- **Protection** : vis à vis du milieu extérieur qui peut être mécanique grâce à la cohésion des cellules entre elles. Les épithéliums stratifiés surtout quand ils sont kératinisés et le mucus synthétisé par les cellules épithéliales (estomac) confèrent tout deux une protection chimique à l'épithélium.
- **Absorption** : notamment au niveau de l'intestin où les différenciations apicales augmentent la surface d'échange ;
- **Mouvements** : des structures de surface grâce à la présence de cils vibratiles ;
- **Echanges** : la présence de plateau strié, de microvillosités banales ou stéréocils (différent de cils car sont non mobiles) permettent à certaines cellules épithéliales de multiplier leur surface de contact (exemple tube contourné proximal du rein (filtration du sang) et l'endothélium des capillaires sanguins (échanges gazeux).
- **Réception de messages sensoriels** par l'intermédiaire des différenciations apicales des cellules auditives, des cellules gustatives...
- **Rôle de renouvellement** : grâce aux cellules souches caractérisées par leur état indifférencié, leur durée de vie longue et leur capacité de division.

1.4 Les différents types d'épithéliums de revêtement

1.4.1 Les épithéliums de revêtement simples (unistratifiés)

On en distingue trois types :

- Epithélium pavimenteux simple : exemple : épithélium postérieur de la cornée
- Epithélium cubique simple : épithélium du tube urinaire
- Epithélium prismatique simple : peut être sans différenciation apicale, cilié, à plateau strié ou bordure en brosse, à stéréocils. Exemple épithélium gastrique ; épithélium intestinal (**fig. 31**).

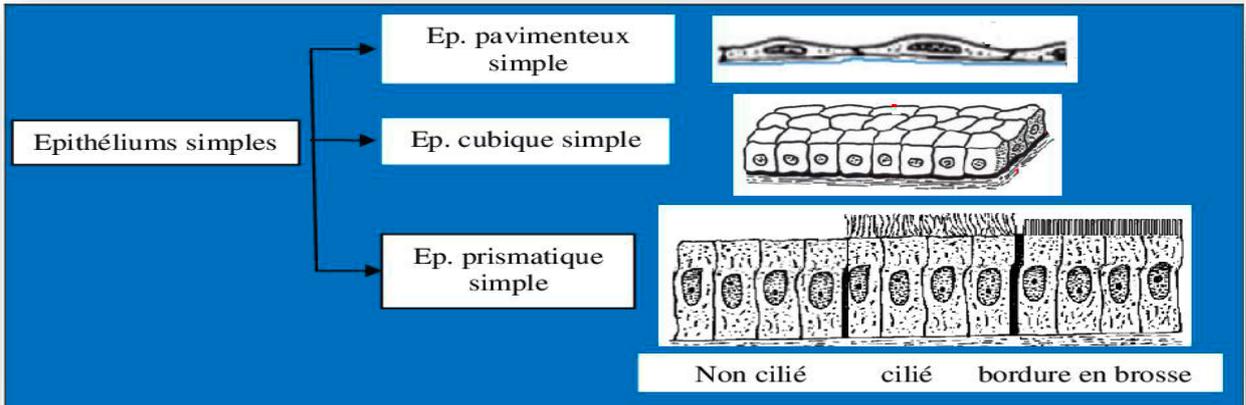


Figure 31 : Les épithéliums de revêtement simples (unistratifiés)

1.4. 2 Les épithéliums de revêtement pseudostratifiés

- **Épithéliums pseudostratifiés prismatique (respiratoire)**

Peut-être : non cilié, cilié, avec stéréocils. Exemple : l'épithélium respiratoire qui est un épithélium pseudo-stratifié cilié à cellules à mucus.

- **Épithéliums pseudostratifiés polymorphe (urinaire)**
- Cet épithélium est dit polymorphe (de transition) car il modifie sa morphologie suivant le degré de distension de l'organe. Exemple : les voies excrétrices urinaires (bassinets, uretères et vessie) (fig. 32).

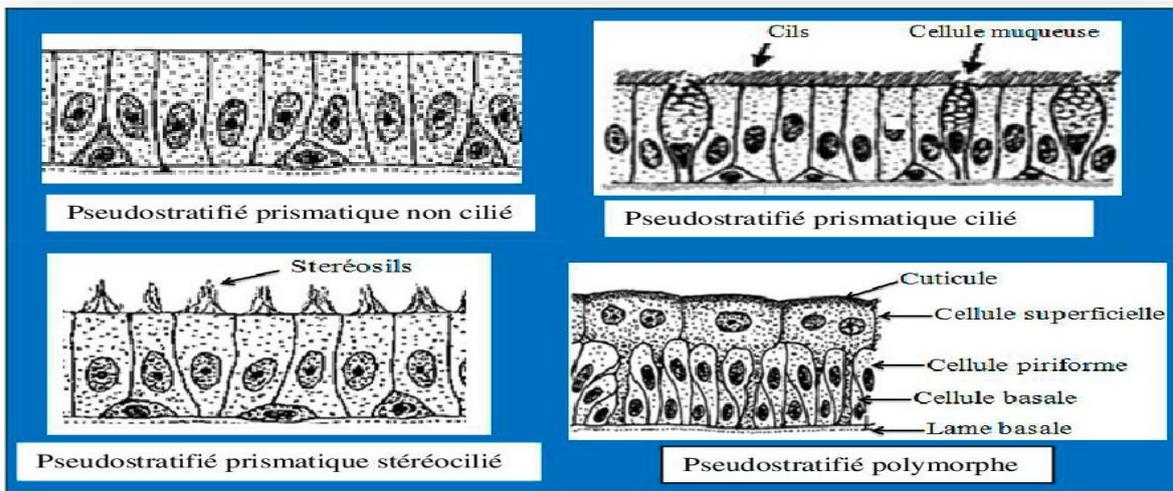


Figure 32 : Les épithéliums de revêtement pseudostratifiés

1.4. 2 Les épithéliums de revêtement stratifiés (pluristratifiés)

On distingue trois types d'épithéliums stratifiés selon la forme de cellules superficielles.

❖ Epithéliums pavimenteux stratifiés (épithélium malpighien)

Ce sont les plus répandus, il existe deux variétés : kératinisé et non kératinisé.

Epithéliums pavimenteux stratifié kératinisé :

Les cellules des couches superficielles sont mortes et remplies de kératine.

Exemple : l'épithélium de la peau (l'épiderme).

Epithéliums pavimenteux stratifié non kératinisé :

Tapisse les surfaces qui demeurent humides. Exemple : l'épithélium vaginal.

❖ Epithéliums cubique stratifiés

Il est formé de deux ou plusieurs couches de cellules cubiques. Il borde les canaux excréteurs de petites glandes. Exemple : l'épithélium des canaux excréteurs des glandes sudoripares.

❖ Epithéliums prismatique stratifiés :

Il est formé de deux couches profondes de cellules cubiques et couche superficielle de cellules cylindriques. Ce type d'épithélium se rencontre dans les larges canaux excréteurs des glandes.

Exemple : l'épithélium de l'urètre membraneux (**fig. 33**).

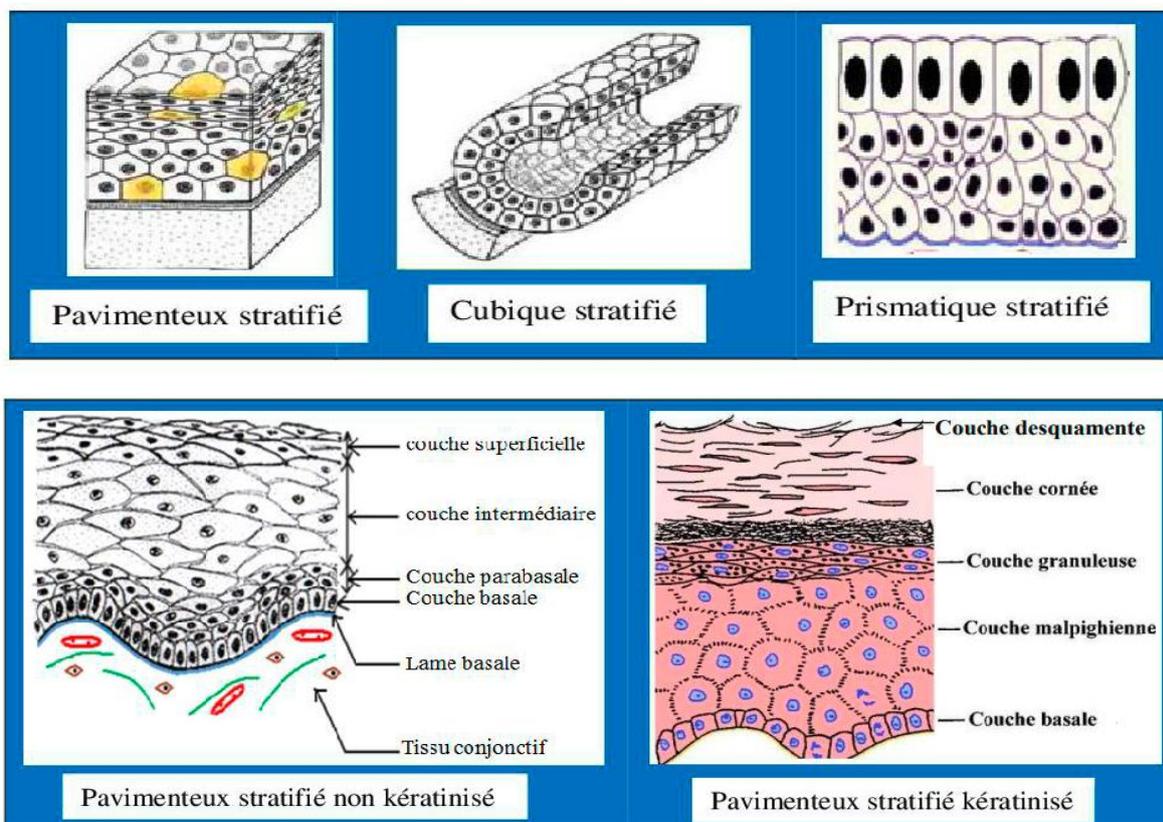


Figure 33 : Les épithéliums de revêtement stratifiés (pluristratifiés)

1.5 Renouveaulement des épithéliums

- Le renouvellement complet des épithéliums se fait de façon plus ou moins rapide suivant leur localisation : l'épithélium intestinal (épithélium prismatic simple à plateau strié) est la structure qui se renouvelle plus vite dans l'organisme (2 jours). Son renouvellement s'effectue à partir d'une zone germinative située à la base des villosités
- Pour les épithéliums stratifiés, ce sont les cellules de la couche basale qui permettent le renouvellement en se divisant activement : elles repoussent vers la surface les cellules plus anciennes situées dans les couches sous-jacentes. La maturation des cellules s'effectue donc de la profondeur vers la surface.
- Dans d'autres épithéliums comme l'épithélium prismatic simple de l'épididyme, il existe de petites cellules de remplacement reposant sur la lame basale mais n'atteignant pas la lumière.

1.2. Les épithéliums glandulaires

Comme les épithéliums de revêtement, les épithéliums glandulaires sont faits de cellules épithéliales étroitement juxtaposées et jointives.

Ils se caractérisent par 2 points essentiels :

1) elles sont spécialisées dans la sécrétion et 2) sauf exceptions, elles sont groupées en amas de forme et de volume variés.

Il existe 2 voies intracellulaires de sécrétion : la voie **constitutive** et la voie **régulée** :

- La voie de sécrétion **constitutive** est commune à toutes les cellules de l'organisme caractérisé par un flux constant.
- La voie de sécrétion **régulée** est propre aux cellules sécrétrices et déclenchée par un signal ; il ya des cellules non épithélial et qui sont sécrétrice comme : cellules des tissus conjonctifs et cellules du tissu nerveux

On appelle cellules glandulaires, les cellules sécrétrices de nature épithéliale.

1. Ces cellules glandulaires peuvent être isolées dans un épithélium de revêtement (cellules muqueuses caliciformes, cellules neuroendocrines).

2. ou groupées en amas plus ou moins volumineux qui portent le nom de glandes où les cellules sont étroitement juxtaposées et jointives, formant des épithéliums glandulaires.

1.2.1 Classification

Les glandes peuvent être classées selon plusieurs critères. On distingue ainsi :

1.2.1.1 Selon le lieu de sécrétion

On distingue :

- Les **glandes exocrines** : les produits de sécrétion sont libérés à la surface de l'organisme ou dans la lumière d'un organe creux par l'intermédiaire d'un canal excréteur.
Ex : glandes sébacées, glandes sudoripares, glandes mammaires
- Les **glandes endocrines** : les produits de sécrétion sont déversés directement dans la circulation sanguine ou la lymphe (absence d'un canal excréteur).
Ex : thyroïde, antéhypophyse, surrénales
- Les **glandes amphicrines** qui présentent une structure à la fois exocrine et endocrine (**fig. 34**).
Ex : foie, pancréas.

1.2.1.2 Selon les modalités d'excrétion

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

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

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

c. Glande holocrine : c'est la cellule entière qui est le produit d'excrétion. La cellule glandulaire accumule son produit de sécrétion, dégénère et se fond avec lui dans le produit excrété, il y a donc ici une perte de toute la cellule. Cette modalité d'excrétion s'observe au niveau des glandes sébacées (**fig. 34**).

1.2.1.3. Selon la nature du produit de sécrétion

a. Glande séreuse :

Produisent des **protéines enzymatiques** (amylases salivaires). Les cellules des acini sont pyramidales et limitent une lumière à peine visible. Le noyau des cellules est arrondi et parabasal.

b. Glande muqueuse

Produisent du **mucus** (gl œsophagiennes). 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).

1.2.1.4. Selon la morphologie de la glande exocrine

a. Selon la complexité du canal excréteur :

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

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

- **Tubuleuse** : les cellules sécrétrices forment ensemble une structure de forme d'un tube allongé, soit droit (glande intestinale) ou contourné (glande sudoripare) ou ramifié (glande gastrique).

- **Alvéolaire** : les cellules sécrétrices forment ensemble une structure de forme sphérique à lumière importante (glande sébacée).

- **Acineuse** : la portion sécrétrice a la forme d'un petit sac arrondi à lumière réduite.

- **Tubulo-alvéolaire** : glande composée contenant des unités sécrétrices des deux formes. Les éléments alvéolaires qui communiquent les uns avec les autres et constituent des chaînes d'alvéoles dont l'aspect général est vaguement tubulaire, exemple : la prostate (**fig. 34**).

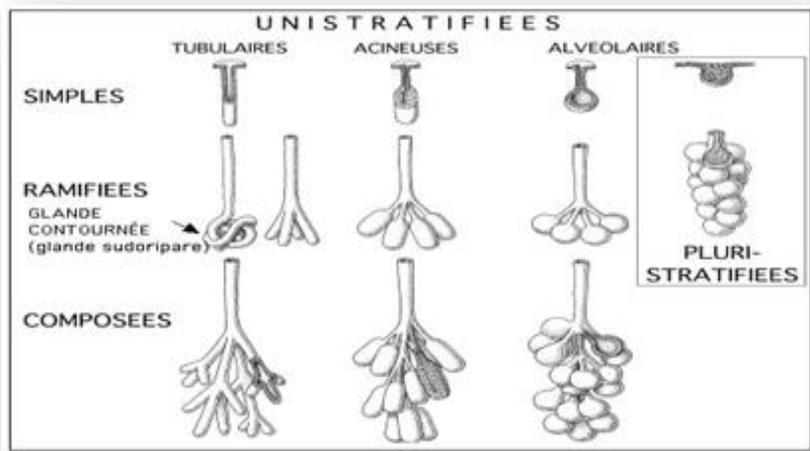
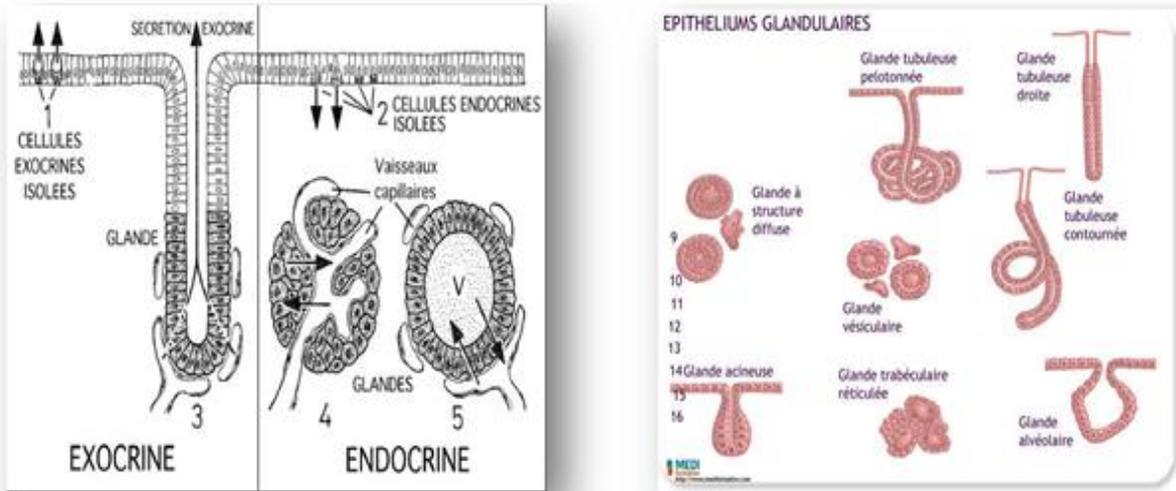


Figure 34 : Classification des glandes selon le lieu de sécrétion, les modalités d'excrétion, la nature du produit de sécrétion et la morphologie de la glande exocrine

Le tissu conjonctif

1. Généralités

Le tissu conjonctif non spécialisé (nommé tissu conjonctif) est présent dans la totalité des organes, avec toutefois des variations qualitatives et quantitatives majeures d'un organe à l'autre. Le cerveau par exemple est très pauvre en tissu conjonctif alors que le muscle est riche en TC. Le terme de tissu conjonctif désigne les tissus conjonctifs communs, non spécialisés. Il n'inclut pas les tissus conjonctifs spécialisés c'est-à-dire : le tissu adipeux, le tissu osseux et le tissu cartilagineux.

Le tissu conjonctif est constitué de cellules dispersées au sein d'une matrice extracellulaire (MEC) ; les cellules conjonctives sont au contact direct vaisseau (sanguins et lymphatiques) et de nerfs.

Selon sa localisation et son sous-type, le tissu conjonctif assure 3 fonctions principales :

- Une fonction de soutien et de cohésion, liée à sa richesse en fibres ;
- Une fonction nutritive et d'échanges, liés à sa richesse en matrice extracellulaire et en vaisseaux ;
- Une fonction de défense, liée à la présence de cellules immune dites de passage.

2. Composition

Les tissus conjonctifs sont formés de trois composantes :

- Des **cellules** séparées les unes des autres
- Des **fibres** protéiques (fibre de collagène, réticulaire et élastique)
- Une **substance fondamentale** (liquide ou solide) qui baigne l'ensemble, faite d'eau, de molécules dissoutes, de macromolécules, les protéoglycanes, les glycoprotéines de structure

3. Les cellules du tissu conjonctif

3.1 Les cellules fixes : (Blaste = cellule en croissance. cyte = phase quiescente de la cellule)

a- **Les cellules mésenchymateuses** ou cellules souches, qui se différencient en plusieurs types de cellules de soutien (fibroblastes, adipocytes, chondroblastes et ostéoblastes...) Ces cellules sont fusiformes ou étoilées et possèdent un gros noyau

b- **Les fibroblastes** : produisent les fibres de la matrice extracellulaire. Ce sont les cellules les plus nombreuses du tissu conjonctif ordinaire. Les fibroblastes ont une forme irrégulière et leur cytoplasme est tellement pâle qu'on n'en voit souvent que le noyau ovoïde. Leurs principales

sécrétions sont le procollagène, la proélastine, et des glycosaminoglycanes et protéoglycanes incorporés à la substance amorphe.

c- **Les Macrophages** : sont des grandes cellules en formes irrégulières, ramifiées. Elles sont des phagocytes dérivés des monocytes.

d- **Les Mastocytes** sont des cellules qui sécrètent l’histamine (substance qui dilate les petits vaisseaux sanguins durant les inflammations.) Ces cellules sont fusiformes avec un noyau granuleux.

e- **Les Adipocytes** : accumulent du gras. Les cellules sont rondes ou ovales, le noyau et le cytoplasme sont périphériques. Le cytoplasme est clair car la graisse se dissout durant la préparation.

f- **Les chondroblastes et les chondrocytes** sont présents dans les cartilages.

g- **Les ostéoblastes et les ostéocytes** sont présents dans les os.

3.2 Les cellules libres (Les globules blancs)

a- **Les lymphocytes** : sont à l’origine des réponses immunitaires spécifiques. Elles sont rondes et possèdent des grands noyaux ovoïdes.

b- **Les plasmocytes** : grosses cellules rondes, au noyau excentré contenant une chromatine condensée souvent périphérique, et au cytoplasme basophile abondant. Elles dérivent des lymphocytes et sécrètent des immunoglobulines.

c- **Les monocytes circulants**

d- **Les polynucléaires** :

- Les neutrophiles sont très importants dans la réponse inflammatoire aiguë
- Les basophiles sont les précurseurs des mastocyte
- Les éosinophiles augmentent dans les infestations parasitaires et dans les allergies

3.2 Substance fondamentale

La substance fondamentale n'a pas de forme. Elle peut exister à l'état aqueux, le fluide intercellulaire, ou à l'état de gel visqueux semi-fluide. Elle provient surtout des capillaires artériels et sa composition ressemble à celle du plasma, avec des variations biochimiques locales. Elle permet la diffusion de l’oxygène et des molécules dissoutes dans l’eau. Elle est faite d’eau, de molécules dissoutes, de macromolécules, les protéoglycanes, des glycoprotéines de structure et des protéines de liaison.

La substance fondamentale joue plusieurs rôles :

- un filtre moléculaire qui stoppe l’étendue de substances nocives

- rôle important dans la nutrition cellulaire et l'élimination des déchets
- rôle vital dans le vieillissement car elle diminue avec l'âge.

3.3 Les fibres du tissu conjonctif

Trois types de fibres procurent force et soutien aux tissus. Les Fibres sont formées de protéines fibrillaires sécrétées par des cellules du tissu conjonctif, principalement par des fibroblastes. Elles peuvent être sécrétées par des cellules épithéliales ou par des muscles lisses.

a- Les fibres de collagène (1 à 12 micromètre) : donnent au tissu sa résistance. Ces fibres sont les plus communes, elles sont flexibles et résistent aux forces de tension dans les tissus. On connaît 19 types de collagène différents. Les fibroblastes synthétisent des molécules de procollagène qu'ils sécrètent à leur surface, où elles sont converties en molécules de tropocollagène qui s'assemblent en fibrilles de collagène, ces dernières s'apposent pour finalement former les fibres de collagène, qui peuvent atteindre jusqu'à 10µm de diamètre et qui ne sont pas embranchées

b- Les fibres réticulaires (fibres de réticuline) : sont composées de la protéine **collagène** mais contiennent davantage de carbohydrates que les fibres collagéniques mêmes (**type III collagène**). Ce sont de fines fibres embranchées qui forment des réseaux délicats ; elles jouent un rôle de soutien léger, par exemple en association avec des capillaires, fibres nerveuses ou musculaires, glandes et organes lymphatiques.

c- Les fibres élastiques : (0,2 à 2 micromètre) Elles sont composées d'une protéine appelée élastine, ces fibres se ramifient et se rejoignent. Elles confèrent la force et peuvent être étirées sans se déchirer, permettent la dilatation et l'expansion. Elles se rétractent après étirement. Elles sont présentes dans différentes régions tel que les poumons, les ligaments, les tendons, les vaisseaux, les cartilages et le derme de la peau, les artères élastiques (**fig.35**).

4. Classification

Il existe catégorie du tissu conjonctif non spécialisé : le TC lâche, le tissu conjonctif réticulaire, TC dense et le TC élastique. La classification des tissus conjonctifs non spécialisations est basée sur 2 critère :

- la richesse relative en fibres par rapport à la richesse en cellules et en substance fondamentale ;
- la nature des fibres.

4.1 Le tissu conjonctif lâche : c'est le tissu conjonctif le plus répandu dans l'organisme. Il est relativement pauvre en fibres comparés aux tissus conjonctifs denses. En revanche il est

riche en cellules et /ou en substance fondamentale. Par ailleurs il est richement vascularisé. Il exerce principalement des fonctions de défense immunitaire, de soutien nutritif et métabolique et de soutien mécanique. On retient 4 principaux types de TC lâche :

- **les TC sous-jacent aux épithéliums de revêtement** ; le derme et l'hypoderme au niveau de la peau et le chorion au niveau des muqueuses ;
- le **TC de la paroi des veines et des artères** de faible calibre ;
- le tissu conjonctif **associé aux nerfs** périphérique et aux muscles ;
- le **TC du parenchyme des organes pleins** et qui est nommé stroma conjonctif ;

Tous les organes pleins comme le rein et le foie ou le pancréas contiennent un abondant tissu conjonctif qui remplit les interstices entre cellules et assure la cohésion de l'organe. On peut dire que le parenchyme des organes pleins est constitué de cellules spécialisées et d'un stroma conjonctif. Une exception à cette règle : le parenchyme du système nerveux central.

4.2 Le tissu conjonctif réticulaire ou réticulé : est pauvre en fibres et ses fibres sont exclusivement des fibres de réticuline (fibres plus fines que le collagène, car composées de fibrilles de collagène de type 3, et assemblés en fibres par les fibroblastes). Il est présent dans le parenchyme **des organes hématopoïétiques** suivant : rate et ganglions lymphatiques. Le TC réticulaire est également présent dans la moelle osseuse mais il est absent du thymus. En fin, on le trouve dans le parenchyme hépatique. Il faut noter que dans le foie, la rate et les ganglions lymphatiques du tissu conjonctif **dense** forme une capsule externe et des parois internes délimitant des lobules.

Remarque : le collagène est une famille de protéines, le plus souvent présente sous forme fibrillaires. Elle est présente dans la matrice extracellulaire des organismes animaux. Ces protéines ont pour fonction de conférer aux tissus une résistance mécanique à l'étirement.

Contrairement à l'élastine présente aussi dans les tissus conjonctifs, le collagène est inextensible et résiste bien à la traction. Il existe différents types de collagène selon l'organe considéré. Il est notamment indispensable aux processus de cicatrisation.

4.2 Le tissu conjonctif dense (ou fibreux) :

Est riche en fibres et pauvre en cellules et substance fondamentale. Les fibres de collagène occupent l'essentiel du volume des tissus conjonctifs denses et leur confèrent des propriétés de résistance mécanique (résistance à la traction). Lorsque les fibres de collagène sont orientées en faisceaux parallèles on parle de tissu conjonctif dense orienté. Ce tissu conjonctif est observé au niveau des tendons, des ligaments et de la cornée. La vascularisation y est très pauvre ce qui limite les capacités de cicatrisation de ces tissus.

Lorsque les fibres de collagène ne sont pas orientées de manière ordonnée, on parle de **tissu conjonctif dense non orienté**. Ce tissu conjonctif est observé au niveau des parois conjonctives délimitant les organes pleins (dont le foie), dans les capsules articulaires et au pourtour de l'os (périoste) (**fig.36**).

4.3 le tissu conjonctif élastique :

Certains auteurs le considèrent comme une variété de TC dense comprenant des fibres de collagène et des fibres d'élastine. Ces fibres élastiques s'organisent et se regroupent fréquemment sous formes de lames élastiques. On observe essentiellement ce type de TC au niveau de la paroi des artères de gros calibre tel que l'aorte (rappel : la paroi des artères de faible calibre et des veines est essentiellement formée de tissu conjonctif lâche) (**fig.37**).

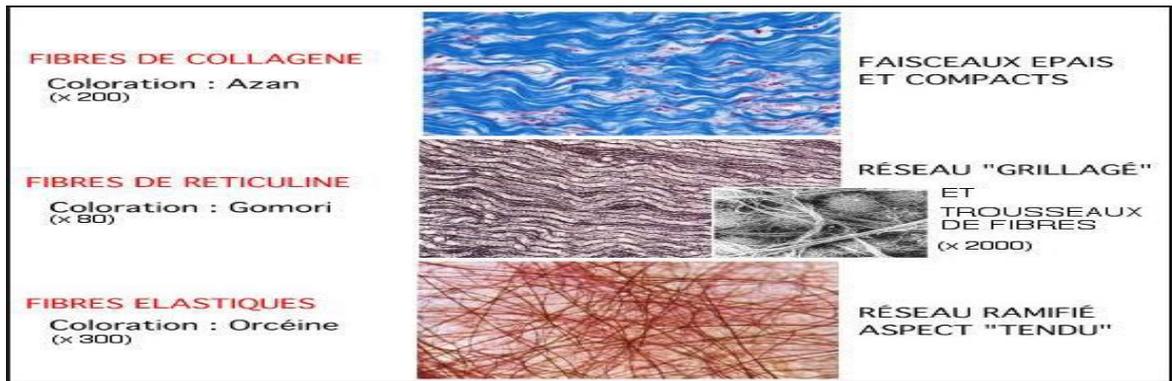


Figure 35 : Différents types de tissu conjonctif

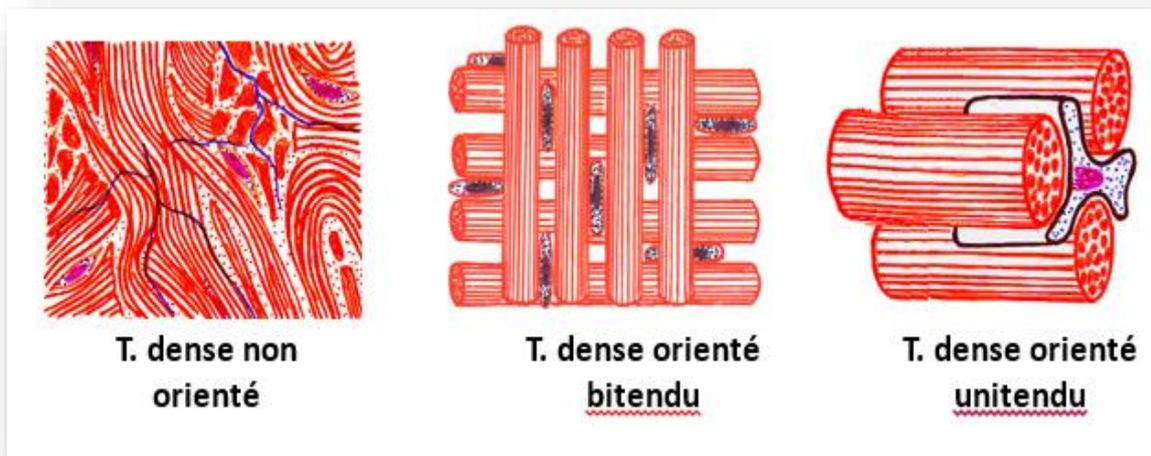


Figure 36 : Différents types de tissu conjonctif dense

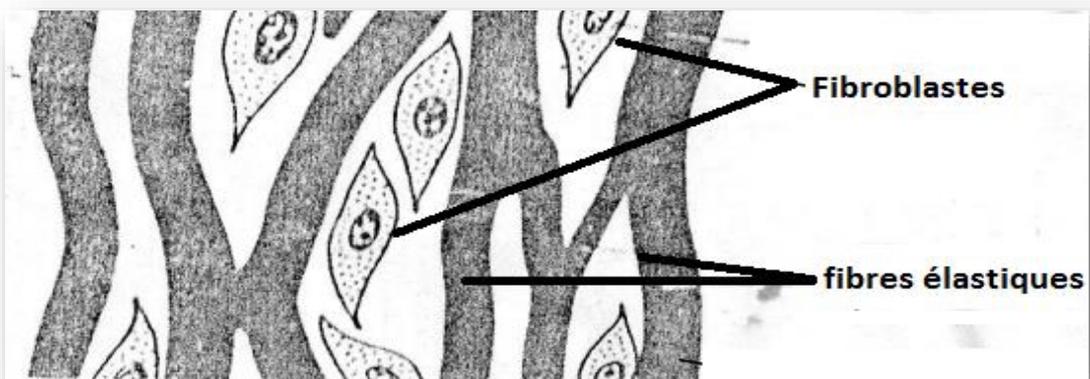


Figure 37 : Tissu conjonctif élastique

Le tissu sanguin

1. Introduction

Le sang est constitué de cellule ou élément figurés (globules rouges, plaquettes et globules blancs), en suspension dans un liquide aqueux, le plasma. Il circule dans un système vasculaire clos, grâce à l'activité de la pompe cardiaque. Il représente environ 7 à 8 % du poids corporel avec un volume moyen de 5 litres.

- le sang constitue surtout un système de transport assurant :
- la distribution des substances nutritives à travers l'organisme
- le transport des déchets vers les organes à fonction excrétoire
- les échanges de chaleur entre le milieu interne et la surface corporelle
- l'acheminement des hormones vers les tissus cible et celui des molécules et des cellules de défense de l'organisme.

2. Composition du plasma

Le plasma représente environ 54% du volume sanguin. Le plasma est une solution aqueuse de substance organique et inorganique. Ces constituants fonctionnels sont essentiellement des protéines, (de transport, de défense, facteurs de coagulation, enzymes, ect).

On y trouve des éléments nutritifs (glucose, acides aminés, acides gras,...), des produits de déchets du métabolisme cellulaire (urée, acide urique, bilirubine,...) des éléments minéraux (ion et oligo-éléments) et des hormones.

3. Les éléments figurés

Seuls les globules rouges et les plaquettes sont des cellules sanguines proprement dites. Les globules blancs utilisent le sang comme moyen de transport depuis la moelle osseuse, où ils exercent leurs fonctions.

3.1 Globules rouges

Les globules rouges ou érythrocytes ou hématies sont des cellules dépourvues de noyau et d'organites cytoplasmiques mais renferment l'hémoglobine. Ils ont forme d'un disque biconcave dont le diamètre est de 7.5 μm et dont l'épaisseur maximale est de 1.9 μm . Leur nombre de 5 à 5.4 millions/ml de sang chez l'homme et 4.5 à 4.8 millions chez la femme. Ils sont déformables grâce à la plasticité du cytosquelette, qui leur permet de s'adapter aux contraintes mécaniques importantes subies au cours de leur transit dans les capillaires.

L'érythropoïèse se produit dans la moelle osseuse à partir de cellules souches qui se différencient pour aboutir à la formation des hématies. L'érythropoïèse nécessite des nutriments

tels que des acides aminés, des glucides, des lipides, du fer, de l'acide folique des vitamines B12.

La durée de vie des globules rouges est limitée à 120 jours. Elles meurent par vieillissement (car elle ne possède pas de noyau). Il se produit alors, une hémolyse : destruction des hématies. Cette hémolyse est réalisée par les macrophages qui se trouvent dans le foie, la rate, la moelle osseuse et les ganglions lymphatiques.

La fonction principale des globules rouges est le transport de l'oxygène aux tissus et le CO² aux poumons (**fig.38**).

3.2 Plaquettes sanguines

Les plaquettes sanguines ou thrombocytes, sont de petits éléments anucléés provenant de la fragmentation du cytoplasme des mégacaryocytes, cellules géantes de la moelle hématopoïétique. Leur nombre est de 150000 à 300000 par mm³. Ils jouent un rôle primordial dans l'hémostase (l'arrêt de l'hémorragie) en formant le clou plaquettaire. Dans un frottis, les plaquettes ont l'aspect de petits corpuscules rond ou ovales. Leur diamètre est compris entre 2 et 4 µm et leur épaisseur entre 0.5 et 1µm.

En ME, les plaquettes ont la forme de petits disques biconvexes, ronds ou ovales. Le cytoplasme contient des grains denses d'environ 300 nm, délimités par une membrane. La plupart des grains contiennent des activateurs de l'hémostase (**fig.38**).

3.3 Les globules blancs ou leucocytes

Les globules blancs constituent une famille polymorphe de cellules dont la fonction principale est la défense de l'organisme contre les agents microbiens.

Selon la présence ou l'absence de granules cytoplasmiques spécifiques, et selon la forme du noyau, on distingue :

Les polynucléaires ou granulocytes qui possèdent un noyau polylobé et des granulations spécifiques. Ils sont classés suivant les affinités tinctoriales de leurs granules en neutrophiles, éosinophiles et basophiles.

Les leucocytes mononucléaires et agranulaires : dépourvus de granulations spécifiques et ayant un noyau rond non lobulé ; ce sont les monocytes et les lymphocytes.

Dans le sang, le nombre de globules blancs varie entre 5000 et 9000 par mm³. Les proportions relatives des différents types de globules blancs constituent la formule leucocytaire :

- Polynucléaires neutrophiles : 55 à 60%
- Polynucléaires éosinophiles : 1 à 3%
- Polynucléaires basophiles : 0.1 à 0.7%

- Lymphocytes : 25 à 33%
- Monocytes : 3 à 7%

3.3.1 Polynucléaires ou granulocytes

a) Polynucléaires neutrophiles

Les polynucléaires neutrophiles sont les leucocytes les plus abondants. Ils ont un diamètre de 20 à 12 μm .

Dans un frottis coloré, le noyau est composé de plusieurs lobes dont le nombre augmente avec l'âge de la cellule. Le cytoplasme contient des petites granulations spécifiques qui contiennent des substances bactéricides et de la phosphatase alcaline (enzyme granulaire).

La fonction principale des neutrophiles est de phagocyter les bactéries et les débris cellulaires en les détruisant à l'aide de leurs enzymes granulaires. Ils n'agissent en général qu'une seule fois, puis ils dégèrent et meurent. Leur durée de vie est de quelques heures.

b) Polynucléaires éosinophiles

Les polynucléaires éosinophiles ont un diamètre compris entre 9 et 12 μm . Ils doivent leur nom à leurs gros granules spécifiques acidophiles et réfringents. Leur noyau est habituellement bilobé. Les éosinophiles interviennent dans les allergies et les infections parasitaires **en phagocytant et en détruisant les complexes antigène-anticorps.**

c) les basophiles

Ils sont un peu plus petits que les neutrophiles : leur diamètre est d'environ 10 μm . Leur noyau est moins segmenté que celui des autres granulocytes. Leur granulations spécifiques sont grasses (1.2 μm), et très basophiles de forme rondes ou ovale. μm . μm . Elles masquent le noyau. Ces granules contiennent de la peroxydase, de l'histamine qui augmente la perméabilité vasculaire, et de l'héparine, qui est un anticoagulant.

Les basophiles interviennent dans les crises d'allergie aiguës par la libération brusque et massive de toute substances chimiques qu'ils contiennent. Celles-ci sont à l'origine des symptômes cliniques liés à une crise d'allergie (**fig.38**).

4. Mononucléaires

4.1 Lymphocytes

Les lymphocytes sont les principales cellules du système immunitaire.

Ils sont caractérisés par un rapport nucléo-cytoplasmique élevé, un noyau rond, central et un cytoplasme d'une basophilie variable, due à la présence de ribosomes libres. Ils sont habituellement classés en petits (7 à 10 μm), moyens (10 à 12 μm) et grands (>12 μm).

Les petits lymphocytes sont à peine plus grands que les globules rouges. Leur noyau dense, souvent légèrement échancré, est composé de masse d'hétérochromatine qui cache le nucléole. Il est entouré par un mince liseré cytoplasmique, légèrement basophile, qui contient de nombreux organites cytoplasmiques. On trouve dans le sang une majorité de petits lymphocytes et quelques moyens lymphocytes.

4.2 Monocytes

Les monocytes sont les plus grandes cellules sanguines : leur diamètre varie entre 12 et 15 μm . Le noyau clair est excentrique, échancré ou réniforme, sa chromatine est diffuse et les nucléoles sont bien visibles.

Les monocytes migrent dans les tissus conjonctifs de divers organes où ils deviennent des macrophages. Ils peuvent y survivre pendant des mois et s'y multiplier (**fig.38**).

5. Hématopoïèse

L'hématopoïèse, ou production des cellules sanguines, se déroule dans les organes hématopoïétiques. Elle assure le maintien du nombre constant des cellules sanguines dont la durée courte.

Elle comprend des étapes multiplication, de de différenciation et de maturation cellulaires. L'hématopoïèse débute dès la vie intra-utérine dans le sac vitellin (réserve de matières nutritives présente au début de la vie utérine), puis successivement dans le foie et la rate.

A partir du 5^{ème} mois du développement embryonnaire, l'hématopoïèse commence dans la moelle osseuse à mesure que l'hématopoïèse hépatique et splénique diminue.

La moelle osseuse est un tissu conjonctif réticulé contenant de nombreux vaisseaux sanguins et un tissu hématopoïétique riche en cellules hématopoïétiques et en adipocytes. Les cellules hématopoïétiques appartiennent aux différentes lignées des cellules sanguines :

la lignée rouge qui produit les globules rouges

la lignée granulocytaire/ monocyttaire qui produit les granulocytes et les monocytes ;

la lignée thrombocytaire qui produit les plaquettes sanguines

la lignée lymphoïde, qui aboutit aux lymphocytes. Dans cette lignée, les lymphoblastes, quittent la moelle pour les organes lymphoïdes centraux dans lesquels ils se multiplient, se différencient et mûrissent.

The Elements of Blood

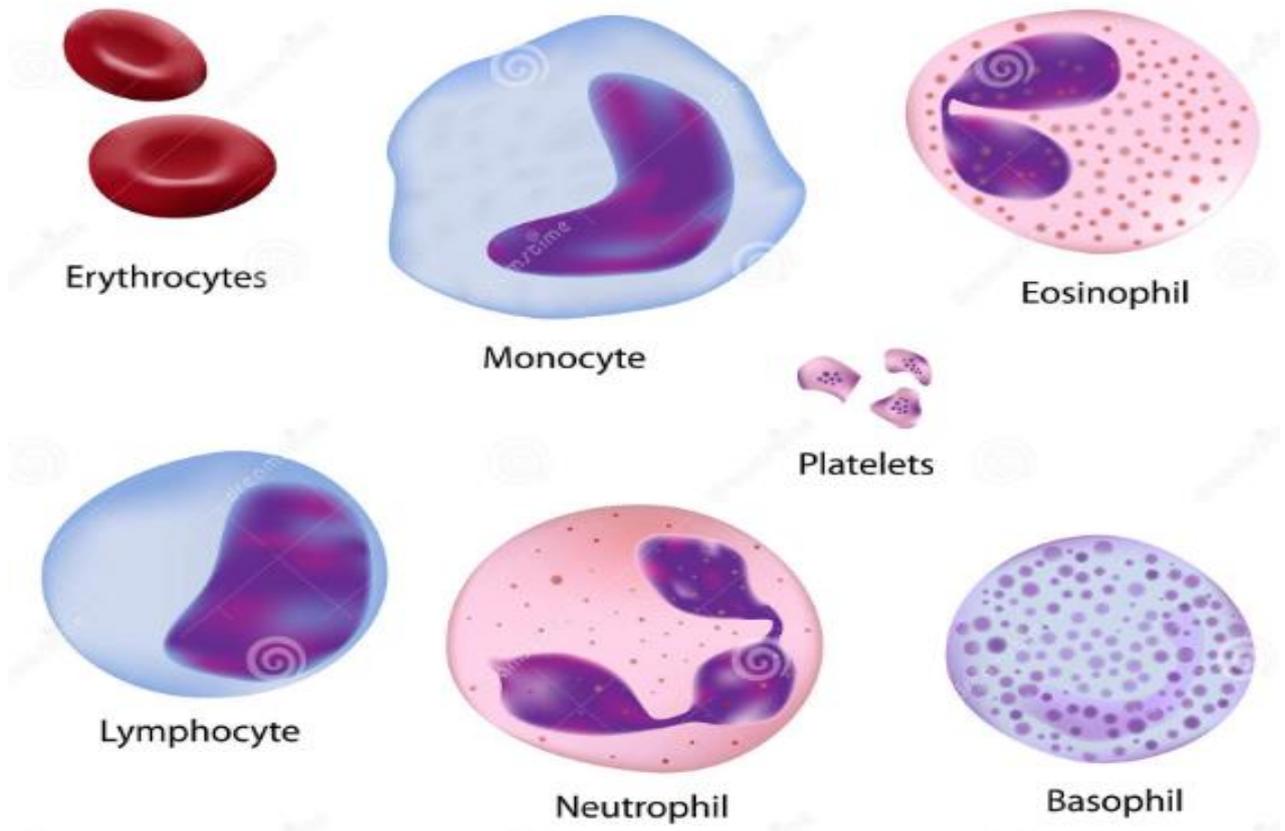


Figure 38 : Les éléments figurés du sang

Le tissu cartilagineux

Généralités

Le tissu cartilagineux est un tissu conjonctif qui est d'origine mésenchymateuse, il est constitué de cellules appelées les chondroblastes et les chondrocytes. Tissu élastique et solide, compact, translucide, déformable, non minéralisé.

Sert de support, facilite les mouvements et joue un rôle primordial dans l'ossification.

Est dépourvu de vascularisation et d'innervation. Sa localisation dépend de l'âge

- fœtus : constitue la plus grande partie du squelette
- Adulte : cartilage hyalin, élastique et fibrocartilage
- Maturité : cartilage de conjugaison

Les chondrocytes sont associés à des fibres et à une substance fondamentale. L'ensemble des fibres et de la substance fondamentale constitue la matrice extracellulaire du tissu cartilagineux. Le cartilage est entouré en dehors des surfaces articulaires d'une enveloppe conjonctive appelé péri-chondre.

Le tissu cartilagineux est composé de :

- Cellules appelées chondroblastes et chondrocytes
- Substance inter cellulaire fondamentale solide et élastique
- Des fibres

1. Les chondroblastes

Ce sont des cellules ovoïdes avec un noyau central avec une chromatine claire, et on retrouve un REG abondant, un appareil de Golgi proche du noyau (juxta-nucléaire), des vésicules et des vacuoles, des mitochondries, des ribosomes libres, des inclusions lipidiques et de glycogène. Ce sont des cellules jeunes et très actives.

2. Les chondrocytes

Ce sont des éléments plus matures présentant une morphologie sensiblement identique au chondroblaste. Les chondrocytes possèdent des organites cellulaires moins développés et ils sont moins actifs. Ils sont logés dans des cavités creusées dans la substance fondamentale appelées **chondroplastes (fig.39)**.

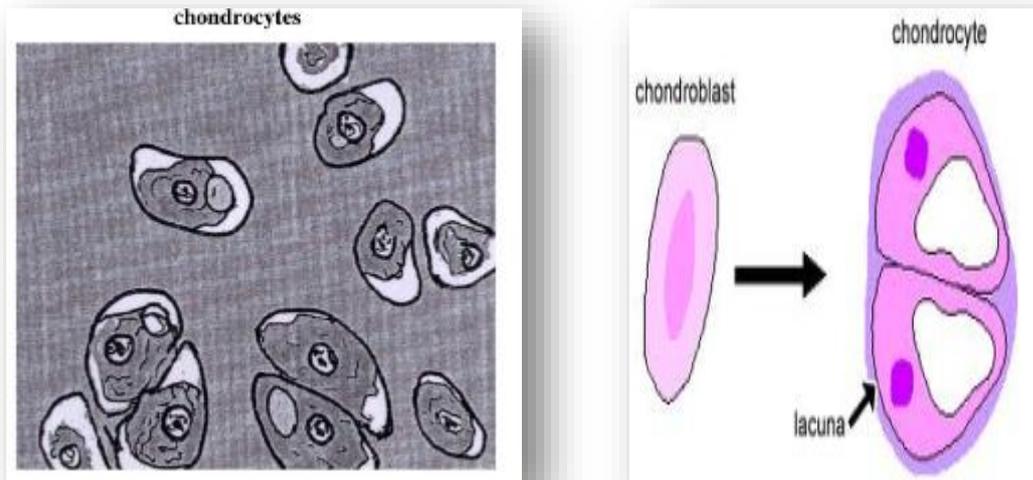


Figure 39 : Les chondrocytes

3. La substance fondamentale

Elle est homogène, translucide, de consistance visqueuse, résistante et élastique, elle enveloppe les cellules et la trame fibrillaire. La substance fondamentale comporte de l'eau, des sels minéraux, des protéoglycanes, des glycosaminoglycanes "**la chondroïtine sulfate**", des protéoglycanes.

Elle contient aussi des enzymes protéolytiques permettant la dégradation de la matrice au cours de son renouvellement.

4. Les fibres

Ce sont des fibres de collagènes (I, II, IX et XI) d'abondance variable noyées dans la substance fondamentale et se disposent volontiers de manière circulaire autour de plusieurs cellules cartilagineuses.

- Le collagène de type II se retrouve dans le cartilage hyalin
- Le collagène de type I se retrouve dans le fibro-cartilage
- Les fibres élastiques se retrouvent dans le cartilage élastique

5. Les variétés de tissu cartilagineux

3 variétés de tissu cartilagineux sont classés selon :

- La quantité de substance fondamentale
- L'abondance et la disposition de fibres de collagènes
- La présence de fibres élastiques.

De ce fait on distingue :

- Le Cartilage hyalin
- Le Cartilage élastique
- Le fibro-cartilage

5.1. Le cartilage hyalin

C'est le plus répandu et il est localisé au niveau des cartilages articulaires, des cartilages trachéo-bronchiques, de la cloison nasale, ainsi qu'au niveau des cartilages intercostaux. La matrice y contient différents types de collagène mais majoritairement du collagène type II (**fig.40**).

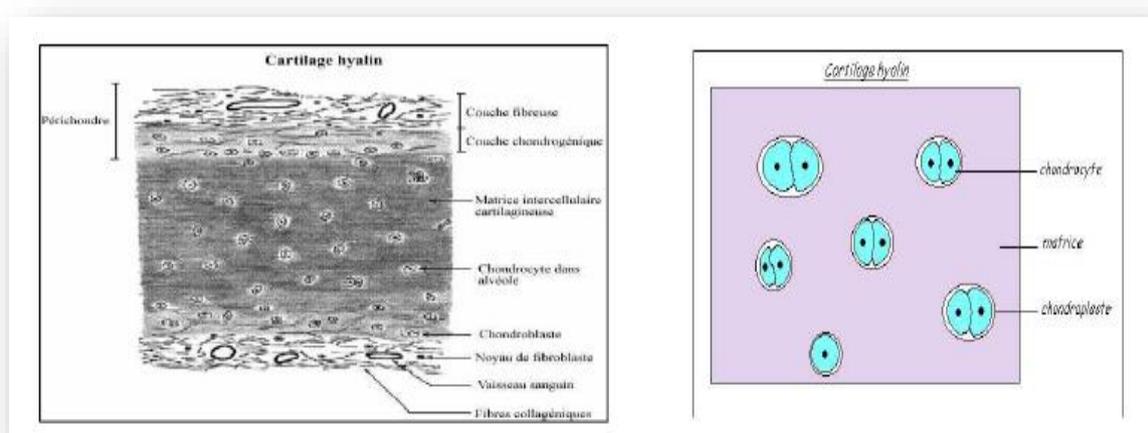


Figure 40 : Le cartilage hyalin

5.2. Le cartilage élastique

C'est un cartilage particulier dans la mesure où sa matrice contient de nombreuses fibres élastiques associées aux fibres de collagène. Ces fibres donnent une grande souplesse au tissu qui peut supporter de légères déformations qui seront toujours réversibles. Ce cartilage se trouve dans le pavillon de l'oreille, au niveau du conduit auditif externe, de l'épiglotte et du larynx. Au microscope il apparaît jaunâtre et présente une assez grande densité cellulaire (chondrocytes). Ces chondrocytes contiennent souvent d'assez volumineuses inclusions lipidiques (**fig.41**).

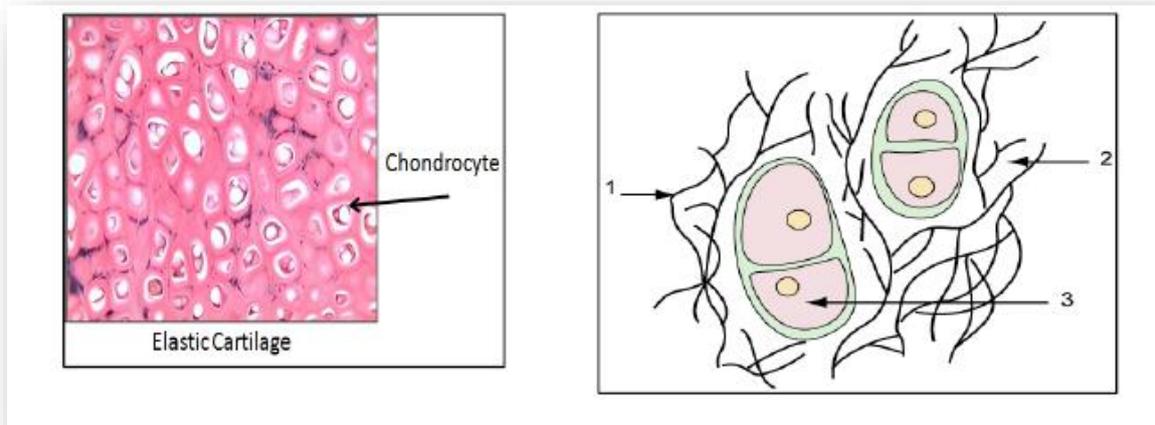


Figure 41 : Le cartilage élastique avec des groupes isogéniques de chondrocytes
1-fibres d'élastine ; 2- substance fondamentale ; 3- chondrocytes

5.3. Le cartilage fibreux

Le cartilage fibreux ou fibrocartilage fournit une très grande résistance aux tractions et pressions. On le trouve au niveau des disques intervertébraux, de la symphyse pubienne, des ménisques, articulation de la hanche et de l'épaule.

La matrice va contenir des fibres de collagène de type I (en telle quantité qu'elles sont visibles en MO avec les colorations de routine).

Les chondrocytes ont un aspect particulier : tendance à être fusiformes, ne comportent pas d'inclusions lipidiques. Ces chondrocytes vont être entourés d'une zone péri-cellulaire totalement dépourvue de fibres, contenant uniquement la substance fondamentale (**fig.42**).

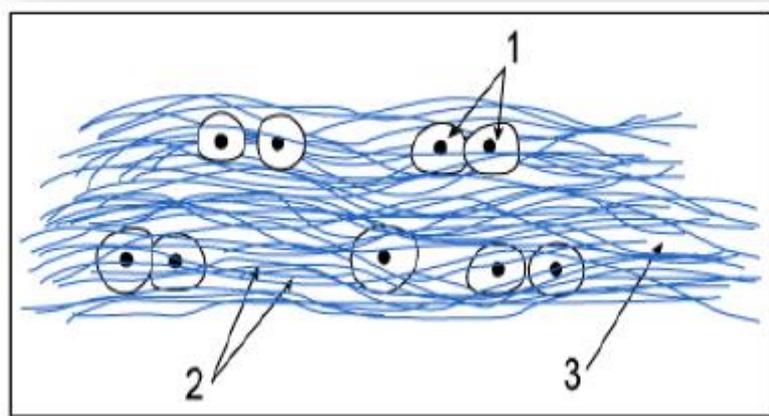


Figure 42 : Le cartilage fibreux
1-chondrocytes ; 2- fibres de collagène ; 3-substance fondamentale

6. Le périchondre

Il est représenté autour des pièces de cartilage. Il se dispose sous la forme d'un tissu conjonctif d'épaisseur variable (en moyenne 300 μ). Il englobe tous les types de cartilage sauf l'articulaire.

Ce tissu conjonctif adhère fortement aux cartilages hyalin et élastique, il est responsable de la nutrition et de la croissance.

Histologiquement, on distingue une couche externe relativement fibreuse, très richement vascularisée. Cette couche est aussi appelée **couche nourricière**.

La couche interne est beaucoup plus cellulaire, assez peu vascularisée. Elle a un rôle dans la croissance et dans la réparation des pièces cartilagineuses : elle est appelée **couche chondrogène**. Ce sont les cellules présentes dans cette couche qui deviennent de nouveaux chondrocytes. On a de fines fibres de collagène qui attachent le périchondre à la pièce cartilagineuse (**fig.43**).

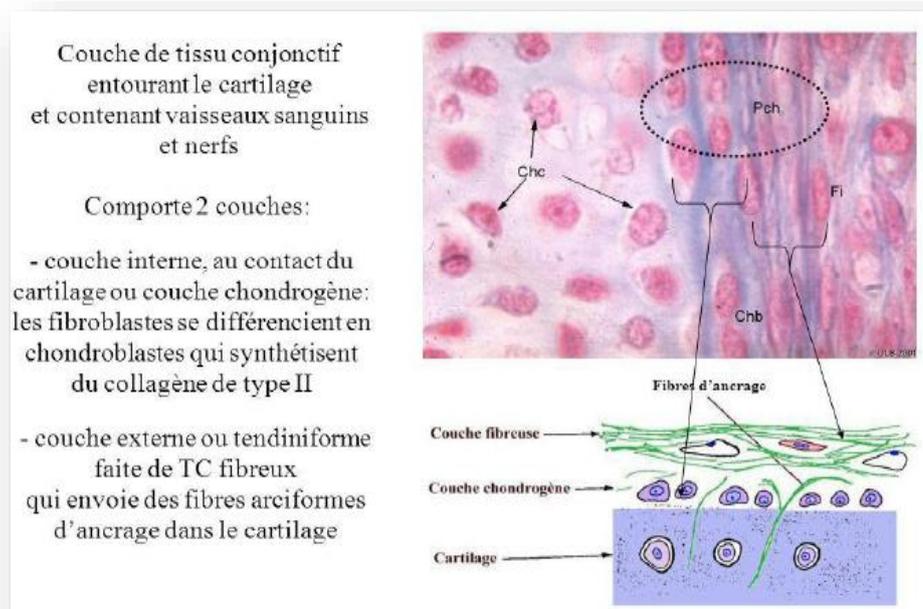


Figure 43 : Le périchondre

7. Le cartilage articulaire

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

8. Croissance des cartilages

La croissance du cartilage s'effectue selon une double modalité :

8.1. Croissance interstitielle

La croissance dite interstitielle s'effectue par mitoses successives des chondrocytes eux-mêmes.

Dans ce cas, les cellules filles d'un même clone cellulaire s'éloignent de la cellule mère en se disposant soit de manière rectiligne soit de manière circulaire. Elles forment ce qu'on appelle des groupes isogéniques axiaux ou coronaire. Ces différentes dispositions permettent la croissance axiale ou circonférentielle du cartilage. On peut au cours de ce processus observer la présence de plusieurs chondrocytes au sein du même chondroplaste. La croissance interstitielle est observée chez le fœtus mais également au cours de la croissance osseuse post-natale des os long (**fig.44**).

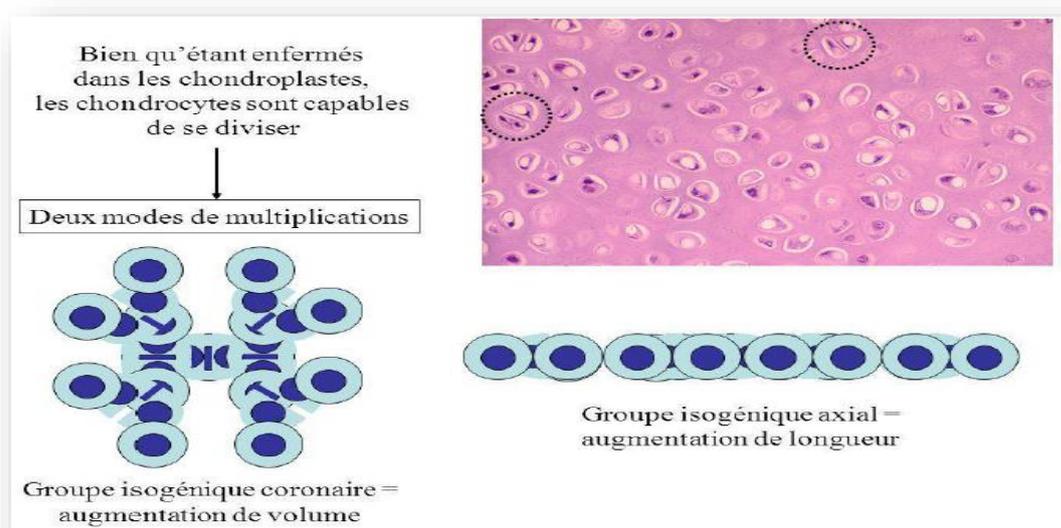


Figure 44 : Croissance interstitielle

En effet jusqu'à la puberté, la métaphyse des os longs renferme un cartilage de croissance nommé cartilage de conjugaison et qui participe à la croissance osseuse.

8.2. Croissance par apposition

Les cellules du périchondre ressemblent aux fibroblastes. Elles produisent le collagène type I du périchondre. Cependant, durant la croissance par apposition, les cellules de la couche profonde du périchondre se transforment en chondroblastes, et sécrètent autour d'elles du collagène type II ainsi que la matrice cartilagineuse. Les chondroblastes, se transforment en chondrocytes (**fig.45**).

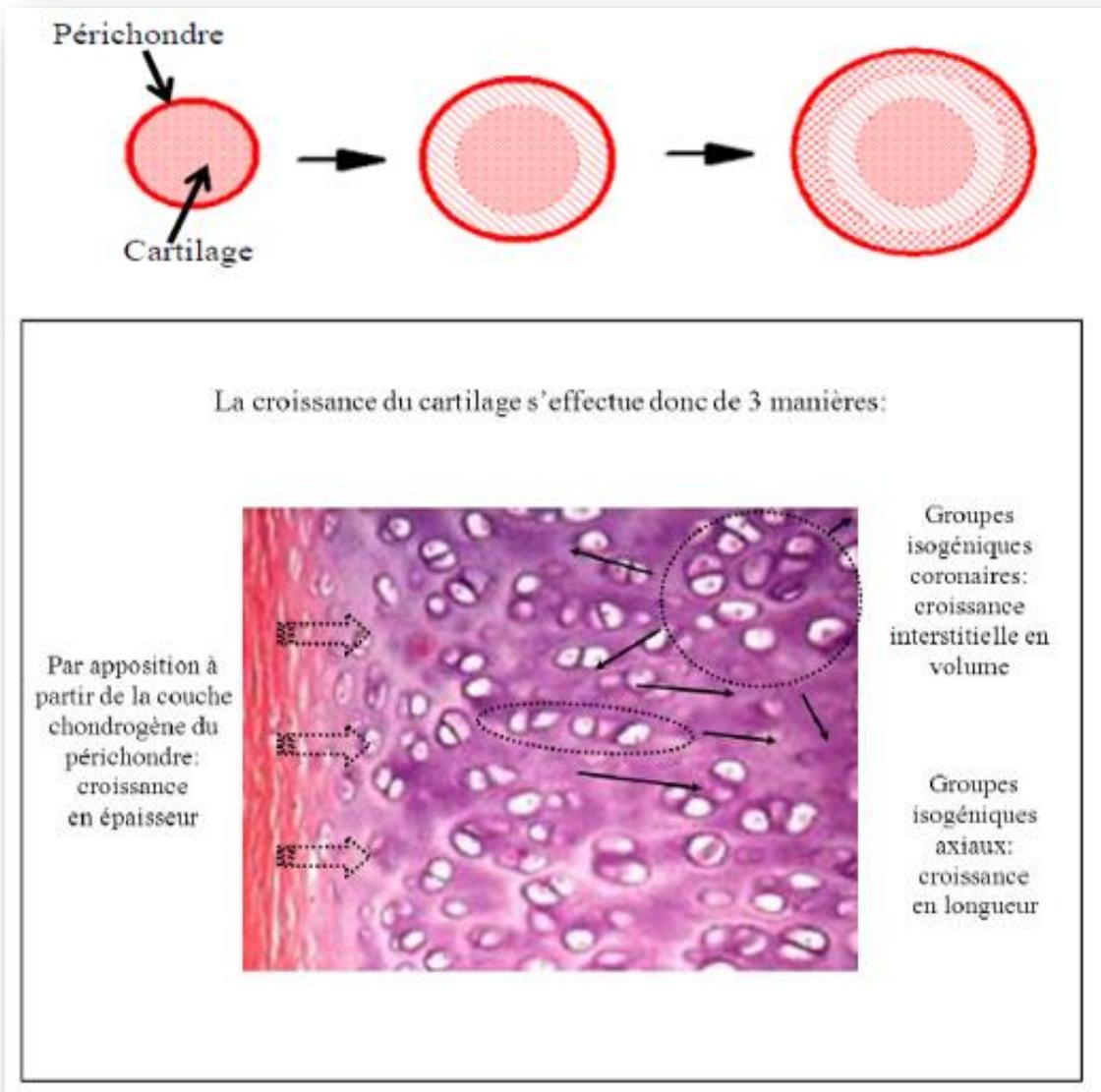


Figure 45 : Croissance par apposition

Le tissu osseux

1. Généralités

Le tissu osseux, comme le cartilage, est un tissu conjonctif spécialisé ou squelettique. Il comporte :

- une matrice extracellulaire (MEC) minéralisée qui confère au tissu osseux sa rigidité et sa solidité (substance fondamentale, des fibres)
- des cellules osseuses (cellules bordantes, ostéoblastes, ostéocytes, ostéoclastes)
- Par couru par un très riche réseau vasculaire

Il joue plusieurs fonctions :

a) Fonction mécanique

Donnant à l'os son rôle

- de soutien du corps : il constitue la charpente du corps
- de protection des organes vitaux (SNC, cœur).
- dans la locomotion

b) Fonction métabolique

Libération et stockage des sels minéraux ainsi que le contrôle du métabolisme phosphocalcique (Régulation de la calcémie)

c) Fonction Hématopoïétique

Les os renferment dans leur espace médullaire de la moelle hématopoïétique dite hématogène dont les cellules souches sont à l'origine des 3 lignées de globules du sang, ainsi que les cellules multipotentes.

2. Organisation générale

Le tissu osseux est fait de cellules osseuses noyées dans une matrice osseuse.

A- Matrice osseuse

Elle est constituée d'une partie organique (25%), d'une partie minérale (70%) et de l'eau (5%) (le tissu le moins hydratée de l'organisme).

1) Partie organique

Egalement appelée **ostéoïde** avant sa minéralisation, la matrice organique est faite de :

- **collagène** (essentiellement **de type I**) : très abondant 90 à 95% de la fonction organique, souvent de type I.
- substance fondamentale :

- **glycoprotéines non collagènes** spécifiques de l'os (10%) dont :

- * l'ostéonectine : c'est la plus abondante. lié au collagène et aux sels minéraux (cristaux d'hydroxyapatite). Elle sert de colle entre les parties minérales et les parties organiques.
- * l'ostéocalcine : elle intervient dans la minéralisation osseuse (marqueur des ostéoblastes matures).
- * l'ostéopontine.: relie l'hydroxy-apatite aux cellules osseuses.

- **protéoglycanes** : ils sont présents dans l'ostéoïde mais rares. (avec des GAG de type chondroïtine sulfate et kératane sulfate)

- * eau et électrolytes.

2) Partie minérale

La matrice minérale est responsable de la rigidité de l'os, les minéraux se fixent sur la trame protéique de l'ostéoïde. Les minéraux les plus importants sont :

- le **calcium** : le squelette contient 99% du calcium de l'organisme (1100 à 1200g);
- le **phosphore** : le squelette contient 90% du phosphore total de l'organisme (environ 600g);
- le **sodium** : 18g pour un squelette d'adulte
- le **Potassium** : 6g.
- le **Magnésium** : 3g.

La matrice organique se minéralise par des dépôts de phosphate et de calcium cristallisés, formant des **cristaux d'hydroxyapatite** (apatite hydratée) $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, ils ont une forme hexagonale allongée mesurant 50 nm d'épaisseur, la surface du cristal est fortement ionisée et liée à l'eau de la matrice avoisinante, dont les ions phosphate et calcium sont facilement mobilisable pour être remis en circulation.

Remarque : La substance fondamentale contient des quantités significatives d'ions citrate ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$).

3. Structure générale des tissus osseux

Il existe 3 catégories de tissus osseux qui se distinguent par le degré de maturation et /ou le mode d'organisation :

3.1 Tissu osseux réticulaire (non lamellaire)

Il est de type fibreux, souvent appelé os immature. Il est mécaniquement faible. Les cellules de ce tissu sont nombreuses et disposées sans ordre. La matrice est peu minéralisée, contient des faisceaux de fibres de collagènes à disposition aléatoire. Ce type de tissu osseux

existe au cours de développement. Il a généralement une durée de vie courte car il est destiné à être remplacé assez rapidement par un tissu osseux lamellaire. Il est élaboré à partir de cartilage ou de tissu conjonctif (**fig.46**).



Figure 46 : Structure du tissu osseux non-lamelle

3.2 Le tissu osseux trabéculaire ou os spongieux

Il est constitué par un réseau de trabécules de tissu osseux :

- ramifie et anastomose ;
- délimitant des espaces intercommunicants occupés par la moelle osseuse hématopoïétique (multiples cavités médullaires) ainsi que par des vaisseaux. En fait, le tissu osseux spongieux diffère du tissu osseux compact par la taille et le nombre de ces cavités. Les lamelles osseuses sont organisées, dans ce cas, autour des cavités et sont disposées irrégulièrement (**fig.47**).

Exemple : de tissu osseux spongieux : épiphyses des os longs, Diploé des os plats ect....

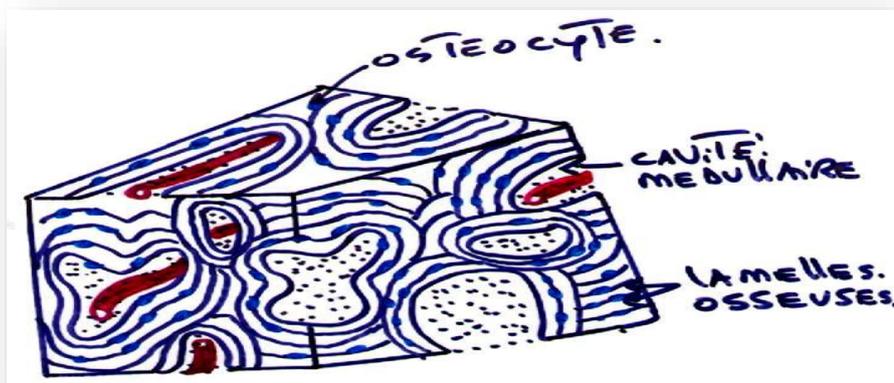


Figure 47 : Tissu osseux trabéculaire

3.3 Le tissu osseux haversien ou compact

Dans le tissu osseux compact, les lamelles osseuses forment des ensembles circulaires nommés **ostéones ou système de Havers**. Chaque ostéone est centré par un canal, le **canal de Havers**, au sein duquel circulent des capillaires sanguins et des fibres nerveuses amyéliniques (sensitives et végétatives).

Les ostéones sont séparés par des **ostéones incomplets** qui dérivent de la résorption partielle d'ostéones. Les lamelles osseuses formant ces ostéones incomplets sont nommées **lamelles osseuses interstitielles**.

Par ailleurs, les ostéones sont reliés les uns aux autres ainsi qu'avec la surface de l'os par des canaux transversaux, les **canaux de Wolkman**. Ceux-ci confèrent une résistance maximale au tissu osseux, en répartissant les forces de pression. Le tissu osseux compact est localisé au pourtour des os courts (vertèbres), dans les tables internes et externes des os plats (os du crâne, sternum) ainsi qu'au pourtour de la diaphyse et de l'épiphyse des os longs (tibia, fémur...).

Enfin, le tissu osseux compact de la diaphyse des os longs présente 2 caractéristiques supplémentaires :

- les ostéones sont bordés par des lamelles osseuses parcourant la circonférence externe et interne du tissu osseux compact : il s'agit des **systèmes circonférentiels internes et externes**,
- les canaux de Wolkman relient les ostéones à une cavité osseuse centrale, la cavité médullaire, qui contient du tissu adipeux nommé **moelle osseuse jaune (fig.48)**.

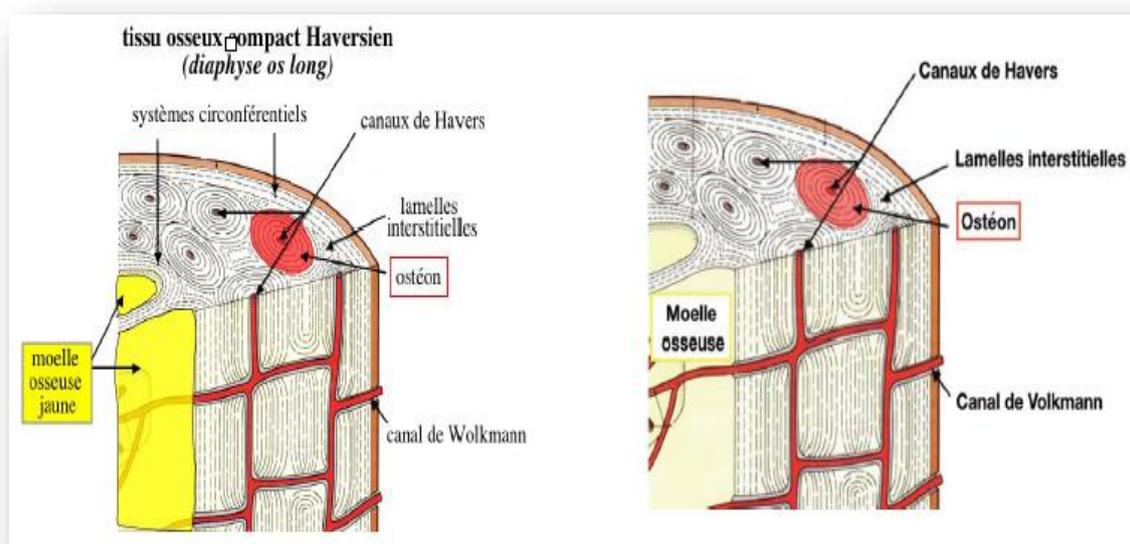


Figure 48 : Structure du tissu osseux haversien ou compact

3.4 Le tissu conjonctif associé au tissu osseux

Qu'il s'agisse de tissu osseux mature ou immature, les surfaces osseuses externes et internes sont recouvertes de tissu conjonctif non spécialisé.

- Le périoste

Le périoste est une membrane continue, enveloppant dans presque toute son étendue la surface extérieure des os, presque toute son étendue, car il fait défaut au niveau des tendons et des ligaments. Le périoste manque encore sur les parties que revêtent le cartilage articulaire et les os sésamoïdes.

Il est responsable de la croissance, du développement et de la forme des os.

Il est également responsable de la réparation des dommages que les os peuvent subir

Le périoste est formé de deux couches, une externe fibreuse et une interne responsable de la croissance des os.

• Couche externe ou fibreuse

C'est la couche la plus éloignée de l'os. C'est une couche de tissu conjonctif. Il contient des fibroblastes et des fibres de collagène. Ces fibres sont produites par les fibroblastes.

Les fibroblastes sont des cellules dérivées de cellules mésenchymateuses. Cette couche est également très vascularisée et possède des terminaisons nerveuses.

• Couche interne ou ostéogène

C'est la couche la plus interne et est en contact avec l'os. Il contient des cellules ostéogènes et est vascularisé. Les cellules ostéogènes peuvent être différenciées en deux types de cellules : les ostéoblastes et les chondroblastes.

Les deux types de cellules jouent un rôle fondamental dans la croissance des os. Ils aident également à réparer les blessures subies par les os.

-l'endoste

C'est un tissu conjonctif tapissant toutes les parois des cavités vascularisées des os (canaux de Havers, canaux de Volkmann, cavité médullaire de l'os compact) (**fig.49**).

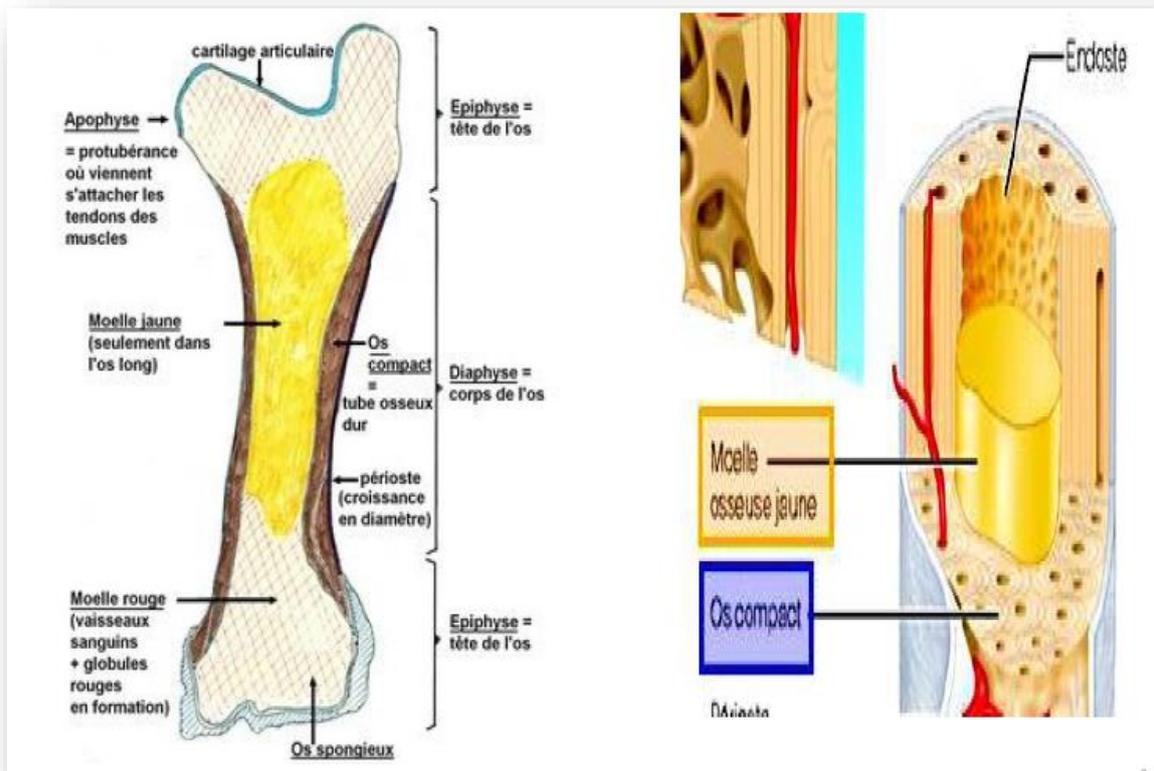


Figure 49 : Le tissu conjonctif associé au tissu osseux

4. Cellules osseuses

Le tissu osseux adulte apparaît formé des cellules suivantes :

- cellules bordantes (ostéoblastes quiescent)
- ostéoblastes
- ostéocytes
- ostéoclastes.

Origine embryologique

-Les cellules ostéoformatrices qui sont responsables de la synthèse de la matrice extra cellulaire de l'os (cellules bordantes, ostéoblastes et ostéocytes) dérivent des cellules souches mésenchymateuses pluripotentes.

-Les ostéoclastes dérivent de la lignée hématopoïétique monocyttaire (lignée sanguine monocyttaire).

1) Ostéoblastes

Ce sont les véritables cellules ostéoformatrices du tissu osseux. Elles ont une forme cubique et sont situés à la surface interne et externe de l'os. La face de l'ostéoblaste appliquée à la surface osseuse comporte des prolongements cytoplasmiques qui s'enfoncent dans la matrice osseuse. Les ostéoblastes interviennent dans l'élaboration de la matrice organique et sa minéralisation. Il a été décrit la présence de récepteurs à la surface des ostéoblastes pour certaines hormones, vitamines et cytokines qui régulent leurs activités. Une fois l'ostéoblaste complètement enfoui dans la matrice minéralisée, il devient un ostéocyte emprisonné dans des lacunes au sein de la substance nouvellement synthétisée (ostéoplastes).

2) Ostéocytes

Ce sont des cellules fusiformes et étoilées (d'une taille de 15 μm) contenues dans des logettes appelées ostéoplastes. Ces lacunes sont reliées par de nombreux prolongements contenus dans des canalicules (interostéoplastiques)

Entre la paroi de l'ostéoplaste et l'ostéocyte, existe un mince espace périostéocytaire non minéralisé, où on retrouve des fibres de collagènes et une forte concentration de protéoglycanes.

Les ostéocytes sont capables de mobiliser le phosphate de calcium sur la surface de la lacune, ceci représente une quantité importante de sels minéraux rapidement échangeables.

-L'ostéocyte est une cellule métaboliquement active, mais les échanges nutritifs par les canalicules restent néanmoins difficiles.

-L'ostéocyte n'a pas la capacité de se diviser, d'autant que la rigidité et l'imperméabilité de la matrice extracellulaire s'y opposent.

-Elle joue un rôle dans le renouvellement et l'entretien de la matrice osseuse.

3) Cellules bordantes

Les cellules bordantes sont des ostéoblastes au repos, qui, en cas de besoin, sont capables de s'activer et de se redifférencier en ostéoblastes. Par opposition aux ostéoblastes, ce sont aplaties, allongées, possédant peu d'organites, reliées entre elles et avec les ostéocytes voisins. Les cellules bordantes peuvent, lorsqu'elles sont sollicitées, redevenir des ostéoblastes actifs.

4) Ostéoclastes

Tout au long de la vie adulte, l'os subit un processus continu de remodelage interne et de renouvellement qui comprend l'élimination de la substance fondamentale et son remplacement par l'os récemment déposé. Dans ce processus les agents de résorption osseuse sont les ostéoclastes, occupant des cavités (issues de la dégradation de l'os par des enzymes sécrétées

Partie 2 : Histologie

par les ostéoclastes de l'os sous-jacent). Ce sont les macrophages spécialisés du tissu osseux (donc des cellules appartenant au système immunitaire). Il s'agit de cellules géantes de 50 à 100 µm de diamètre), plurinucléées et hautement mobiles. L'ostéoblaste est ainsi capable de se déplacer à la surface du tissu osseux d'un site de résorption à un autre chaque site de résorption constitue ce qu'on appelle une **lacune de Howship**. Lorsqu'il est activé l'ostéoclaste se

polarise, avec un enrichissement considérable en lysosomes, et la présence de nombreuses microvillosités formant une bordure en brosse. Cette zone de contact est délimitée par un **anneau de podosomes** qui établissent des jonctions cellule-matrice. Ces podosomes permettent un attachement ferme à la matrice et la délimitation d'une chambre de digestion.

L'ostéoclaste sécrèterait des **acides faibles** (acides lactiques, acide citrique), solubilisant les cristaux minéraux (sels de calcium) dans le milieu extracellulaire. Le collagène est digéré dans les vacuoles cellulaires par **une collagénase (fig.50)**.

L'ostéoclaste est une cellule d'origine hématopoïétique dérivant des cellules monocytaires, assurant les fonctions suivantes * La déminéralisation du tissu osseux.

* La dégradation de la trame organique.

Le déficit en ostéoclastes est responsable de l'ostéoporose congénitale, actuellement curable par greffe de moelle.

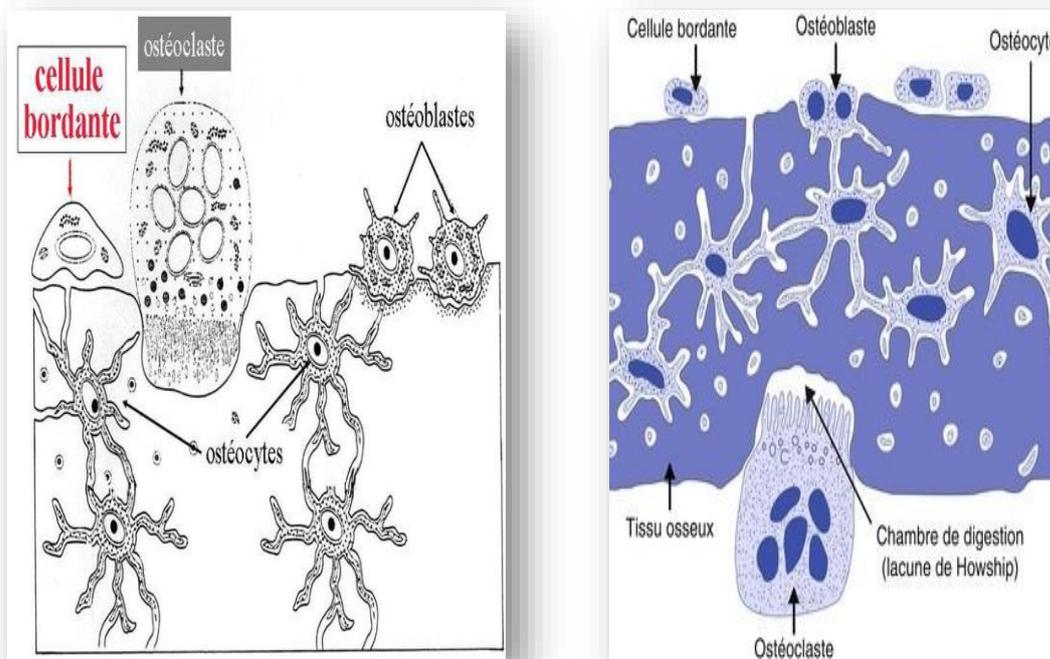


Figure 50 : Cellules osseuses

Le tissu musculaire

Généralités

Le tissu musculaire recouvre l'ensemble de cellules douées de propriétés contractiles et regroupées au de structures organisées : **les muscles**.

Il existe trois types de muscles

- Muscle squelettique

Permet les mouvements volontaires sous contrôle du système nerveux central

- Muscle lisse

Permet les mouvements involontaires sous contrôle du système nerveux végétatif

- Muscle cardiaque

Permet la contraction spontanée et rythmique sous le contrôle du système nerveux végétatif

• Les fonctions du tissu musculaire

- Le mouvement.

- La stabilisation des positions du corps et la régulation du volume des organes.

- La génération de chaleur (thermogénèse).

• Les caractéristiques du tissu musculaire

· L'excitabilité (irritabilité) : l'aptitude à réagir à certains stimuli par la production de signaux électriques appelés potentiels d'action.

· La contractilité est la propriété du tissu musculaire de pouvoir se raccourcir et s'épaissir (se contracter).

- L'extensibilité signifie que le muscle peut être étendu (étiré) sans endommager le tissu.

- L'élasticité est la propriété du tissu musculaire de reprendre sa forme initiale après une contraction ou une extension.

• Critère des myocytes

Quel que soit leur tissu d'appartenance, les myocytes, c'est –à-dire les cellules musculaires encore appelées fibres musculaires, possèdent les caractéristiques suivantes :

a) Le cytoplasme des myocytes contient deux types de protéines filamenteuses contractiles :

Les myofilaments d'actine et les **myofilaments de myosine**.

b) La membrane plasmique contient de nombreux **récepteurs** et **transporteurs**, notamment des transporteurs de glucose.

c) Une membrane basale recouvre les myocytes.

Souvent des termes particuliers sont utilisés pour la description des cellules musculaires

- cellule musculaire = fibre musculaire
- membrane cytoplasmique = sarcolemme
- cytoplasme = sarcoplasme
- mitochondries = sarcosomes
- réticulum endoplasmique = réticulum sarcoplasmique

1. Le muscle lisse

IL est caractérisé par une contraction lente et involontaire. On le retrouve notamment au niveau des organes creux en tuniques musculaires (parois des voies digestives, respiratoires, urinaires et génitales).

1.1 Ultrastructure de la cellule musculaire lisse

Cellule allongée, fusiforme renfermant un seul noyau central. Elle est entourée par un sarcolemme doublé d'une lame basale.

Dans le sarcoplasme s'organisent autour du noyau les organites cellulaires (nombreuses mitochondries, appareil de Golgi, réticulum sarcoplasmique peu développé) (**fig.51**).

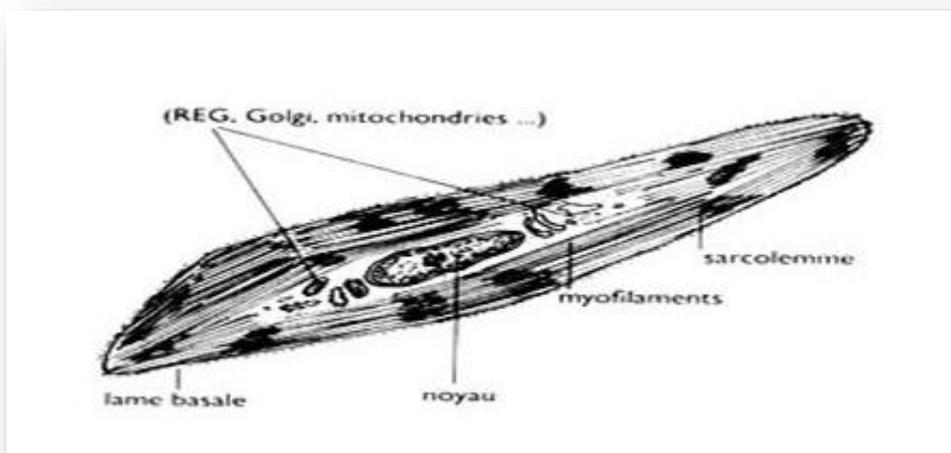


Figure 51 : Ultrastructure de la cellule musculaire lisse

1.2 Les myofilaments

Le muscle lisse possède un système de protéines contractiles moins bien organisé que les muscles striés squelettiques et cardiaques. Le sarcoplasme contient des myofibrilles disposées parallèlement les unes aux autres et constituées de myofilaments fins d'actine, de myofilaments épais de myosine. Les myofilaments d'actine sont rattachés aux plaques d'ancrage par des protéines d'attachement et sont reliés entre eux par les corps denses. La contraction du muscle lisse se traduit par un raccourcissement de la cellule qui prend un aspect globulaire (**fig.52**).

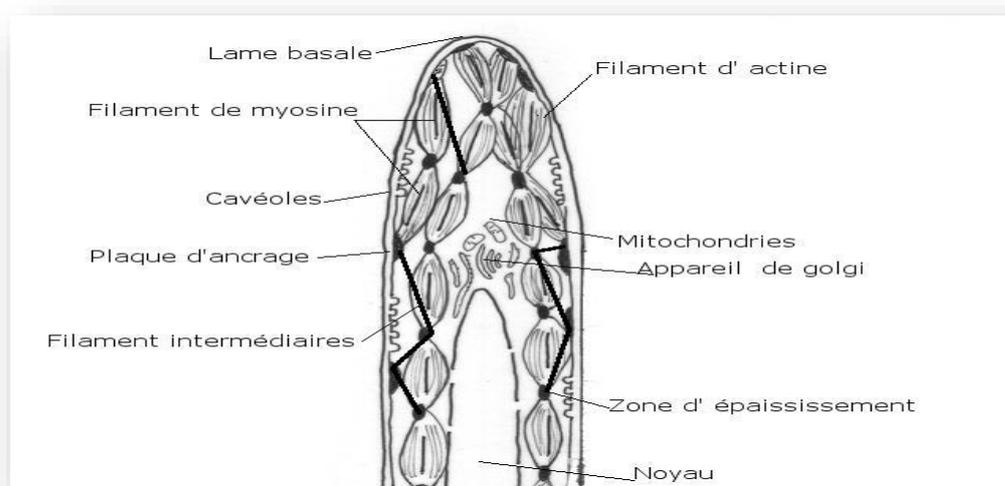


Figure 52 : Les myofilaments

1.3 Organisation

Généralement, les faisceaux des fibres lisses des tuniques musculaires sont organisés en deux couches superposées : une couche circulaire et une couche longitudinale. L'orientation de ces couches est définie par l'orientation des fibres musculaires lisses par rapport à l'axe de l'organe.

2. Muscle strié Squelettique

Les muscles squelettiques représentent une des deux sortes de muscle strié (l'autre étant le muscle cardiaque). Ils ont pour fonction d'assurer la motricité du corps dans son environnement, en permettant de faire bouger le squelette de manière volontaire. Le muscle squelettique est un organe bien délimité, il renferme des vaisseaux sanguins, des nerfs et une grande quantité de tissu conjonctif. C'est le tissu musculaire associé au squelette. C'est la chair ou viande des animaux.

Les anatomistes distinguent plusieurs types de muscle striés squelettiques

- Muscles longs : muscles des membres (humérus, fémur...)
- Muscles plats : muscles de la ceinture thoracique...)
- Les muscles courts : muscles du carpe, du tarse...)
- Les muscles annulaires (ronds) : muscles de la bouche... ou sphincter (anus.)

2.1 Organisation globale

Le muscle squelettique est enveloppé par diverses membranes. La première entoure le muscle c'est l'**épimysium**. Ensuite, le muscle est divisé en faisceaux qui sont séparés les uns des autres par le **périmysium**. Enfin les faisceaux sont composés de fibres musculaires entourées par l'**endomysium**. Aux extrémités du muscle, les différentes membranes conjonctives s'unissent pour former les tendons qui attachent les muscles aux os (**fig.53**).

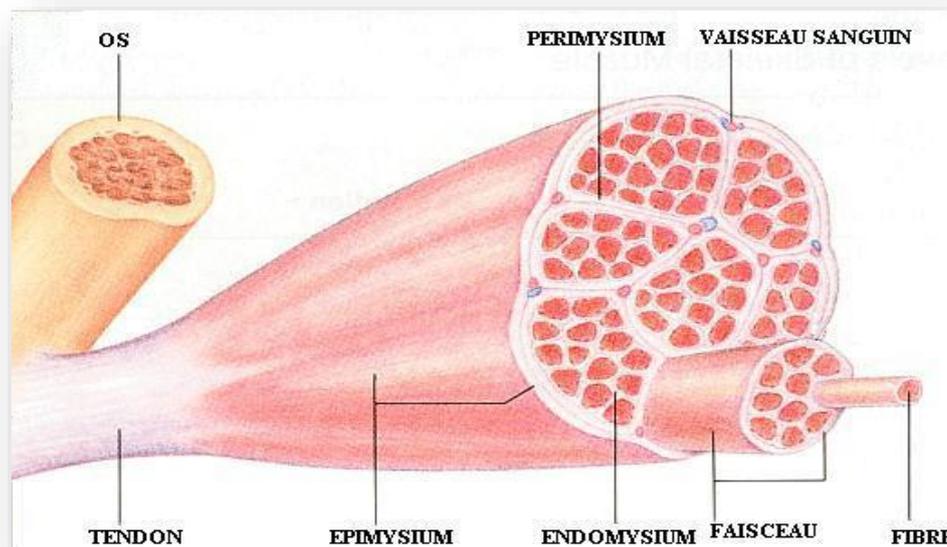


Figure 53 : Organisation globale du muscle squelettique

2.2 Les fibres musculaires striés squelettiques

Une fibre musculaire possède plusieurs noyaux (cellule plurinucléée), limités par une membrane (sarcolemme). Au microscope électronique, chaque fibre présente une striation transversale caractéristique (alternance de bandes sombres constituées de myosine et de bandes claires constituées d'actine), d'où le nom de muscle squelettique strié.

Les cellules musculaires ne se divisent pas. En cas de lésion, elles sont remplacées par division **des cellules satellites**, cellules souches inactives qui ne sont pas visibles en microscopie

optique. En microscopie électronique, elles apparaissent petites et fusiformes, situées entre la lame basale et la membrane plasmique (sarcolemme).

2.2.1 Microscopie optique

En microscopie optique, les "fibres" musculaires apparaissent comme des éléments allongés, plurinucléés qui présentent une striation transversale régulière. Ces cellules mesurent 10 à 100 µm de diamètre et ont une longueur variable de quelques centaines de µm (muscles oculaires) à plusieurs centimètres pour certains muscles squelettiques.

- La membrane plasmique (sarcolemme)

La membrane plasmique ou sarcolemme entoure la cellule et est doublée d'une lame basale

- Les noyaux

Plusieurs centaines de noyaux sont en périphérie de la cellule contre la membrane plasmique. Ils sont ovoïdes allongés dans le sens de la fibre.

- Le sarcoplasme

Il est caractérisé notamment par les myofibrilles ainsi que par l'abondance des mitochondries, la présence d'un réticulum sarcoplasmique lisse organisé de façon spécifique. Les myofibrilles Elles occupent la majeure partie du sarcoplasme et se groupent en faisceaux qui forment des polygones en coupe transversale (les champs de Cohnheim. La striation apparaît comme une alternance de bandes claires et de bandes sombres

-Les myofibrilles

Chaque myofibrille est constituée d'une succession de **bandes claires I** et des **bandes sombres A**.

2.2.2- Microscopie électronique

Les myofibrilles s'organisent des cylindres disposés parallèlement et présentant une striation périodique caractérisée par l'alternance de bandes sombres A et de bandes claires I. La partie centrale des disques I est marquée par la **strie Z**. La zone plus claire qui apparaît au milieu du disque A est la **strie H** elle-même centrée par la **ligne M**. L'élément répétitif et fonctionnel de base est le **sarcomère**, unité de contraction, délimité par deux stries Z (**fig.54**).

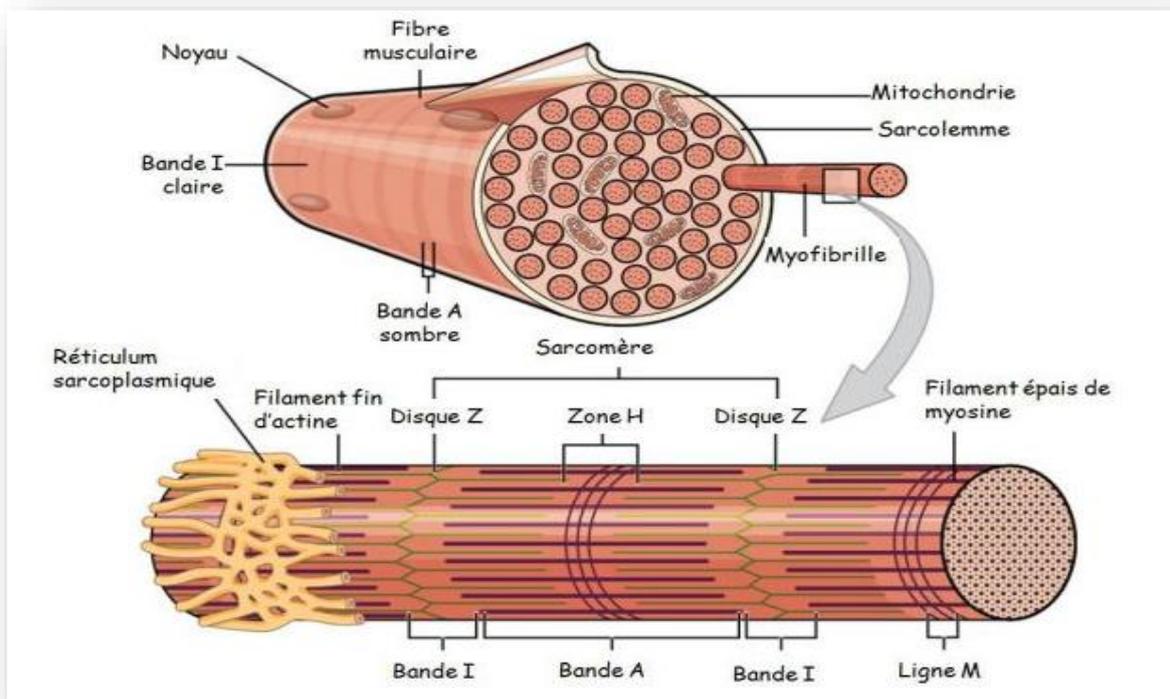


Figure 54 : Organisation ultrastructurale des myofibrilles du muscle strié squelettique.

-Les mitochondries

Elles sont allongées, plaquées entre les myofibrilles, on compte 1 à 2 mitochondries par sarcomère.

- Le réticulum sarcoplasmique

Le réticulum sarcoplasmique est très développé. Il est intimement accolé à la myofibrille. Sa structure varie suivant qu'il entoure les disques A et I.

• Disque A

Le réticulum sarcoplasmique est constitué par des tubules longitudinaux qui sont parallèles entre eux sauf au niveau des bandes H

2.3.3 Les cellules satellites

Ce sont de petites cellules ovoïdes avec un noyau, le cytoplasme renferme des organites peu nombreux et pas de myofibrilles. Ces cellules sont situées entre la membrane basale et le sarcolemme. Elles sont responsables de la régénération des fibres musculaires après une lésion (fig.55).

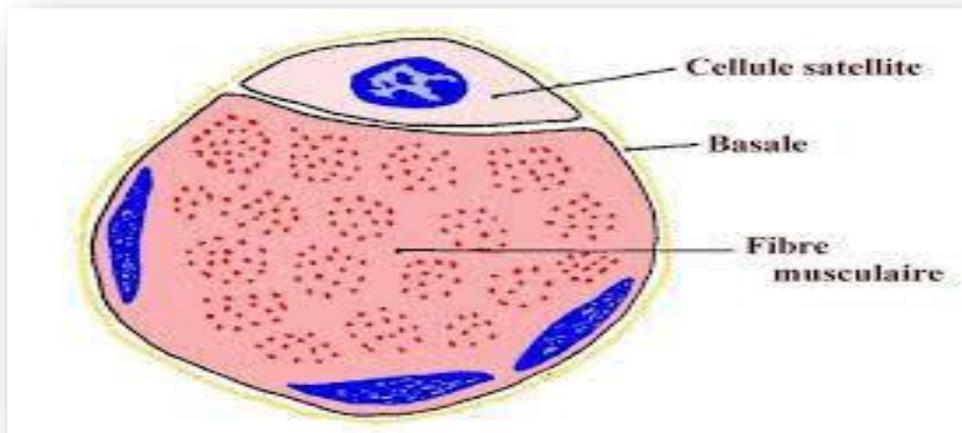


Figure 55 : Fibre musculaire et cellule satellite

Remarque : Le muscle strié squelettique comme son nom l'indique est fixé aux os, la fixation s'effectue par l'intermédiaire des tendons.

Du muscle identique au muscle strié squelettique est observé au niveau de certains endroits de l'organisme où il n'est pas rattaché aux os : la langue et la moitié supérieure de l'œsophage.

3. Le muscle strié cardiaque

3.1 Généralités

Le myocarde est la portion musculaire de la paroi cardiaque

On rencontre deux grands types cellulaires :

- les fibres musculaires myocardiques
- les cellules du tissu nodal

Le tissu nodal sert à la transmission de l'onde d'excitabilité à tout le myocarde.

3.2 Microscopie optique

Les cellules myocardiques sont allongées, à extrémités ramifiées, son sarcoplasme est occupé par des myofibrilles. Le noyau est unique et central.

La striation transversale est semblable à celles des muscles striés squelettiques.

Il existe également des densifications transversales : **les stries scalariformes ou disques intercalaires** qui correspondent aux systèmes de jonction liant les extrémités des fibres entre elles.

Les cellules satellites n'existent pas et de ce fait la régénération des fibres lésées est impossible.

3.3 Microscopie électronique

Au microscope électronique, les myofibrilles apparaissent sous forme de myofilaments ordonnés en unités contractiles, les sarcomères. Entre les myofibrilles, on distingue des travées de cytoplasme comportant des mitochondries. Ces dernières utilisent le dioxygène apporté aux cellules par le sang pour produire l'énergie nécessaire à la contraction.

Il existe d'autres particularités ultra structurales du myocarde par rapport au muscle strié squelettique

- Les tubules T sont plus gros et se situent au niveau des stries Z.

- Absences des triades mais des diades.

3.4 Composants cellulaires

a) Sarcomère et sarcoplasme : l'ultrastructure, la composition moléculaire et fonctionnement des sarcomères est similaire à celui des muscles striés squelettiques. Par ailleurs, dans les cardiomyocytes, les myofibrilles sont absentes de la zone centrale périnucléaire. Dans cette zone, les myofibrilles font place à de nombreuses mitochondries et grains de glycogène.

b) Sarcolemme : le sarcolemme des cardiomyocytes se différencie de celui des rhabdomyocytes par **l'absence de plaques motrices** et de jonctions neuromusculaires et par **l'existence de multiples systèmes de jonctions intercellulaires**, cités plus haut.

Sous populations de cardiomyocytes : les caractéristiques décrites ci-dessous concernent les **cardiomyocytes dits contractiles ou de travail**, c'est-à-dire la grande majorité des cardiomyocytes. Toutefois, deux autres catégories de cardiomyocytes sont à distinguer :

- Les cellules cardionectrices se sont de cardiomyocytes pauvres en myofibrilles et spécialisés dans l'initiation et la conduction de la contraction musculaire.
- Les cellules myoendocrines : Ce sont les cardiomyocytes pauvres en myofibrilles et qui exercent des fonctions endocrines. Elles renferment de nombreuses vésicules de sécrétion (**fig.56**).

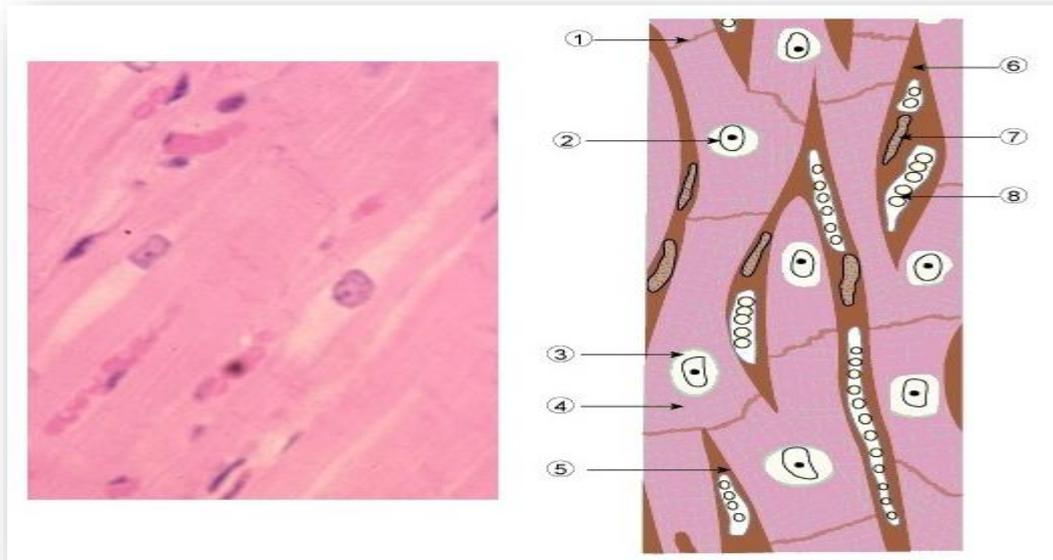


Figure 56 : Observation d'une coupe longitudinale de muscle cardiaque

1-strie scalariforme ; 2-noyau axial ; 3-sarcoplasme de cellule musculaire cardiaque ; 4-myofibrilles à striation transversale ; 5-sarcolemme ; 6-endomysium ; 7-noyau d'un fibroblaste ; 8-capillaire sanguin.

3.5 Contraction musculaire

La contractibilité est la propriété que les fibres musculaires doivent être raccourcies et épaissies. Cela est possible car chaque cellule contient de nombreux filaments formés de deux protéines différentes appelées actine et myosine, les deux types étant différents, les filaments d'actine sont minces et de couleur claire, tandis que ceux de la myosine sont sombres et épais. Ils alternent les uns avec les autres, entrelacés comme lorsque les doigts sont entrelacés.

En fonction du modèle de filament glissant, la fibre musculaire présente au repos un chevauchement modéré entre les filaments d'actine et de myosine. Dans un état contracté, le chevauchement augmente, tandis qu'en cas d'allongement musculaire, le chevauchement diminue et peut devenir nul (**fig.57**).

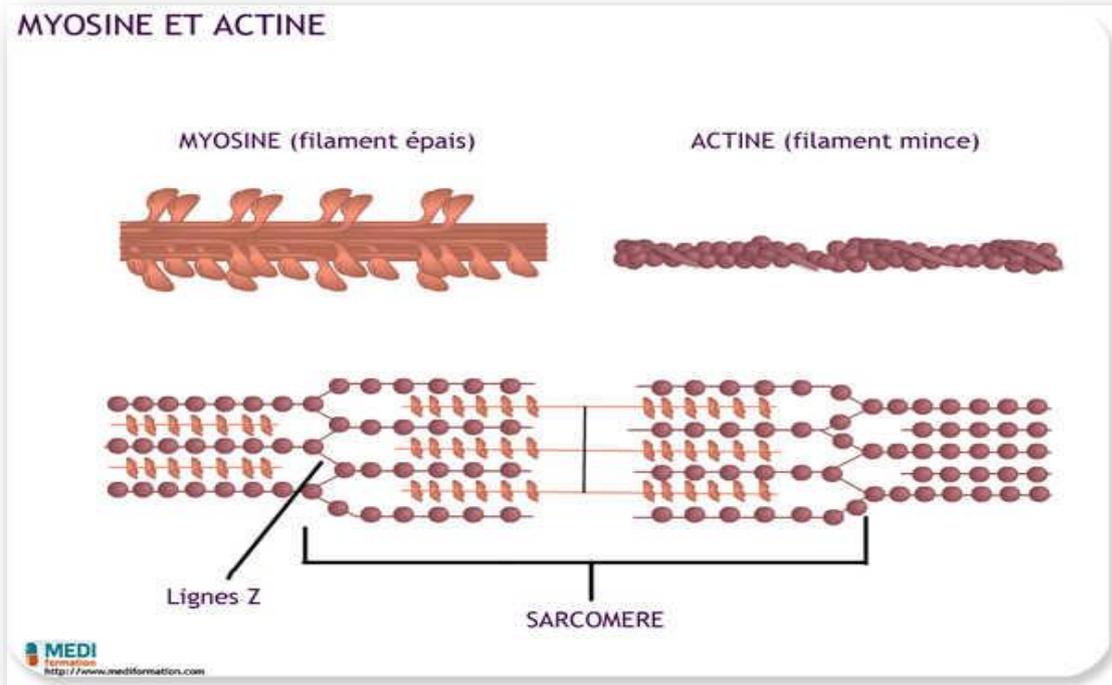


Figure 57 : Contraction musculaire

Tableau 02 : Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques de chaque type de muscle

| | Caractéristiques principales | Emplacement | Type de cellules | Histologie |
|---------------------|---|-------------|------------------|------------|
| Muscle squelettique | <ul style="list-style-type: none"> - Fibres : striées, tubulaires et multinucléées - Volontaire - Généralement attaché au squelette | | | |
| Muscle lisse | <ul style="list-style-type: none"> - Fibres : non striées, fusiformes et mononucléées - Involontaire - Couvre généralement la paroi des organes internes | | | |
| Muscle cardiaque | <ul style="list-style-type: none"> - Fibres : striées, ramifiées et mononucléées - Involontaire - Couvre uniquement les parois du cœur | | | |

Le tissu nerveux

1. Généralités

Anatomiquement, on divise le système nerveux en système nerveux central (SNC) comprenant le cerveau et moelle épinière, et système nerveux périphérique (SNP) constitué du reste du tissu nerveux. Sur le plan fonctionnel, on distingue le système somatique impliqué dans les fonctions volontaires et le système nerveux autonome qui contrôle de nombreuses fonctions involontaires. Histologiquement cependant, le système nerveux dans son ensemble est simplement constitué de neurones et de tissu de soutien arrangés différemment selon leur localisation.

Le tissu nerveux développé à partir d'ectoderme et composé de cellules nerveuses, de fibres nerveuses et de cellules gliales, les cellules nerveuses ou péricaryon constituent l'unité principale du tissu nerveux et se caractérisent par la stimulation et la transmission.

2. Les neurones

Les cellules nerveuses (neurones) composées de :

1- Péricaryon

Des corps cellulaires qui sont des formes étoilées ou pyramidale contenant un noyau. En général, les corps cellulaires de tous les neurones sont situés dans le système nerveux central, excepté ceux de la plupart des neurones sensitifs primaires et des neurones effecteurs terminaux du système nerveux autonome qui se regroupent en périphérie sous forme d'amas appelés ganglions.

2- Noyau

La plupart des neurones possèdent, au milieu de leur corps cellulaire, un noyau unique, volumineux, sphérique, clair, à chromatine dispersée, avec un gros nucléole, arrondi, dense, bien visible en microscope optique.

3-Le cytoplasme

Le cytoplasme est riche en organites,

3-1 Mitochondrie

Les dendrites et l'axone sont riches par la mitochondrie.

3-2 l'appareil de golgi

L'appareil de golgi habituellement volumineux, est situé dans le corps cellulaire, en position juxta-nucléaire,

3-3-Les corps de Nissl

Les corps de Nissl se situent dans le corps cellulaire et éventuellement dans les dendrites les corps de Nissl sont totalement absents de l'axone. L'examen en microscope optique de préparations colorées par des bleus basiques montre que le cytoplasme du corps cellulaire neuronal et de la partie proximale des dendrites contient un matériel intensément basophile réparti de façon variable et se présentant sous forme de blocs assez volumineux. Ces corps de Nissl correspondent, en microscope électronique, à des amas de citernes de réticulum endoplasmique granulaire entre lesquels se trouvent de nombreux ribosomes libres souvent arrangés en petites rosettes de 5 à 6 grains (polysomes). Les corps de Nissl est riche par l'ARN.

4. Neurofibrilles

Les neurofibrilles sont des fin filaments distribués dans les cellules nerveuses. L'examen En microscope électronique montre que les neurofibrilles sont constituées par des fin filaments de diamètre (100Å) qui s'appelle filament nerveux. Les filaments nerveux sont constitués par des tubules.

Les neurofilaments sont responsables de la communication intracellulaire.

On trouve dans la cellule nerveuse, des granules de lipides, glycogène, enzyme polyphénol oxydase.

5. Dendrites

Les dendrites sont des prolongements fins du péricaryon qui sont présentent en grand nombre. Elles se divisent en multiples branches dont le diamètre est variable tout au long d'une branche et qui peut être plus important que pour l'axone. L'arborisation formée par les dendrites est spécifique du type de neurone. Les dendrites présentent à leurs extrémités des épaisissements membranaires, appelés épines dendritiques, où sont détectés les signaux synaptiques provenant d'autres neurones qui permettront ou non la formation du potentiel gradué. Les dendrites contiennent des ribosomes libres leurs permettant de (synthétiser certaines de leurs protéines), corps de Nissl, Neurofilaments et d'autre organites.

6. L'axone

L'axone est un prolongement unique, fin, homogène, relativement linéaire et pouvant s'arboriser par la suite au niveau des nœuds de Ranvier. Il prend naissance au niveau d'une expansion conique du corps cellulaire appelée cône d'implantation (ou cône d'émergence). Les neurones sont principalement constitués de neurofibrilles et de mitochondries qui fournissent l'énergie nécessaire aux mouvements des messagers intracellulaires et à la libération des vésicules synaptiques au niveau des extrémités axonales, appelées boutons synaptiques (**fig.58**).

2.1 Classifications

1) En fonction du nombre de prolongements cellulaires

Un neurone peut-être :

- **unipolaire** : comportant un axone et pas de dendrites ;
- **bipolaire** : comportant un axone et une dendrite (Ex. : neurone bipolaire de la rétine) ;
- **pseudo unipolaire** : dessinant un neurone en T (Ex. : neurone du ganglion rachidien) ;
- **multipolaire** : avec plusieurs dendrites et un seul axone (Ex. : motoneurone de la corne antérieure de la moelle épinière (**fig.59**)).

2) En fonction du corps cellulaire

Un neurone peut-être :

- **sphérique** ;
- **stellaire** (en forme d'étoile) ;
- **fusiforme** (souvent bipolaire) ;
- **pyramidal** (Ex.: neurone du cortex cérébral moteur).

3) En fonction de l'axone

- **Neurone de Golgi de type I** : à axone long, non ramifié, myélinisé.
- **Neurone de Golgi de type II** : à axone court, ramifié, non myélinisé (**fig.60**).

3. La fibre nerveuse et ses gaines

3.1 Définition

La fibre nerveuse ou cylindraxe n'est autre que le prolongement d'un neurone (axone) entouré de gaine. Il existe deux sortes de gaines isolée ou associée entourant la fibre nerveuse : la gaine de myéline et la gaine SCHWANN ou neurilèmme.

3.2 Diffèrent type de fibres nerveuses

Il existe quatre types de fibres nerveuses :

1- les fibres sans myéline ni gaine de Schwann : ce sont les fibres nues qui existent pendant le développement de l'embryon.

2- les fibres sans myéline mais à gaine de Schwann : ce sont les fibres de REMAK. Elles constituent les nerfs végétatifs (nerfs viscéraux). Elles sont de couleur grise.

3- les fibres myélinisées sans gaine de Schwann : ce sont les fibres de la substance blanche du système nerveux central et du nerf optique.

4- les fibres myélinisées avec gaine de Schwann : elles sont abondantes dans tous les nerfs périphériques. Ce sont les plus typiques et les plus perfectionnées.

La myéline est un mélange de lipides phosphorés. Elle donne à la fibre nerveuse une couleur blanc-mat caractéristique. Elle est considérée comme une réserve nutritive pour le cylindraxe et elle joue le rôle d'un isolant électrique. Elle protège la fibre nerveuse des courants d'influx venant des fibres voisines. La gaine de myéline présente des incisures (incisures de SCHMIDT-LANTERMANN) et des étranglements appelés noeuds de RANVIER .

La gaine de SCHWANN recouvre la gaine de myéline. Elle est formée de cellules plates soudées entre elles. Il existe un noyau ovalaire entre chaque étranglement de RANVIER.

3.3 Formation de la myéline

La myélinisation est assurée par deux types cellulaires, les cellules de Schwann en périphérie et les oligodendrocytes dans le système nerveux central. Dans les nerfs périphériques, la myélinisation commence par l'invagination d'un seul axone dans une cellule de Schwann ; un mésaxone est ainsi formé. Puis le mésaxone s'enroule autour de l'axone de manière à l'envelopper de couches concentriques de cytoplasme et de membrane plasmique de la cellule Schwann. Le cytoplasme est ensuite éliminé et les feuillets internes de la membrane plasmique fusionnent l'axone est ainsi entouré de multiples couches de membrane dont l'ensemble constitue la gaine de myéline.

Le segment de myéline produit par chaque cellule de Schwann est appelé Zone internodale ; elle correspond à la portion engainée de l'axone comprise entre deux noeuds de Ranvier.

Dans le système nerveux central, les oligodendrocytes sont responsables d'un processus similaires de myélinisation ; toutefois un seul oligodendrocyte forme de multiples Zones internodales de myéline, pouvant aboutir à l'engainement de 50 axones.

3.4 Différents types de neurones

A l'intérieur du système nerveux, les neurones se présentent sous des formes très différents, il est néanmoins possible d'en distinguer trois types principaux en fonction de la disposition des dendrites et de l'axone par rapport au corps cellulaire.

Le neurone multipolaire, les neurones bipolaires et neurones pseudo-unipolaires

4. Tissu de soutien

4.1 Les cellules gliales

Il existe 4 variétés de cellules gliales : Les cellules épendymaires, les astrocytes, les oligodendrocytes, et les cellules microgliales. Les termes de cellules névrogliques, de névroglie ou de glie sont synonymes de celui de cellules gliales.

4.1.1 Les cellules épendymaires

Les cellules épendymaires ou épendymocytes bordent une cavité du système nerveux central où circule le liquide céphalo-rachidien : le canal épendymaire de la moelle épinière et bordent aussi les ventricules cérébraux. Ce sont des cellules cylindriques unies à leur pôle apical par des complexes de jonction. Le pôle apical porte des cils vibratiles et quelques microvillosités. le pôle basal se termine par une expansion cytoplasmique filiforme difficilement perceptible.

4.1.2 Astrocytes

De forme étoilée, les astrocytes sont faits d'un corps cellulaire contenant le noyau et de prolongements cytoplasmiques diversement ramifiés. En microscope électronique, ils se caractérisent par l'abondance, dans le cytoplasme du corps cellulaire et des prolongements, de filaments intermédiaires (gliofilaments) riches en **GFAP** (protéine glio-fibrillaire acide) et de grains de glycogène. Ce stock glycogénique constitue la principale réserve énergétique cérébrale.

Les astrocytes protoplasmiques, aux prolongements courts et arborescents, qui se rencontrent le plus souvent dans la substance grise, les **astrocytes fibreux**, aux nombreux prolongements effilés et non ramifiés, présents dans la substance blanche : ce sont eux qui forment les fibres gliales (cicatrices).

4.1.3 Les oligodendrocytes

Les oligodendrocytes possèdent un corps cellulaire de petit volume d'où partent quelques prolongements cytoplasmiques, plus fins et moins nombreux que ceux des astrocytes. Les oligodendrocytes de la substance blanche élaborent la myéline du SNC.

4.1.4-Les cellules microgliales

En microscope optique, les cellules microgliales (ou microglie) apparaissent comme des cellules de petite taille, avec un noyau arrondi ou ovalaire, dense et un cytoplasme visualisé soit par des colorations argentiques. Les cellules microgliales proviennent des monocytes sanguins ayant pénétré dans le parenchyme du SNC et peuvent, lors de lésions du tissu nerveux, s'activer et se transformer en macrophages. Les cellules présentatrices de l'antigène dans le SNC sont les cellules microgliales. Lorsqu'elles sont activées, les cellules microgliales sécrètent de nombreuses molécules dont plusieurs cytokines, des protéases, des anions superoxyde et de l'oxyde nitrique NO.

5. Organisation des nerfs

Chaque nerf périphérique est constitué d'un ou plusieurs faisceaux (fascicules) de fibres nerveuses. Dans les fascicules, chaque fibre nerveuse individuelle, avec sa cellule de Schwann associée, est entourée d'un fin feutrage de tissu conjonctif lâche vasculaire appelé (Endonèvre, ou endoneurium). Chaque fascicule est entouré d'une couche dense de tissu collagène résistant revêtu d'une couche de cellules épithéliales aplaties (Perinèvre, ou Perineurium). Dans les nerfs périphériques comportant plus d'un fascicule, une couche supplémentaire de tissu collagène lâche appelée (épinèvre ou Perineurium), réunit les fascicules et constitue en périphérie une gaine cylindrique solide. De nombreux vaisseaux, issus des tissus qui les entourent et des artères de voisinage, pénètrent dans les nerfs pour les vasculariser. Les gros vaisseaux cheminent longitudinalement dans les compartiments délimités par le Perinèvre et l'épinèvre, tandis que l'endonèvre contient un riche réseau capillaire (**fig. 61**).

6. Terminaisons nerveuses : la synapse

Une synapse est un type particulier de jonction cellulaire, permettant la communication directe entre cellules nerveuses.

On distingue plusieurs types de synapses

- **Les synapses axo-somatiques** : où le contact s'établit entre l'axone d'un neurone et le corps cellulaire d'un autre neurone.
- **Les synapses axo-dendritiques** : où le contact s'établit entre l'axone d'un neurone et les dendrites d'un autre axone.
- **Les synapses axo-axoniques** : où le contact s'établit entre l'axone d'un neurone et l'axone d'un autre neurone.

On parle de complexe synaptique pour désigner l'élément pré-synaptique, la fente pré-synaptique, et l'élément post-synaptique. Les vésicules synaptiques sont des organites de stockage du neurotransmetteur qui peut être libéré dans la fente synaptique. En face, la membrane post-synaptique est composée de structures protéiques servant d'ancrage pour les récepteurs post-synaptiques (**fig.62**).

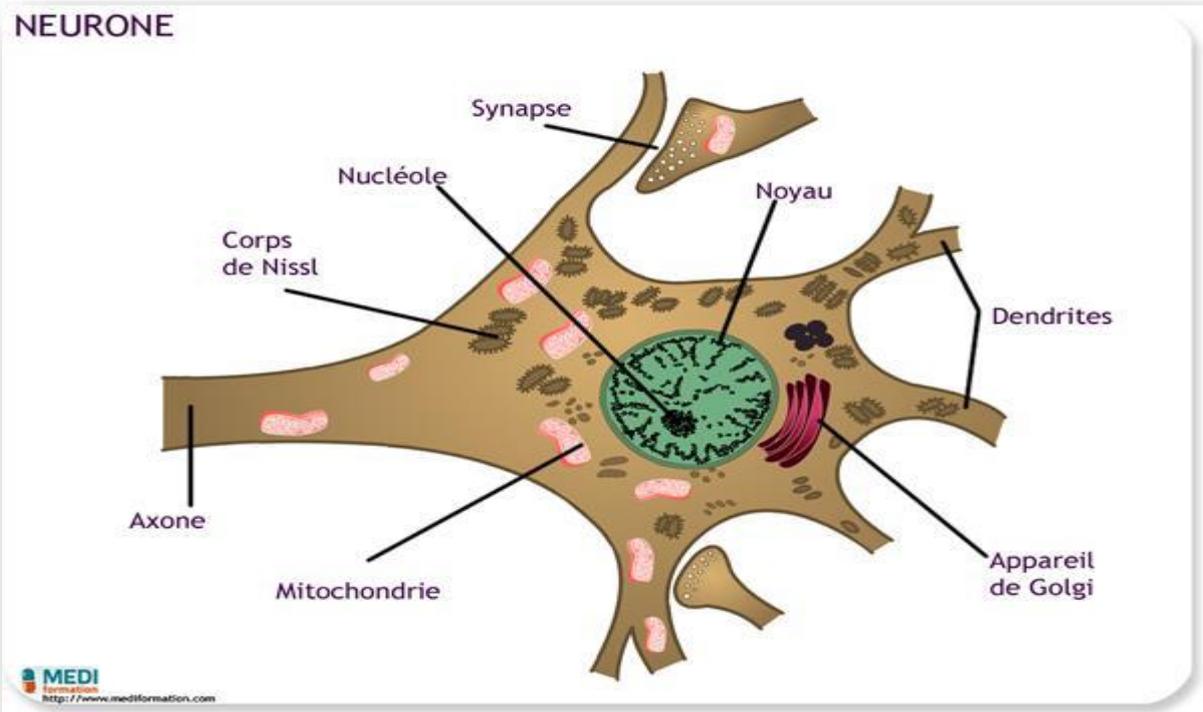


Figure 58 : Structure du neurone

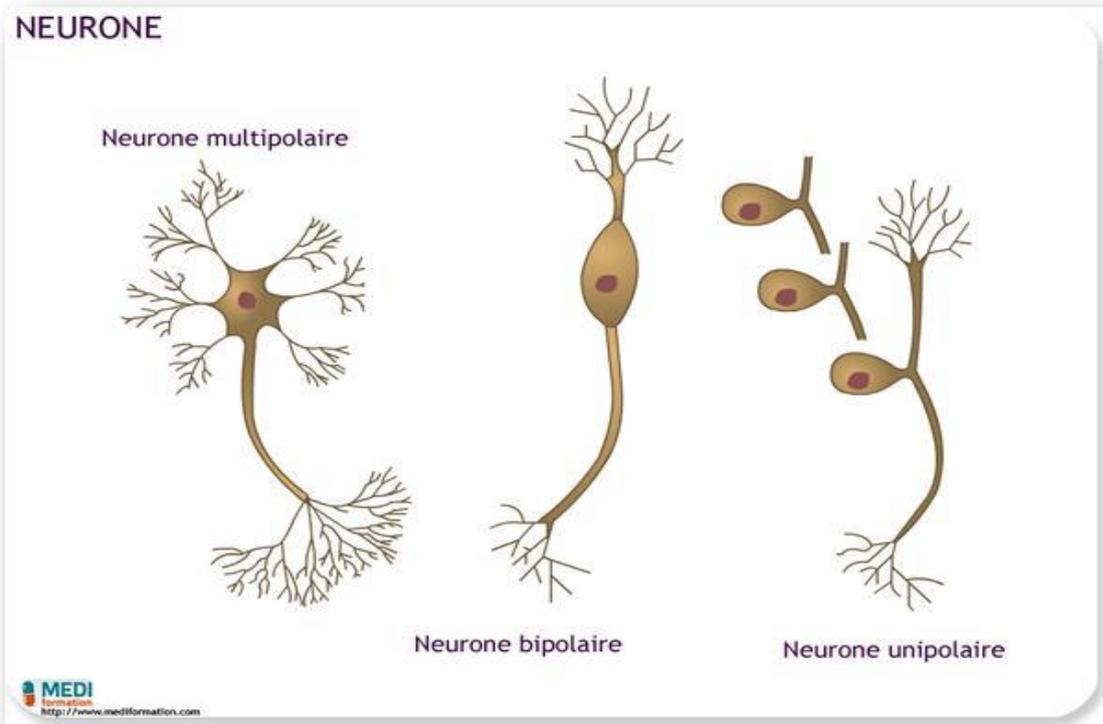


Figure 59 : Classifications des neurones

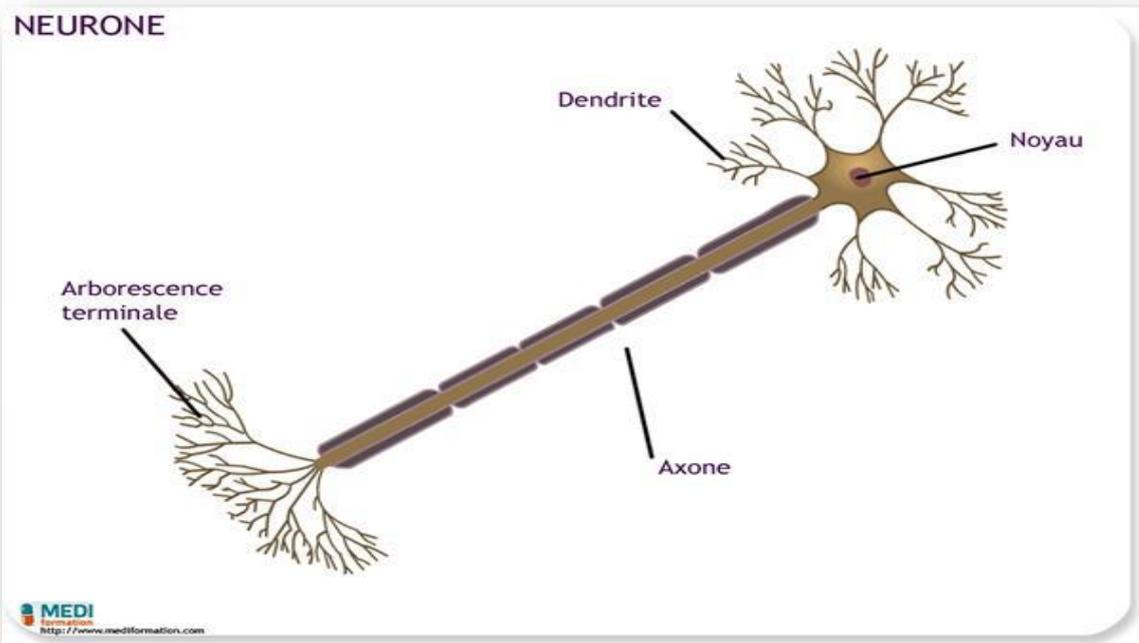


Figure 60 : Cellule nerveuse (neurone)

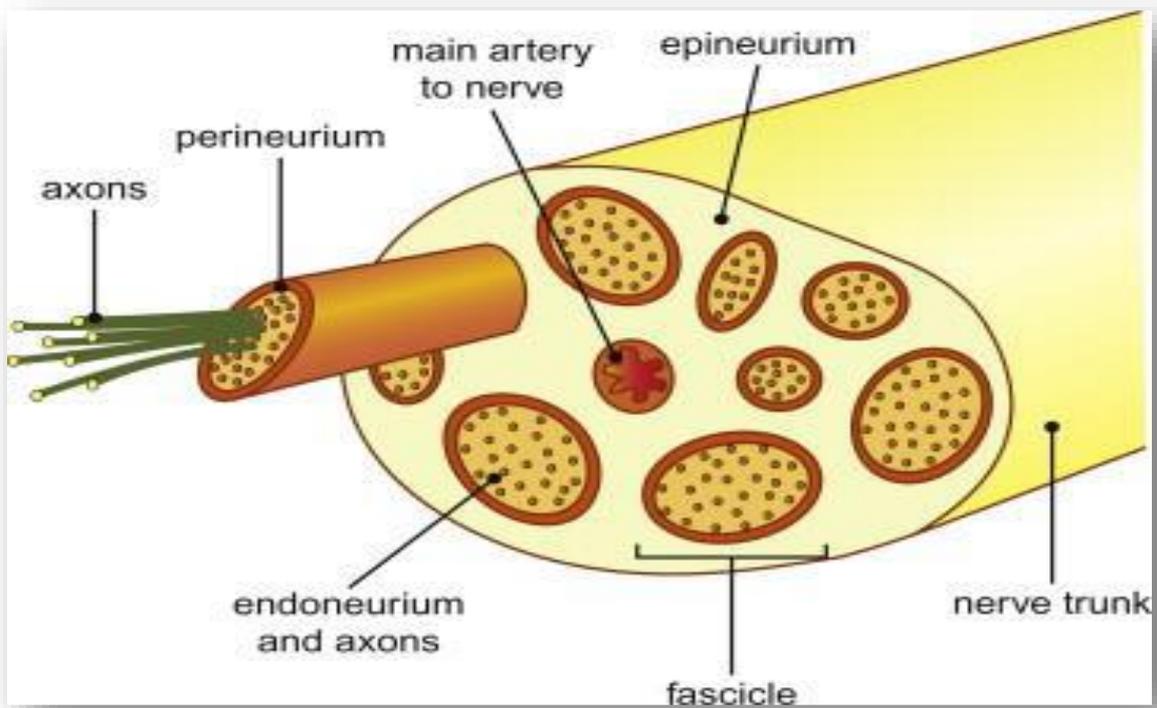


Figure 61 : Organisation des nerfs

Partie 2 : Histologie

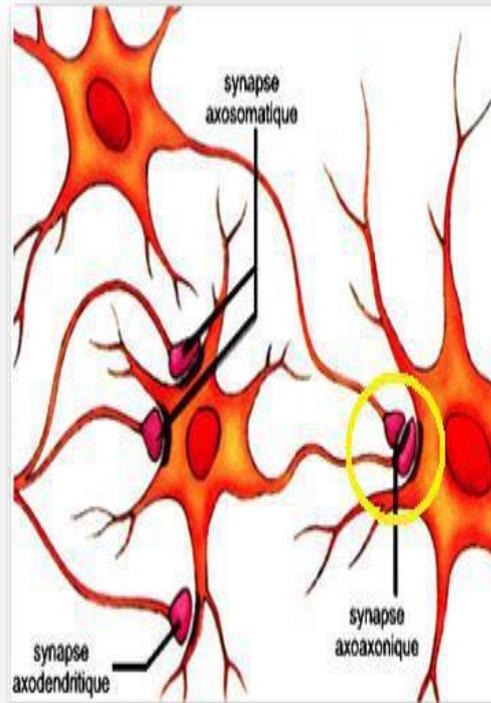
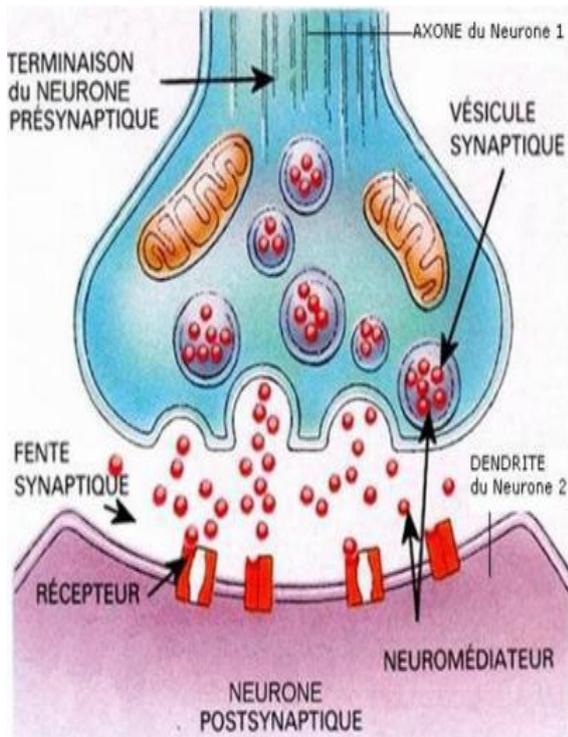


Figure 62 : Les synapses

Références bibliographique

CATALA M., **2011**. Embryologie développement précoce chez l'humain. **Ed. Elsevier-Masson**
230 p

COLLECTIF, 1995. L'embryon humain : approche multidisciplinaire : actes du colloque des 9 et 10. Paris, 336 p.

COLLECTIF, **1996**. L'embryon humain est-il humain ?, Paris, Presses universitaires de France, 93 p.

COUJAR R, POIRIER J, RACADOT J, **1980**. Précis d'Histologie humaine, Ed **Masson**

DADOUNE JP, **2000**. Histologie 2ème édition - Ed **Médecine Sciences** Flammarion

DIDIER RABINEAU, **1998**. Précis d'embryologie humaine, Paris, Ellipses, 128 p.

DUDEK, RONALD W. HIGH-YIELD, **2001** *Embryology, 2nd ed.*

FILIFE TENORIO LIRA NETO, PHIL VU BACH, BOBBY B. NAJARI ET PHILIP S. Li, **2016**. Spermatogenesis in humans and its affecting factors », *Seminars in Cell & Developmental Biology, molecular Mechanisms in Spermatogenesis*, vol. 59., p. 10–26

FOUCRIER J, BASSEZ G, **2020**. PASS UE2 Reproduction et Embryologie. 5ème édition. . **Ed science**. 368 p

GRIGNON G, **1996**. Les cours de PCEM Cours Histologie - Ed **Ellipses**

HUTIN ED .A, **1981**. Aspects cytologiques normaux et pathologiques des éléments du sang et des organes hématopoïétiques, Centre d'Arts Graphiques

J. Poirier, 2005. Les trois révolutions de l'histologie, Morphologie, vol. 89, n° 284, p. 5-11

JUNQUEIRA LC, CARNEIRO J., KELLEY R.O, **2001**. Histologie 2ème édition française -Ed **Piccin**
120p

KRSTIC RV., **1988** .Atlas d'Histologie générale - Ed **Masson**.

KUHNEL W traduit par ROOS J, **1991**. Atlas de poche d'Histologie, **Flammarion Médecine Sciences**

LEFRANC G, in COUJARD R, POIRIER J, RACADOT J, **1980**. Précis d'Histologie Humaine- Ed **Masson**

MAILLET M, **1980**. Histologie des organes-Coll Academic Press

MOORE, KEITH L. AND T.V.N, **2003**. Persaud. The Developing Human: Clinically Oriented Embryology, 7th ed.

PHILIPPE CASPAR, **2003**. L'embryon au II^e siècle, Paris, L'Harmattan, 174 p.

POIRIER J, RIBADEAU-DUMAS J.L, **1993**. Histologie -Ed **Masson** 201p

POIRIER J, RIBADEAU-DUMAS J.L, **1993**. Histologie, Editions **Masson** 4e édition, 225p

POIRIER J, RIBADEAU-DUMAS J.L, Catala M., Andre J.M., Gherardi R., Bernaudin J.F., **1999**. Histologie, moléculaire. Ed **Masson**

POIRIER J, RIBADEAU-DUMAS J.L., Catala M., Andre JM., Gherardi R., Bernaudin JF., **2000**. Histologie, les tissus - Abrégés Ed **Masson** 315p

R. T. GEIRSSON, 1991. « Ultrasound instead of last menstrual period as the basis of gestational age assignment », *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, vol. 1, n° 3, p. 212–219

RICHARD J. FEHRING, MARY SCHNEIDER ET KATHLEEN RAVIELE, 2006. Variability in the Phases of the Menstrual Cycle », *Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing*, vol. 35, n° 3, , p. 376–384

RICHARD M. SHARPE, **2010**. Environmental / lifestyle effects on spermatogenesis. *Philosophical Transaction of the Royal Society / Biological Sciences B*; vol. 365 n° 1546 1697-1712

SADLER T.W, LANGMAN J, **2028**. Traduction française par Bertrand Bloch. Embryologie médicale. 9e édition française. **Ed. Pradel**

STEVENS A, LOWE J, 1993. Traduction française par Chopin H., Coolet A., Validire P. Histologie, Edition **Pradel** 245p

STEVENS J, LOWE J, **1992**. Histologie - Ed **Pradel**

TACHDJIAN S, BRISSET S, COURTOT A. M, SCHOEVAERT D , TOSCA L , **2016**. Embryologie et histologie humaines. **Ed. Elsevier-Masson** 376 pages

TACHDJIAN G , BRISSET S, COURTOT A.M , SCHOEVAERT D , TOSCA L , ULRICH D, **1994**. Atlas de poche d'embryologie. Ed. **Médecines –sciences. Flammarion**

VINCENT BOURGUET, 1999. L'être en gestation : réflexions bioéthiques sur l'embryon humain, Paris, Presses de la Renaissance.

WILLIAM L, SCHOENWOLF G.C , BRAUER P. R, FRANCIS-WEST P, **2018**. Traduction française par Jean Milaire . Embryologie humaine de Larsen . 4e Édition **de Boeck**. 56 p.

WILLIAM LARSEN, GARY C. SCHOENWOLF, PHILIP R. BRAUER ET PHILIPPA FRANCIS-WEST, 2017 *Embryologie humaine de Larsen*, DE BOECK SUP.

YVONNE A R WHITE, DORI C WOODS, YASUSHI TAKAI ET OSAMU ISHIHARA,, **2012** . Oocyte formation by mitotically active germ cells purified from ovaries of reproductive-age women », *Nature Medicine*, vol. 18, n° 3, 26, p. 413–421.