

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'Enseignement Supérieur Et De La
Recherche Scientifique



Université d'Ibn Khaldoun -Tiaret-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département SNV

Polycopie des travaux pratiques
module biologie animale

Destiné aux étudiants de la 1ère année licence,

Tronc Commun (LMD)

Elaboré par:
M^{me} S. Mokhtari

2021-2022

Avant-propos

Le document que nous avons l'honneur de présenter est un recueil d'un ensemble de travaux pratiques de biologie animale. Comporte l'embryologie, et l'histologie. Cette Unité d'enseignement, est enseignée au deuxième semestre de la première année (L1) du premier cycle. Les "TP illustrés" établis selon le programme officiel du socle commun des sciences de la nature et de la vie établi par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.

Public cible

Ces TP sont destinés aux étudiants de la 1 ère année licence en science de la nature et de la vie.

Objectifs généraux

Les TP en biologie animale visent à rendre l'étudiant capable de:

- ❖ Compléter les connaissances apprises pendant les cours théoriques.
- ❖ Connaitre les processus de formation des gamètes mâles et femelles.
- ❖ Comprendre les processus de fécondation et de développement de l'œuf fécondé
- ❖ Connaitre les différents types des tissus.

Table des matières

Partie 01: Gamétogénèse

TP 01: La spermatogénèse chez les mammifères

1. Les stades du développement de la spermatogénèse

❖ Travail à faire

Observation et dessin d'une coupe transversale d'un testicule (Détail d'un tube séminifère) (Lames et photos)

TP 02: L'ovogenèse chez les mammifères

1. Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires

❖ Travail à faire

Observation et dessin d'une coupe transversale d'un ovaire (Détail des différents stades de l'ovogenèse) (Lames et photos)

TP 03 Le développement embryonnaire chez les échinodermes

1. Les stades de l'embryogenèse d'un échinoderme

❖ Travail à faire

Observation et dessin « stade morula » (amas de cellules) « stade blastula » et « gastrula » du développement embryonnaire de l'oursin (Lames et photos)

Observation et dessin de larve pluteus du développement embryonnaire de l'oursin (Lames et photos)

TP 04: Le développement embryonnaire chez les amphibiens

1. Les stades de l'embryologie des amphibiens

❖ Travail à faire

Observation et dessin d'une blastula d'amphibiens (Lames et photos)

La segmentation est un période pendant laquelle les cellules se divisent élaborant le premier feuillet embryonnaire. Chez la grenouille, il entoure une cavité, le blastocœle.

TP 05: Le développement embryonnaire chez les oiseaux

1. Etapes du développement de l'embryon

2. Les annexes embryonnaires

3. Différents types d'œufs

❖ Travail à faire

Observation et dessin D'Œufs de poule observés à divers stades de développement. (Lames et photos) 18 heures, 56 heures 64, heures.....4^e, 7^e, 11^e, 14^e, 20^e et 21^e jours d'incubation.

Partie 02: Histologie

TP 06: Les épithéliums de revêtement

1. Classification et structure

❖ Travail à faire

Observation et dessin d'une coupe transversale de la Trachée

Observation et dessin d'une coupe transversale au niveau d'une villosité intestinale

TP 07 Les épithéliums glandulaires

❖ Travail à faire

Observation et dessin d'une coupe transversale du foie

Observation d'une coupe transversale au niveau de la thyroïde

TP 08: Les tissus conjonctifs

❖ Travail à faire

Observation et dessin du Tissus Adipeux

Observation et dessin d'une coupe transversale d'un os compact

TP 09: Les tissus musculaires

1. Les différents types de tissu musculaire

❖ Travail à faire

Observation et dessin d'une coupe longitudinale du muscle strié squelettique (Détail d'une fibre musculaire) (Lames et photos)

TP 10: Les tissus nerveux

❖ Travail à faire

Observation et dessin du cortex cérébelleux (Lames et photos)

Observation et dessin du ganglion spinal (rachidien)

Listes des figures

- Figure 1:** La spermatogenèse dans les tubes séminifères
Figure 2: Les générations de la spermatogenèse
Figure 3: Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires.
Figure 4: Schéma d'un ovaire de mammifère présentant toutes les étapes du cycle ovarien
Figure 5: Oursin de mer
Figure 6: Carte des territoires présomptifs de la blastula de l'étoile de mer
Figure 7: Les modalités de la gastrulation
Figure 8: Les stades de l'embryogenèse d'un échinoderme
Figure 9: Schéma d'un œuf vierge de grenouille mettant en évidence le pigment cortical
Figure 10: Les axes déterminés dans l'œuf d'amphibien après la fécondation
Figure 11: Les étapes du développement embryonnaire chez les vertébrés: le modèle amphibien
Figure 12: Œufs de poule observés à divers stades de développement.
Figure 13: Classification des épithéliums selon leurs caractères morphologiques
Figure 14: Epithélium pseudostratifié de la trachée
Figure 15: Détail d'une villosité intestinale
Figure 16: Détail d'une portion d'un lobule hépatique
Figure 17: Coupe du Pancréas
Figure 18: Coupe de la thyroïde (au fort grossissement)
Figure 19: Coupe du foie (faible grossissement)
Figure 20 : Tissus conjonctifs lâche
Figure 21 : Tissus conjonctifs dense
Figure 22: Le tissu sanguin
Figure 23 : Schéma du tissu adipeux
Figure 24: Schéma d'une coupe d'un os compact
Figure 25: Schéma d'une coupe longitudinale du tissu musculaire lisse
Figure 26: Schéma du muscle Cardiaque en coupe longitudinale
Figure 27: Coupe longitudinale du tissu musculaire strié squelettique
Figure 28: Schéma du cortex cérébelleux
Figure 29: Schéma d'une coupe d'un ganglion spinal

Liste des tableaux

Tableau 01: Etapes du développement de l'embryon

TP1**La spermatogenèse chez les mammifères**

La gamétogenèse est l'ensemble des processus s'effectuant sur les plans nucléaire, cytoplasmique et physiologique qui permettent, en partant des cellules germinales relativement indifférenciées, d'aboutir à un type cellulaire hautement spécialisé: le gamète.

On nomme spermatogenèse la gamétogenèse à évolution mâles aboutissant à la production des spermatozoïdes, et ovogenèse la gamétogenèse à évolution femelles aboutissant à la production des ovules.

I. La spermatogenèse

La spermatogenèse commence dans les testicules des mammifères au début de la puberté. Celle-ci englobe la totalité du développement, allant de la spermatogonie (cellule germinale primordiale différenciée) jusqu'au spermatozoïde. Les cordons sexuels jusqu'alors pleins dans les testicules de l'enfant se perméabilisent au début de la puberté et se transforment alors en tubes séminifères contournés atteignant une longueur d'environ 50-60 cm; ils sont si nombreux que leur longueur totale peut atteindre 300 à 350 m chez un male adulte. Ils sont constitués par un épithélium germinale qui est composé de deux différentes populations cellulaires: les cellules de soutien (cellule de Sertoli) et les différents stades des cellules germinales en division et en différenciation.

1. Structure de l'épithélium germinale

L'épithélium est constitué par les cellules de soutien de Sertoli et par les cellules germinales. Les cellules de Sertoli forment une couche unistratifiée qui s'étend de la membrane basale à la lumière des tubes. Elles entourent les différents types de cellules germinales plus ou moins complètement avec leurs prolongements cellulaires. La spermatogenèse s'effectue ainsi au contact étroit des cellules de Sertoli qui n'ont pas seulement une fonction de soutien et de nutrition, mais aussi une activité sécrétrice et phagocytaire. Elles sont reliées les unes aux autres un peu au-dessus de la membrane basale par des jonctions serrées « tight junction », il en résulte 2 zones dans l'épithélium: une zone basale dans laquelle sont alignées les spermatogonies et une zone adluminaire où se développent les cellules de tous les autres stades de la spermatogenèse (Figure 1).

C'est sur la membrane basale des tubes séminifères contournés que se trouve la population des cellules souches des cellules germinales. Ce sont les spermatogonies de type A. Elles se divisent par mitose: une des cellules filles renouvelle le stock des spermatogonies de type A, l'autre devient une spermatogonie du type B. Elles se divisent et leurs cellules filles migrent en direction de la lumière. Durant leur migration qui dure environ 64 jours jusqu'à la surface de l'épithélium, elles se différencient en spermatozoïdes. (Lors des divisions cellulaires susmentionnées, la division du cytoplasme n'est pas complète. Les cellules filles restent attachées par des ponts cytoplasmiques. Dans la dernière génération, des spermatides notamment, beaucoup plus de cellules sont attachées les unes aux autres que celles représentées ici.

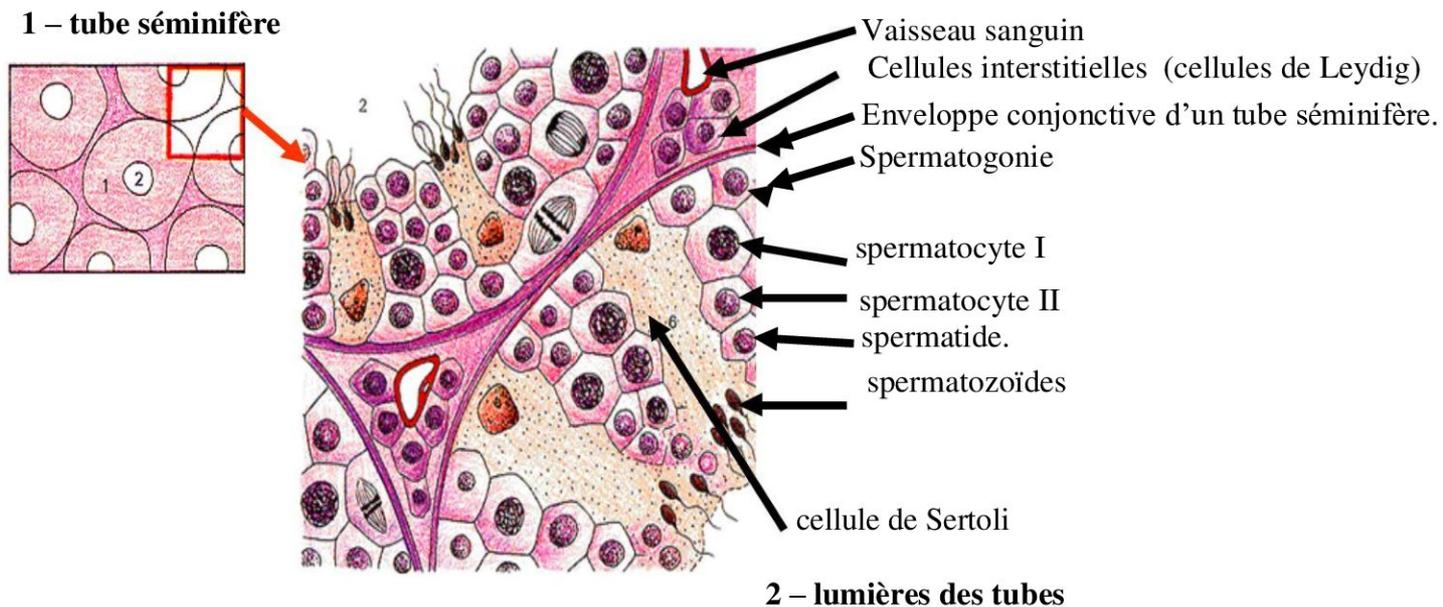


Figure 1: La spermatogenèse dans les tubes séminifères

2. Stades du développement de la spermatogenèse

Au cours de la spermatogenèse, les cellules germinales en voie de différenciation se déplacent entre les cellules de Sertoli adjacentes en direction de la lumière. Elles passent par les stades suivants du développement:

- Spermatogonie A
- Spermatogonie B
- Spermatocyte primaire (= spermatocyte de 1er ordre)
- Spermatocyte secondaire (= spermatocyte de 2e ordre)
- Spermatide
- Spermatozoïde

La spermatogenèse peut être répartie en deux étapes successives:

- La première étape comprend les cellules allant de la spermatogonie au spermatocyte secondaire inclus: elle est appelée **spermatocytogenèse**.
- La seconde étape comprend la différenciation/maturation des spermatozoïdes à partir des spermatides: elle est appelée **spermiogenèse** respectivement **spermiogénèse** (Figure 2).

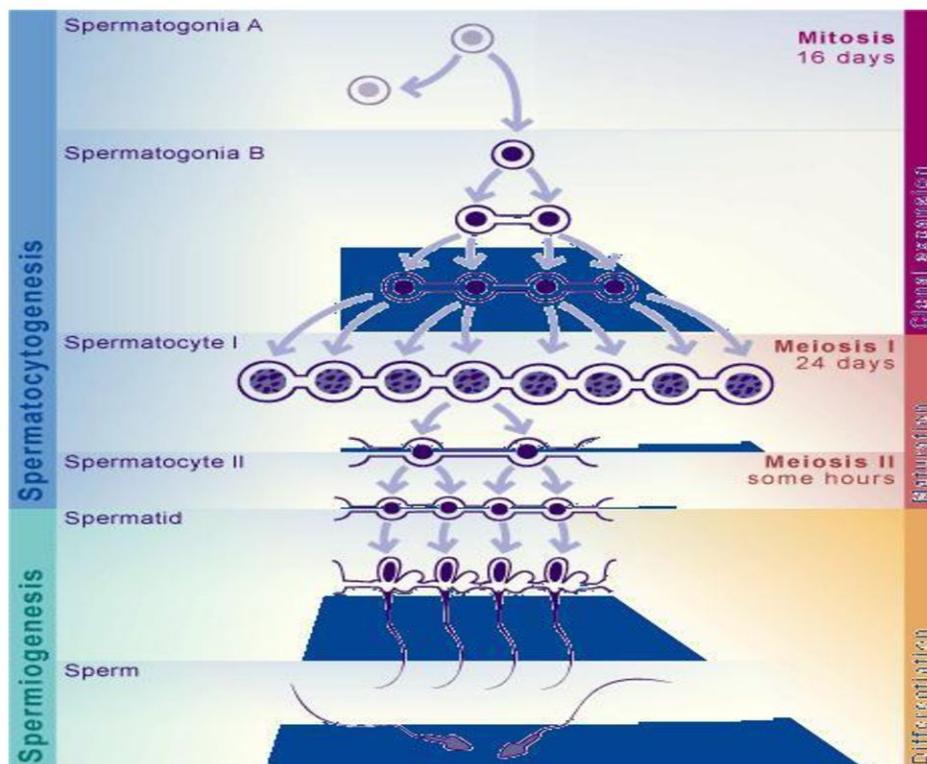


Figure 2: Les générations de la spermatogenèse

Travail à faire

1. Observation et schéma d'une coupe transversale d'un testicule (Détail d'un tube séminifère) (Lames et photos)

Lors de l'observation d'une section d'un tube séminifère contourné, on remarque que les cellules d'un même stade apparaissent en groupes (clones). Toutefois tous les stades de la spermatogenèse ne sont pas représentés sur une section d'un tube séminifère.

Cette apparence est liée au fait qu'à chaque division cellulaire d'une spermatogonie B, les cellules filles restent reliées par des ponts cytoplasmiques alors que leur nombre à la génération suivante sera doublé. Les dérivés d'une spermatogonie B forment ainsi à terme un grand syncytium avec des groupes cellulaires au même stade de développement. En outre, plusieurs générations de spermatogenèse sont enroulées en spirale les unes sur les autres.

Raison pour laquelle on rencontre sur une section de tube séminifère des groupes de différentes générations. Malgré cela, il n'est presque pas possible de trouver tous les stades du développement réunis sur une section.

TP2**L'ovogenèse chez les mammifères****1/ Structure de l'ovaire**

L'ovaire peut être divisé en une zone corticale (cortex ovarien) et une zone médullaire (médullaire ovarienne). Dans le tissu conjonctif lâche de la médullaire ovarienne se trouvent des vaisseaux sanguins et lymphatiques, alors que les ovocytes se trouvent dans la zone corticale à différents stades folliculaires (Figure 3).

2/ Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires**2. 1/ Follicules primordiaux**

Au moment de la naissance, tous les ovocytes primaires sont entourés par une mince couche unistratifiée de cellules épithéliales folliculaires aplaties. Celles-ci sont séparées du reste du stroma ovarien par une mince membrane basale. Les cellules épithéliales folliculaires dérivent de l'épithélium cœlomique. Les follicules primordiaux représentent en permanence la majorité des follicules dans l'ovaire (Figure 3).

3. 2/ Follicules primaires

Lors du passage du follicule primordial au follicule primaire, l'épithélium folliculaire qui entoure l'ovocyte devient cubique ou prismatique (Figure 3).

3. 3/ Follicules secondaires

Lorsque les follicules primaires persistent, ils se transforment en follicules secondaires au moment où l'épithélium folliculaire devient pluristratifié. Ce dernier va alors former la couche granuleuse. En outre, une couche de glycoprotéines, la zone pellucide, apparaît à ce stade entre l'ovocyte et l'épithélium du follicule secondaire. Des prolongements cytoplasmiques issus des cellules adjacentes de la couche granuleuse traversent la zone pellucide pour assurer l'approvisionnement de l'ovocyte. Au-delà de la membrane basale, le stroma ovarien se transforme en thèque du follicule (Figure 3).

3. 4/ Follicules tertiaires (cavitaire)

Lorsque les follicules secondaires persistent, ils se transforment en follicules tertiaires ou follicule cavitaire. Ils se caractérisent par l'apparition des petites lacunes remplies de liquide dont la confluence forme la cavité folliculaire (antrum) dans la granulosa. Autour de l'ovocyte, la granulosa fait saillie dans la l'antrum constituant le cumulus oophorus ou disque proligère. L'ovocyte est devenu entre-temps si grand que son noyau a la taille d'un follicule primaire. Le tissu conjonctif autour du follicule s'est déjà différencié en une thèque interne bien vascularisée avec de grandes cellules riches en lipides (production hormonale) et en une thèque externe qui forme la transition avec le stroma de l'ovaire et qui contient les grands vaisseaux (Figure 4).

3. 5/ Follicule mûr (= Follicule de De Graaf)

Il correspond à un follicule tertiaire particulièrement grand, gonflé de liquide folliculaire, il fait hernie à l'extérieure de l'ovaire. Autour de l'ovocyte, les éléments de la granulosa s'orientent de façon précise en constituant **la corona radiata**.

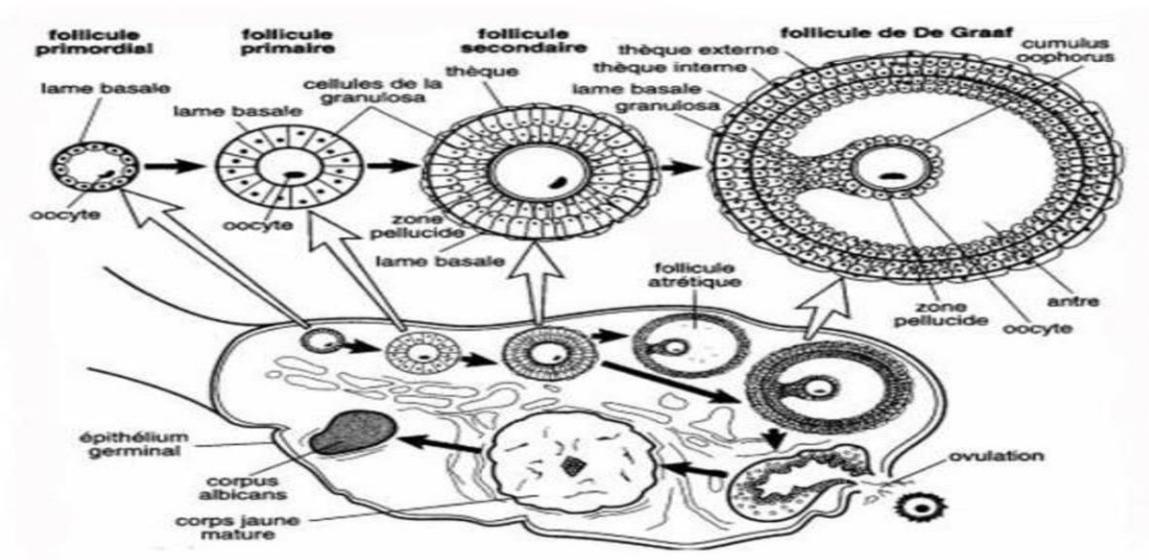


Figure 3: Les stades folliculaires: des follicules primordiaux aux follicules tertiaires.

Travail à faire

1. Observation et schéma d'une coupe transversale d'un ovaire (Détail des différents stades de l'ovogenèse) (Lames et photos)

Une vue général d'une coupe transversale d'ovaire au faible grossissement montre qu'il existe deux parties, une partie corticale et une partie médullaire. Des follicules à différents stades sont présents dans la zone corticale de l'ovaire.

Noter aussi la taille petites des follicules primordiaux, ils représentent en permanence la majorité des follicules dans l'ovaire.

Il faut bien observer la forme des cellules de l'épithélium folliculaire (unistratifiée) qui devient cubique ou prismatique en passant au stade follicules primaire.

Au moment où l'épithélium devient pluristratifié (couche granuleuse) on parle de follicule secondaire.

Le follicule tertiaire est caractérisé par l'apparition des petites lacunes ou cavités folliculaires (antrum) dans la granulosa. L'ovocyte entourer d'une zone pellucide augmente de taille, à ce stade il y a apparitions des deux thèques (interne et externe).

Il faut essayer de dessiner le follicule de Graaf et aussi essayer de chercher le corps jaune. Dessiner d'abord le contour de l'ovaire et aussi qu'il faut respecter les proportions cad représenter la taille des follicules selon la vue d'ensemble.

Pour le détail de chaque follicule il faut passer au fort grossissement en vous aidant aussi par quelques photos de lames pour compléter les légendes.

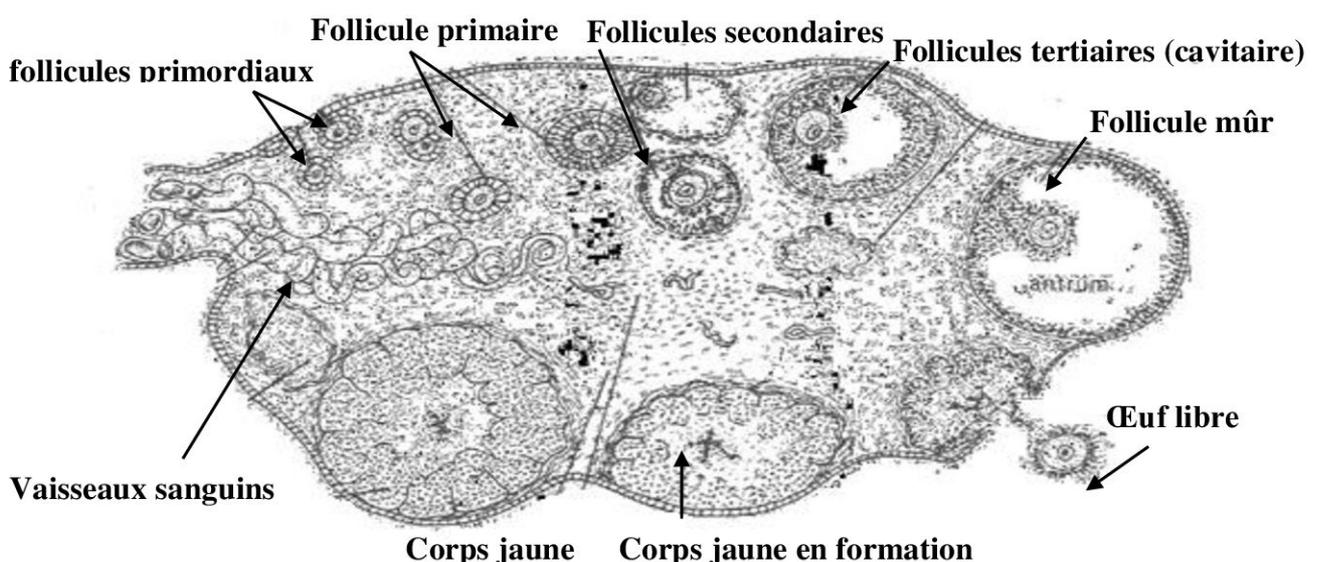


Figure 4: Schéma d'un ovaire de mammifère présentant toutes les étapes du cycle ovarien

TP 03

Le développement embryonnaire chez les échinodermes

Comment une seule cellule, le zygote, peut-il donner naissance à un être humain composé de centaines de milliards de cellules différentes qui vont former les tissus et les organes ?

La cellule œuf se divise plusieurs fois, ainsi les cellules croissent en nombre. Pour que la cellule œuf devienne un embryon, les cellules se différencient, c'est-à-dire qu'elles deviennent des cellules spécialisées qui vont composer les tissus et les organes de l'être vivant. Des mouvements de cellules et de tissus sont également nécessaires pour que la masse cellulaire de l'embryon prenne une forme tridimensionnelle, c'est la morphogenèse.

Les étapes du développement embryonnaire sont au nombre de cinq à savoir:

- **La fécondation**
- **Le clivage ou segmentation**
- **la gastrulation**
- **la neurulation**
- **L'organogenèse.**

Modalités de développements

Selon les espèces:

- **Oviparité absolue:** développement de l'œuf en dehors de l'organisme maternel.
- **Viviparité absolue:** développement de l'œuf à l'intérieur de l'organisme maternel et mise en place de relations foeto- maternelles (placenta)
- Divers degrés intermédiaires:
- **Ovo-viviparité:** incubation puis éclosion (= ponte)
- **Para-viviparité:** éclosion (= ponte) puis incubation.

1. Les stades de l'embryogenèse d'un échinoderme

Les échinodermes (littéralement, peau de hérisson) sont ainsi nommés car leur derme possède des spicules ou des plaques calcaires épineuses. Ils constituent un groupe zoologique

marin caractérisé par une symétrie radiaire d'ordre 5 à l'état adulte (symétrie pentaradiée) (Figure 4).

En fait, la morphologie des échinodermes varie selon les familles et la symétrie pentaradiée si caricaturale d'une astérie ou d'une ophiure est moins apparente chez un oursin ou une holothurie. Cette symétrie, est acquise à la suite d'une métamorphose qui intervient à la fin du développement embryonnaire et larvaire.

L'exemple choisi est l'étoile de mer, c'est un échinoderme qui a habituellement cinq bras à partir d'un centre (symétrie penta radiale). On dénombre au moins 1 600 espèces réparties en plus de trente familles dans tous les océans.

La reproduction de l'étoile de mer est bien connue: c'est le premier animal chez qui on ait pu observer la fécondation de l'œuf.

Les sexes sont séparés et les étoiles de mer ne s'accouplent pas: les mâles rejettent dans l'eau de mer des millions de spermatozoïdes, tandis que les femelles libèrent des quantités d'ovules. Les spermatozoïdes fécondent les ovules en pleine eau, et donnent un œuf, d'où naîtra plus tard une petite larve en forme de tour Eiffel appelée *pluteus*, qui se métamorphosera pour devenir une étoile de mer adulte.

L'œuf d'étoile de mer est isolecithe (vitellus distribué de façon homogène)

Le clivage de l'embryon est total (holoblastique)



Figure 05: Oursin de mer

1.1. Le clivage ou la segmentation

Il caractérise le passage de l'état unicellulaire à l'état pluricellulaire. Des mitoses successives et rapides conduisent à la formation du stade blastula (Figure 7). Chaque blastomère subit une bipartition en cellules filles. La totalité du cytoplasme et des réserves ovulaires est répartie dans les cellules filles. La segmentation est totale, égale et méridienne jusqu'au stade 8 blastomères, puis elle devient inégale à partir du stade 16 blastomères. Dès le stade 32 blastomères, la segmentation inégale s'estompe. Au terme de la segmentation, la blastula est composée d'environ 2000 blastomères. Progressivement, une cavité centrale se forme, la cavité de segmentation ou blastocœle.

1.2. La gastrulation

La gastrulation est caractérisée par:

- 1 - L'apparition des mouvements cellulaires coordonnés (mouvements morphogénétiques).
- 2 - La ségrégation des trois tissus fondamentaux: l'ectoderme, à l'origine de l'épiderme, le mésoderme à l'origine des mésenchymes primaire et secondaire, et l'endoderme à l'origine du tube digestif.
- 3 - L'apparition d'une cavité secondaire digestive, l'archentéron.

Parallèlement, le rythme mitotique diminue et le cycle cellulaire s'allonge:

- a - Ingression du mésenchyme primaire.
- b - Migration du mésenchyme primaire.
- c - Inflexion du pôle végétatif dans le blastocœle, qui initie la formation de l'archentéron.
- d - Elongation de l'archentéron et individualisation du mésenchyme secondaire.

De la forme larvaire à l'adulte, la morphologie est profondément remaniée par une métamorphose complexe.

Dans l'ordre pôle animal-pôle végétatif, on distingue les territoires suivants:

- ❖ **Animal 1 (An1)**, à l'origine de l'épiderme des bras oraux.
- ❖ **Animal 2 (An2)**, à l'origine de l'épiderme des bras anaux.
- ❖ **Végétatif 1 (Vg1)**, à l'origine de l'épiderme des bras anaux et de la face anale ainsi qu'une partie de l'endoderme.
- ❖ **Végétatif 2 (Vg2)**, à l'origine de l'endoderme et du mésenchyme secondaire.
- ❖ **Micromères**, à l'origine du mésenchyme primaire (Figure 6).

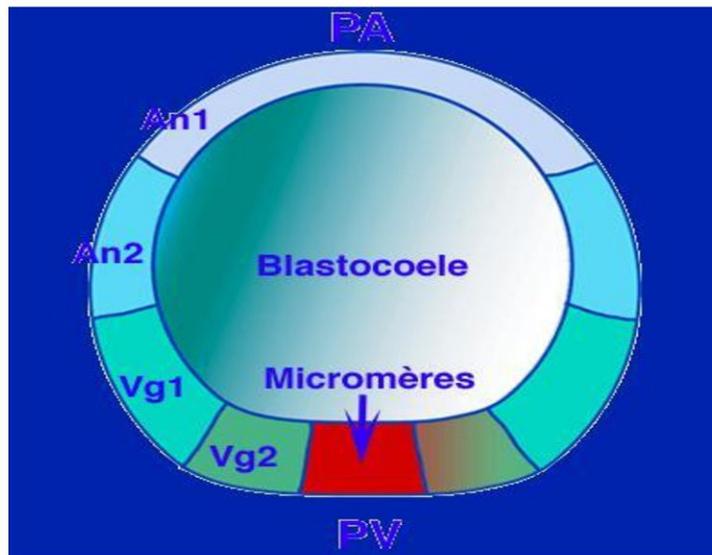


Figure 6: Carte des territoires présomptifs de la blastula de l'étoile de mer.

An1: Animal 1; An2: Animal 2; Vg1: Végétatif 1; Vg2: Végétatif 2; PA: Pôle Animal; PV: Pôle Végétatif

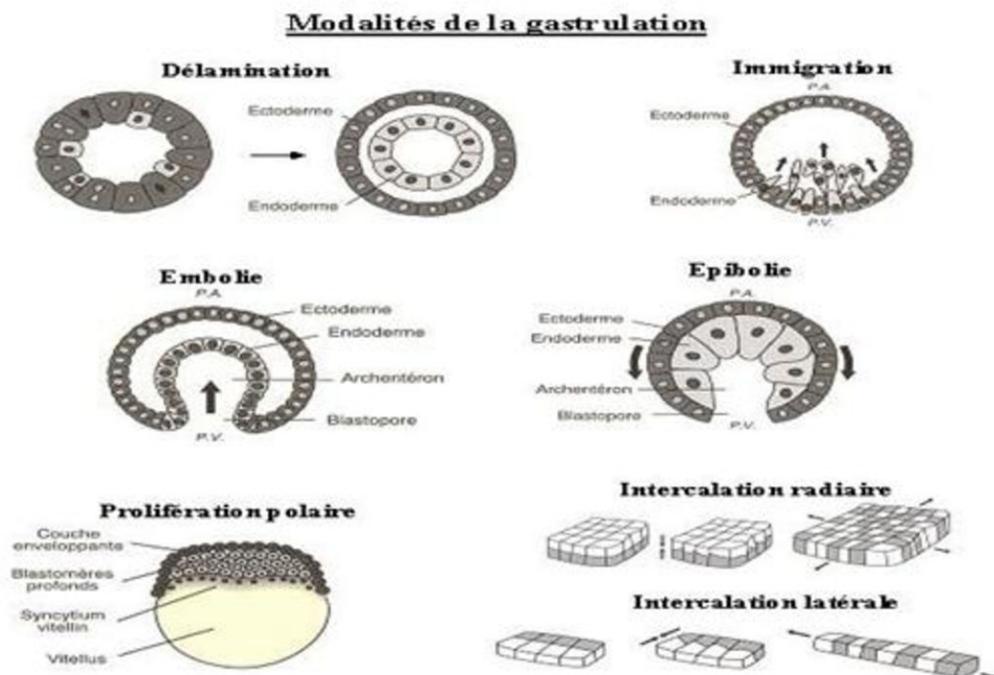


Figure 07: Les modalités de la gastrulation

Travail à faire

1. Observation et schéma « stade morula » (amas de cellules) du développement embryonnaire de l'oursin (Lames et photos)
2. Observation et schéma « stade blastula » et « gastrula » du développement embryonnaire de l'oursin (Lames et photos)
3. Observation et schéma de larve pluteus du développement embryonnaire de l'oursin (Lames et photos)

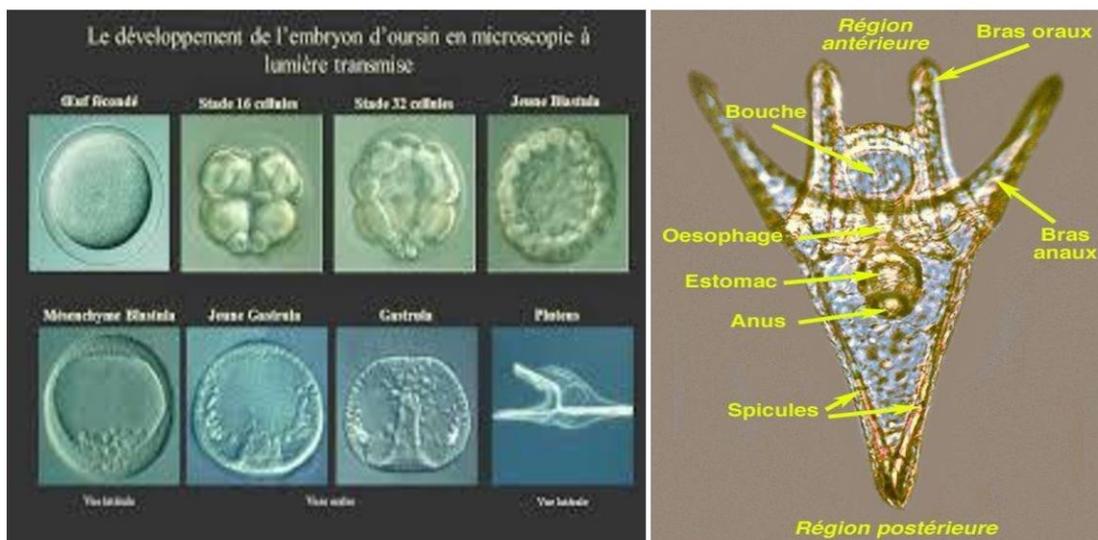


Figure 08: Les stades de l'embryogenèse d'un échinoderme

TP 04

Le développement embryonnaire chez les amphibiens

Les amphibiens constituent un matériel de choix pour une étude embryologique des vertèbres du fait que ce sont:

- ❖ des anamniotes
- ❖ La fécondation est externe
- ❖ la segmentation de l'œuf est totale et inégale

1. Gamètes et fécondation

1.1. Le spermatozoïde

Les spermatozoïdes d'amphibien sont produits par millions et peuvent être obtenus au laboratoire en suspension dans un milieu physiologique d'environ 28 μ de longueur, sa morphologie est classique. On reconnaît bien l'acrosome, le noyau, la pièce intermédiaire et la flagelle pour être fécondants, les spermatozoïdes doivent être mobiles. Ils nagent dans le milieu, propulsés par leur flagelle.

1.2. L'ovocyte

L'ovocyte d'amphibien est polarisé. Il montre des régions très pigmentées et peu pigmentées correspondant respectivement à l'hémisphère animal et à l'hémisphère végétatif.

Une particularité propre aux ovocytes de la grenouille concerne la zone équatoriale qui forme un anneau blanc, dépourvu de pigment. L'axe pôle animal- pôle végétatif correspond au futur axe antéropostérieur. Le diamètre d'un ovocyte varie de 1,1 à 1,3 mm.

Ces dimensions importantes résultent d'une longue phase de croissance dans l'ovaire pendant laquelle la cellule accumule des réserves nutritionnelles appelées, vitellus

La réunion des ovocytes et des spermatozoïdes conduit à la fécondation. Les œufs sphériques des amphibiens ont un diamètre de 1 à 2 mm, ce qui permet de les manipuler facilement, et explique leur utilisation comme modèle en embryologie.

L'œuf d'amphibiens est de type hétérolécithes, ont une segmentation inégale. Des blastomères de plus petite taille dans l'hémisphère animal (du au vitellus qui freine la freine la segmentation).

- la concentration du vitellus au pôle végétal ralentit le clivage (formation de larges cellules).
- de nombreuses petites cellules se forment au pôle animal

1.3. Les pôles

L'ovocyte a une polarité dans l'espace. Il possède un pôle très pigmenté: le pôle **animal** (future partie avant de l'animal) et un pôle végétatif (peu pigmenté) (future partie arrière de l'animal).

Le pigment du pôle animal est noir, il est confiné dans une couche qui coiffe **très superficiellement la périphérie cytoplasme au niveau de ce pôle**

1.4. Première étape: la fécondation

La pénétration du spermatozoïde dans l'hémisphère animal de l'ovule provoque une rotation de 30° du cytoplasme cortical, ce qui va donner naissance au croissant gris (futur dos de l'animal). Une demi-heure après la pénétration du spermatozoïde, l'ovocyte de grenouille s'est orienté en fonction de la pesanteur. L'hémisphère végétatif, plus dense, a basculé vers le bas, laissant apparaître à l'observateur l'hémisphère animal pigmenté.

La calotte pigmentaire de l'hémisphère animal bascule vers le point d'entrée du spermatozoïde laissant à l'opposé de celui-ci des traînées de pigment cortical qui affectent la forme d'un croissant, d'où le terme de croissant dépigmenté ou croissant gris. Après cet événement, la future région dorsale de l'embryon apparaîtra du côté le plus clair de l'œuf fécondé. Inversement, à l'opposé, la face sombre correspondra à la future région ventrale.

Dès la fécondation, la polarité dorso-ventrale est donc établie.

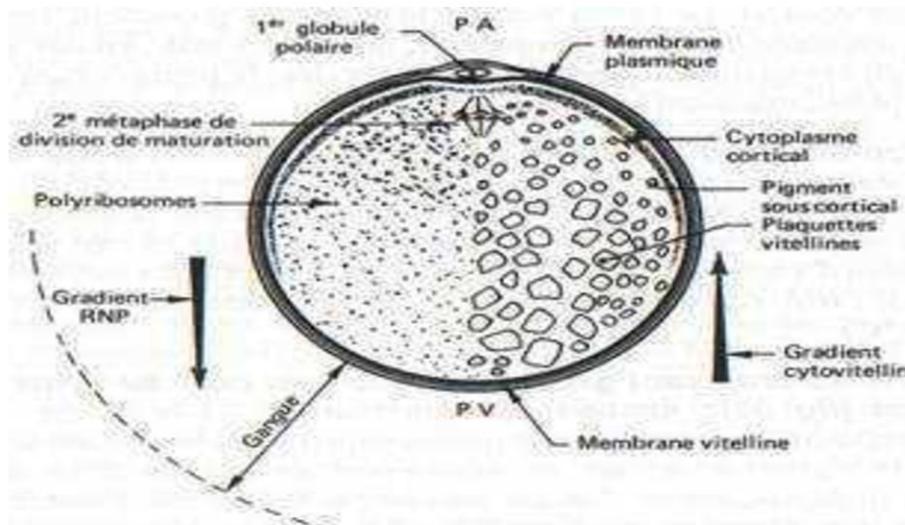


Figure 9: Schéma d'un œuf vierge de grenouille mettant en évidence le pigment cortical présent surtout dans l'hémisphère animal, les gradients de concentration croissante des Ribonucléoprotéides, en allant du PV vers PA, et du vitellus, suivant un gradient inverse PA vers PV

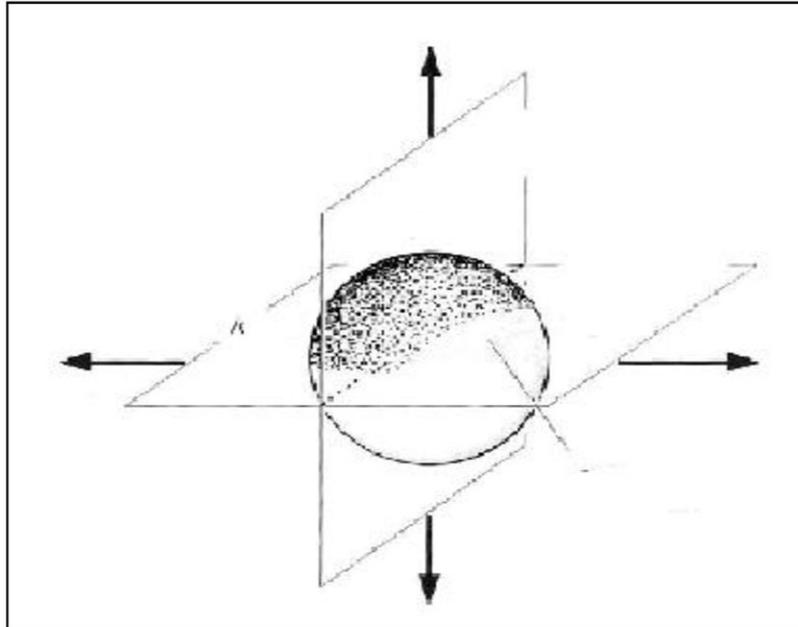


Figure 10: Les axes déterminés dans l'œuf d'amphibien après la fécondation

1. Les stades de l'embryologie des amphibiens

1.1. La segmentation

C'est une succession de divisions cellulaires:

Chez les Amphibiens la segmentation, elle est totale et ensuite radiaire, affecte l'ensemble du germe elle est donc totale (= holoblastique). Les deux premières divisions de segmentation donnent 4 blastomères de taille identique. La troisième division de segmentation aboutit au stade 8 blastomères présentant des caractéristiques différentes : 4 blastomères pigmentés et de taille réduite (= micromères) sont situés au pôle animal et 4 blastomères volumineux riches en vitellus (= les macromères) sont situés au pôle végétatif. L'héritage cytoplasmique est donc différent pour chacune des cellules. Les divisions de segmentation se poursuivent pour former un stade morula transitoire (32 à 64 cellules) auquel succède le stade blastula.

1.2. La gastrulation

Après le stade morula, le rythme des mitoses ralentit, mais des mouvements cellulaires se produisent.

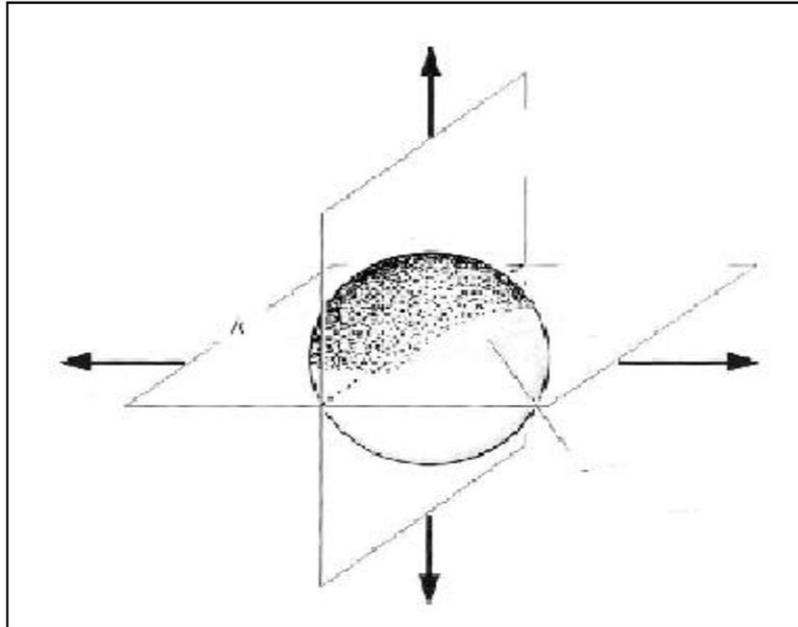


Figure 10: Les axes déterminés dans l'œuf d'amphibien après la fécondation

1. Les stades de l'embryologie des amphibiens

1.1. La segmentation

C'est une succession de divisions cellulaires:

Chez les Amphibiens la segmentation, elle est totale et ensuite radiaire, affecte l'ensemble du germe elle est donc totale (= holoblastique). Les deux premières divisions de segmentation donnent 4 blastomères de taille identique. La troisième division de segmentation aboutit au stade 8 blastomères présentant des caractéristiques différentes : 4 blastomères pigmentés et de taille réduite (= micromères) sont situés au pôle animal et 4 blastomères volumineux riches en vitellus (= les macromères) sont situés au pôle végétatif. L'héritage cytoplasmique est donc différent pour chacune des cellules. Les divisions de segmentation se poursuivent pour former un stade morula transitoire (32 à 64 cellules) auquel succède le stade blastula.

1.2. La gastrulation

Après le stade morula, le rythme des mitoses ralentit, mais des mouvements cellulaires se produisent.

En cours de segmentation, une cavité se creuse dans la blastula: c'est le blastocœle. Il permettra l'invagination des cellules. Il évitera aussi une communication entre des cellules qui normalement auraient été adjacentes. Une encoche apparaît dans le croissant gris: c'est la lèvre dorsale du blastopore (LDP) qui est le point de départ de l'invagination des cellules, phénomène qui définit la

La gastrulation aboutit à la mise en place des 3 feuillets:

- ❖ le feuillet externe ou *ectoblaste*,
- ❖ le feuillet interne ou *endoblaste*
- ❖ le feuillet intermédiaire ou *mésoblaste* (blaste = tissu indifférencié).

Des territoires se redéployent à l'intérieur de l'embryon en comblant l'espace interne formé par le blastocœle. C'est l'invagination. C'est le cas des territoires mésodermiques et endodermiques. Simultanément, les autres territoires s'étalent à la surface de l'embryon et le recouvrent entièrement. On parle de mouvements d'épibolie. C'est le cas des territoires ectodermiques (épiderme et neuroderme).

Au stade de la gastrulation, des mouvements cellulaires de grande ampleur affectent l'ensemble de l'embryon. Des remaniements cellulaires en découlent et redistribuent les tissus embryonnaires. Les trois feuillets originaux, ectoderme, mésoderme et endoderme sont maintenant organisés de manière concentrique: l'endoderme profond, l'ectoderme superficiel et le mésoderme en position intermédiaire. Une nouvelle cavité est formée au détriment du blastocœle: l'archentéron.

1.3. Quatrième étape : la neurulation

Les interactions cellulaires induisent l'organogénèse. La mise en place du système nerveux résulte d'une interaction ecto-mésoblaste.

Les soulèvements des bourrelets neuraux ectodermiques vont former la plaque neurale et le tube neural dont la fermeture est étalée dans le temps. Avec la formation du tube neural, la neurulation marque le début de l'organogénèse. Comme chez tous les vertébrés, le tube neural est dorsal.

L'embryon montre donc maintenant une double régionalisation de ses structures. La régionalisation dorsoventrale marquée par la position dorsale du futur système nerveux et la régionalisation antéropostérieure marquée par l'individualisation de la tête et du tronc.

1.4. Cinquième étape: l'organogénèse

En ce qui concerne la morphologie externe, les trois feuilletts germinatifs: ectoderme, mésoderme et endoderme mis en place pendant les stades initiaux de l'embryogenèse évoluent en ébauches ou bourgeons d'organes. C'est la période d'organogenèse qui voit le corps de l'embryon se modeler pour prendre progressivement la forme du têtard de grenouille. En plus des subdivisions céphaliques et troncale apparues pendant la neurulation, l'ébauche caudale se forme et donne son nom à cette période d'organogenèse comprise entre la neurulation et la phase larvaire. On parle de stade "bourgeon caudal"

A la fin de la phase d'organogenèse, l'embryon mène une vie libre dans le milieu aquatique. Les ébauches d'organes se sont modelées pour devenir des organes fonctionnels. Progressivement, les derniers grains de vitellus sont résorbés au niveau des cellules intestinales. Le tube digestif est maintenant prêt à entrer en fonction. Il ne manque plus que l'ouverture de la bouche, dernier acte qui clos le stade du bourgeon caudal avec les premières prises de nourriture. L'individu est devenu une larve plus communément connue sous le nom de têtard (Figure 11).

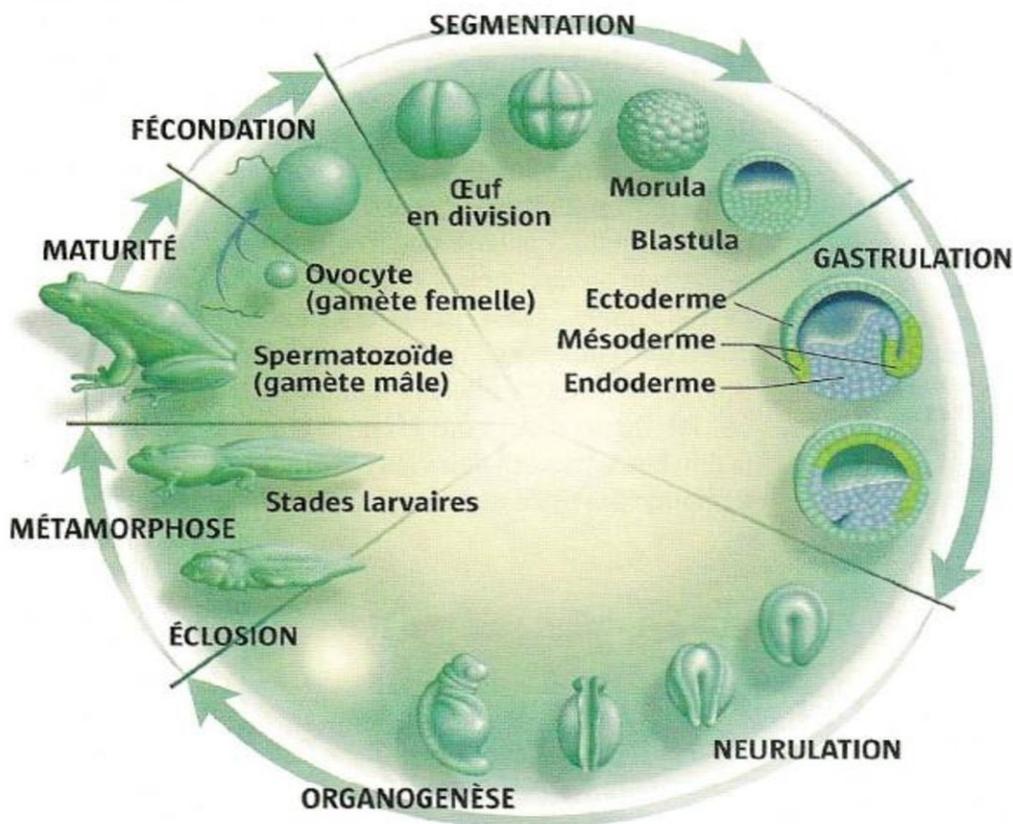


Figure 11: Les étapes du développement embryonnaire chez les vertébrés: le modèle amphibien

Travail à faire

1. Observation et schéma d'une blastula d'amphibiens (Lames et photos)

La segmentation est un période pendant laquelle les cellules se divisent élaborant le premier feuillet embryonnaire. Chez la grenouille, il entoure une cavité, le blastocœle.

La taille du zygote ne change pas beaucoup durant la segmentation. En fait la taille devrait diminuer légèrement: les cellules se divisent alors que l'œuf ne se nourrit pas! S'il se divise sans modifier sa taille, les cellules filles doivent devenir de plus en plus petites et nous allons voir comment.

Au cours de la segmentation les cellules deviennent de plus en plus petites, et entre elles forment une cavité dans laquelle elles accumulent du liquide. Cette cavité porte le nom de blastocœle.

TP 05**Le développement embryonnaire chez les oiseaux****1. Embryologie chez la poule (modèle)**

Les animaux présentent différent type de développement embryonnaire et leur durée varie selon l'espèce considérée. En l'occurrence celui de la poule dure 21jour a une température de 37-38°C.

Les oiseaux sont des amniotes et permettent de comprendre certaines modalités de base de développement des vertébrés supérieurs et plus précisément les annexes embryonnaires (ou annexes extra embryonnaires). Elles permettent à l'embryon de se développer de façon autonome sans devoir passer par une phase larvaire suivie d'une métamorphose et permettent à l'embryon de se développer en s'affranchissant du milieu aquatique.

1.1 Etapes du développement de l'embryon

Le développement d'un œuf fécondé commence, par division cellulaire, dès qu'il traverse l'oviducte de la poule qui va le pondre. Pas encore sorti du corps de la poule, il est déjà vivant.

Quand la poule pond l'œuf, l'embryon se refroidit et le développement est suspendu. Si on casse l'œuf à ce moment-là, le disque germinal mesure déjà 4 mm.

Notez que les conditions de conservation de l'œuf doivent être optimales: environ 12 °C et une humidité comprise entre 70 et 75 %.

Dans le tableau suivant, vous trouverez les différentes étapes du développement de l'œuf pour arriver à un poussin le 21^e jour.

1.2 Les annexes embryonnaires

Le développement de l'embryon chez l'oiseau nécessite des structures annexes situées en dehors du corps de l'embryon et non organogène.

Ces structures annexes sont appelées annexes embryonnaires ou extra embryonnaires.

Elles se développent simultanément dans l'embryon lui-même et dans le prolongement de ses feuilletts constitutifs: le tube neural, la crête neurale, la corde, les somites, le mésoderme des pièces intermédiaires. L'endoderme va donner l'intestin va s'étendre au de la des régions embryonnaires sous forme d'endoderme extra embryonnaires. Les feuilletts des lames latérales (somatop et splanchnop) vont se prolonger en extra embryonnaire sans frontière entre les parties embryonnaires et extra embryonnaire.

Ces annexes embryonnaires sont des structures transitoires qui vont être éliminées à l'éclosion ou durant les jours qui vont suivre. Ces annexes sont au nombre de trois:

- La vésicule vitelline
- L'amnios
- L'allantoïne

Ces annexes assurent la protection de l'embryon durant son développement et son autonomie métabolique (nutrition, respiration, excrétion).

2. Différents types d'œufs

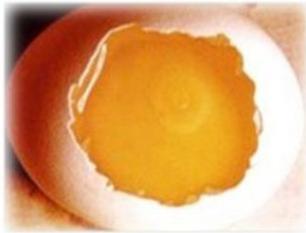
On distingue plusieurs types d'œufs en fonction de leur structure (quantité de vitellus: réserve énergétiques):

- **Oligolécithe** (*oligos*, peu nombreux) : Œuf qui contient une petite quantité de vitellus sous forme de granulations dispersées dans le cytoplasme, il existe chez les échinodermes (les oursins).
- **Hétérolécithe** (*heteros*, autre) : Ce terme désigne les œufs dont le vitellus est réparti de façon inégale, provoquant une segmentation inégale (Chez les Amphibiens, certains plathelminthes, la plupart des annélides et la plupart des mollusques).
- **Télolécithe** (*telos*, fin) : Œuf caractérisé par un volume considérable de vitellus localisé à l'un des pôles.). Il existe chez les oiseaux les reptiles et la plupart des poissons
- **Centrolécithe** : Œuf dont le vitellus est surtout concentré au centre. Ce type d'œuf se rencontre chez les insectes.
- **Alécithe** (*a*, négation) : Œuf caractérisé par un volume très faible de vitellus (ou bien absence total du vitellus). Chez les mammifères placentaires, on donne aussi ce nom à un ovule non fécondé.

Tableau 01: Etapes du développement de l’embryon

AVANT LA PONTE	Fécondation Division et croissance des cellules. Certaines cellules se regroupent en tissus (pour assumer ultérieurement certaines fonctions)
ENTRE LA PONTE ET LA COUVAISON/INCUBATION	Arrêt de la croissance cellulaire. Il y a déjà entre 50 000 et 80 000 cellules.
JOUR 1	
L’embryon est déjà constitué des 3 couches de cellules:	
<ul style="list-style-type: none"> • l’ectoderme: qui donnera la peau, les plumes, le bec, le système nerveux, les griffes, les yeux et la bouche • le mésoderme: qui donnera le squelette, les muscles, le sang et les organes reproducteurs • l’endoderme: qui donnera les organes respiratoires, les systèmes sécréteurs et digestifs 	
16 heures	Premiers signes de ressemblance avec un embryon de poulet
18 heures	Apparition du tube digestif
20 heures	Apparition de la colonne vertébrale
21 heures	Début de la formation du système nerveux
22 heures	Début de la formation de la tête
24 heures	Début de la formation de l’œil
JOUR 2	
25 heures	Début de la formation du cœur
35 heures	Début de la formation de l’oreille
42 heures	Le coeur commence à battre
JOUR 3	
60 heures	Début de la formation des voies respiratoires
62 heures	Début de la formation des pattes
64 heures	Début de la formation des ailes
JOUR 4	Début de la formation de la langue. Le cœur quitte sa forme simple et devient un cœur complètement formé; il est toujours en train de battre mais reste encore à l’extérieur du corps. Des membranes amniotiques se forment et constituent un sac amniotique dans lequel l’embryon va flotter jusqu’à la fin de son développement. Le liquide amniotique et les retournements de l’oeuf vont permettre à l’embryon de se positionner correctement pour l’éclosion.

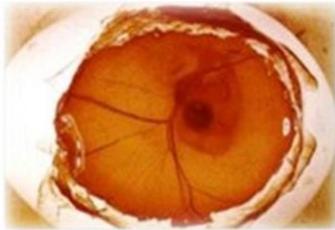
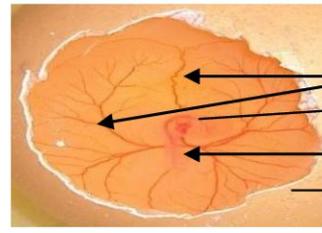
JOUR 5	Début de la formation des organes permanents et différenciation sexuelle. La structure aortique commence à se former et à s'épaissir.
JOUR 6	Début de la formation du bec. Les pattes et les ailes sont presque complètement développés.
JOUR 7	La membrane commence à s'épaissir mais reste transparente
JOUR 8	Début de la formation des plumes
JOUR 9	La membrane n'est plus transparente. L'embryon commence à vraiment ressembler à un poussin.
JOUR 10	Début du durcissement du bec. Les os commencent à se former.
JOUR 12	Développement des écailles et des griffes
JOUR 13	L'ovaire de droite de l'embryon femelle commence à dégénérer
JOUR 14	L'embryon se met en bonne position pour pouvoir briser la coquille
JOUR 16	Les écailles, les griffes et le bec deviennent plus fermes. L'albumen est déjà quasi tout consommé. Il reste le jaune comme nourriture.
JOUR 17	Le bec se tourne vers la poche d'air
JOUR 19	Le vitellus (jaune) commence à entrer dans le corps de l'embryon
JOUR 20	Le sac vitellin est complètement aspiré à l'intérieur du corps de l'embryon. Le poussin occupe presque tout l'espace intérieur de l'œuf, à l'exception de la chambre à air. Il lui devient difficile d'obtenir de l'oxygène au travers de la coquille. Du coup, les muscles du cou se contractent et le bec perce la poche d'air située du côté du gros bout de l'œuf: le poussin respire pour la 1e fois. Les plus faibles, notamment ceux qui manquent de vitamines du groupe B, n'y survivront pas.
JOUR 21	Eclosion du poussin: les coups de bec alternent avec des mouvements des pattes. De cette manière, le poussin découpe le gros bout de l'œuf, jusqu'à pouvoir en sortir.



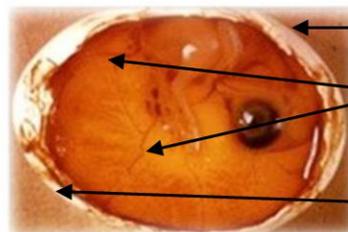
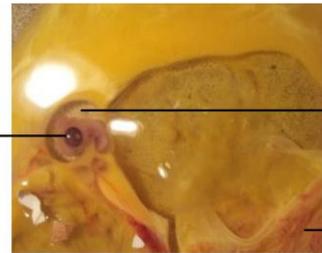
1er jour d'incubation



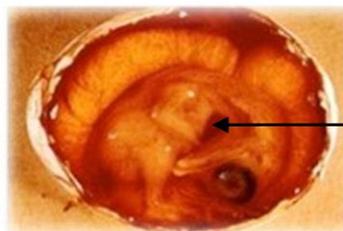
4 ème jour d'incubation



7 ème jour d'incubation



11 ème jour d'incubation

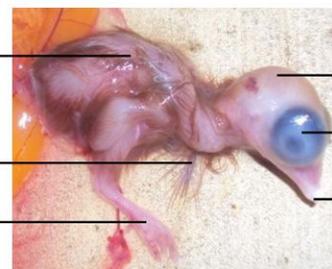


Embryon dans l'amnios

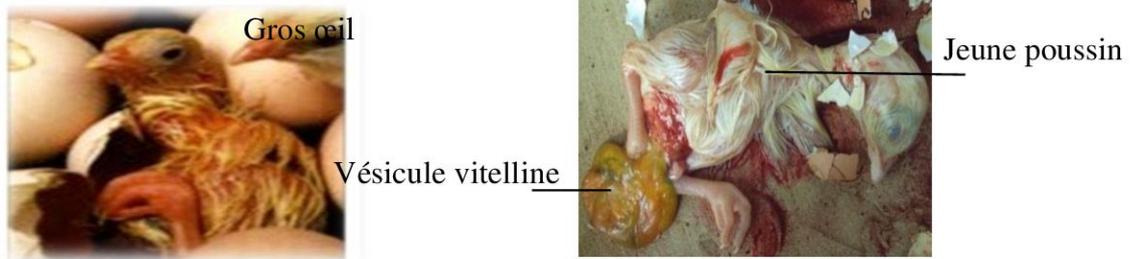
12 ème jour d'incubation



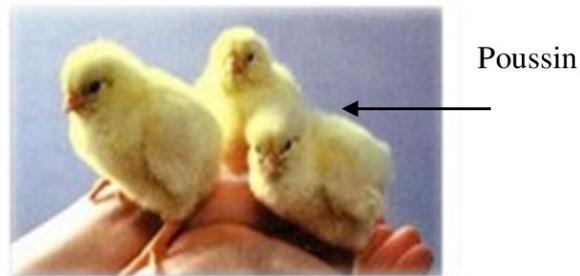
Corps couvert de duvets



14 ème jour d'incubation



20^{ème} jour d'incubation: l'éclosion



Une journée après l'éclosion

Figure 12: Œufs de poule observés à divers stades de développement.

Travail à faire

1. Observation et schéma D'Œufs de poule observés à divers stades de développement. (Lames et photos) 18 heures, 56 heures 64, heures.....4^e, 7^e, 11^e, 14^e, 20^e et 21^e jours d'incubation.

TP 06**Les épithéliums de revêtement**

Les épithéliums constituent un groupe de tissus très variés qui vont, pratiquement tous, revêtir toute la surface du corps mais également vont revêtir, à l'intérieur du corps, les différents tubes et cavités.

Tous les épithéliums reposent sur une membrane basale d'épaisseur variable qui les sépare du tissu conjonctif sous-jacent et qui n'est jamais traversé par les vaisseaux sanguins (sauf pathologies). Les épithéliums sont donc dépendants pour leur nutrition des tissus sous-jacents à partir desquels vont diffuser l'oxygène et les métabolites.

1. Les épithéliums**➤ Classification et structure**

Les épithéliums sont classés selon leurs caractères morphologiques ou selon leur mode d'excrétion.

1.1. Les épithéliums de revêtement**➤ le nombre de couche cellulaire**

Une couche : **épithélium simple** ou **unistratifié**

Plusieurs couches : **épithélium pluristratifié**

➤ la forme des cellules

Cellule pavimenteuse : très plates et effilées

Cellules cubiques : un peu plus hautes et carrées

Cellules cylindriques ou prismatiques : plus hautes que larges

Cellules polyédriques : ont plusieurs côtés

➤ présence de spécialisation de structure

Cil

Microvillosités

Présence de kératine

Par exemple, l'épiderme est un épithélium pavimenteux pluristratifié kératinisé.

1.2. Epithéliums simples ou unistratifiés

Ces épithéliums peuvent être composés de cellules pavimenteuses, cubiques ou prismatiques (voir cours).

1.2.1 L'épithélium pavimenteux simple

Il est formé de cellules aplaties de forme irrégulière formant une surface continue.

Exemple : épithélium des poumons, vaisseaux sanguins.

1.2.2 L'épithélium cubique simple

Cet épithélium est formé par des cellules carrées

Par exemple : les petits canaux collecteurs du rein, les canaux des glandes salivaires, les canaux du pancréas exocrine.

1.2.3 L'épithélium cylindrique ou prismatique simple

Il est formé par des cellules qui en coupe apparaissent rectangulaires (plus hautes que larges).

Elles ont des noyaux allongés, ovoïdes qui peuvent se situer à la base, au centre ou au sommet de la cellule (=polarité de la cellule).

Exemple : épithélium de l'intestin grêle humain

Dans cet épithélium on trouve une différenciation apicale de la membrane plasmique qui sont les cils, les stéréo cils et les microvillosités (Figure 13).

1.2.4 Epithéliums pseudostratifiés Trachée

(Figure 14).

1.3. Les épithéliums stratifiés

Le degré et la nature de la stratification vont dépendre des différentes sortes d'agression auxquelles ces épithéliums sont soumis.

La classification se fait par la couche la plus superficielle car les cellules basales sont pratiquement toujours cubiques

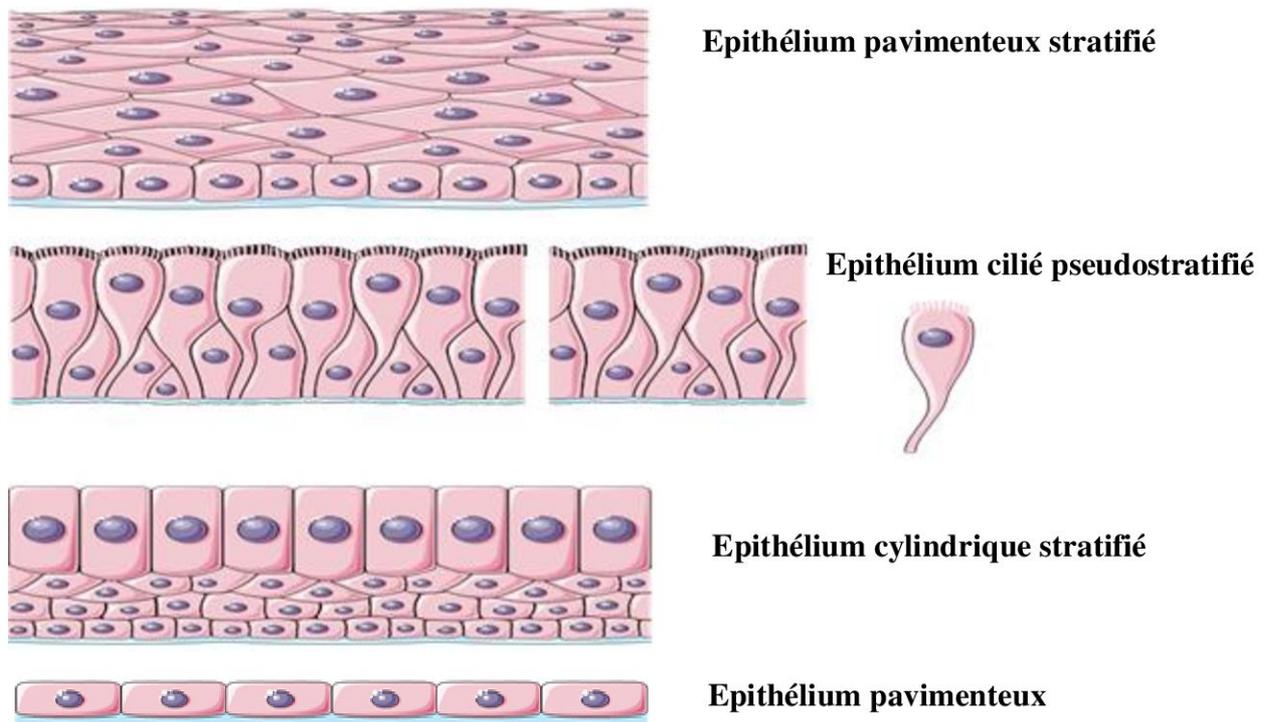


Figure 13: Classification des épithéliums selon leurs caractères morphologiques

Travail à faire

1. Observation et schéma d'une coupe transversale de la Trachée

L'observation de l'épithélium pseudostratifié ressemble à première vue à l'épithélium stratifié. Les cellules qui le composent sont de trois types, à savoir les cellules prismatiques ciliées, les cellules caliciformes et les cellules basales. Toutes les cellules mentionnées ci-dessus sont de hauteur différente, certaines des cellules peuvent ne pas atteindre la lumière. Quoique toutes se reposent sur la membrane basale bien distincte, leurs noyaux se trouvent à des hauteurs différentes, en donnant l'aspect de pseudostratification.

2. Observation et schéma d'une coupe transversale au niveau d'une villosité intestinale

On peut voir un grand nombre de villosités autour de la face de la cavité intestinale. Ces villosités ont un axe conjonctif et sont recouvertes d'un épithélium prismatique simple contenant des anthérocytes et des cellules caliciformes.

Les entérocytes sont de forme prismatique haute, régulièrement alignées, à noyau allongé dans le sens de la cellule et située environ au tiers inférieur du corps cellulaire. Le pôle apical est muni d'une membrane réfringente, finement striée, c'est le plateau strié qui est formé des microvillosités bien développées sous le microscope électronique.

Les cellules caliciformes s'insinuent entre des entérocytes à plateau strié. Au pôle apical, les cellules caliciformes sont distendues par un amas de bulles de mucus, leur noyau est refoulé au pôle basal.

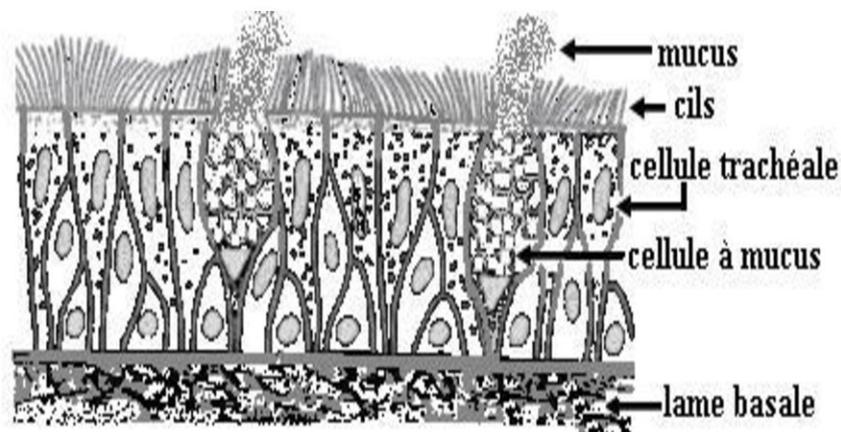


Figure 14: Epithélium pseudostratifié de la trachée

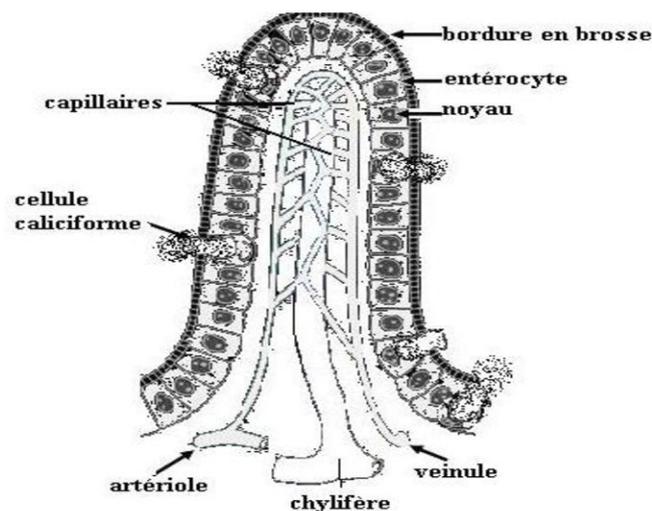


Figure 15: Détail d'une villosité intestinale

TP 07

Les épithéliums glandulaires

Les glandes sont en fait des invaginations des épithéliums de surface qui résultent de la prolifération de l'épithélium dans le tissu conjonctif sous-jacent.

Il y existe 3 types de glandes:

- 1/ **Les glandes exocrines**: ce sont des glandes à sécrétion externe et qui garde liaison avec l'extérieur par l'intermédiaire d'un canal excréteur. Exemple : glande mammaire
- 2/ **Les glandes endocrines**: elles subissent une dégénérescence de leur canal et déverse leur produit de sécrétion directement dans le sang. Exemple : glande thyroïdienne.
- 3/ **Les glandes amphicrines (mixte)**: ce sont des glandes qui sont à la fois exocrines et endocrines.

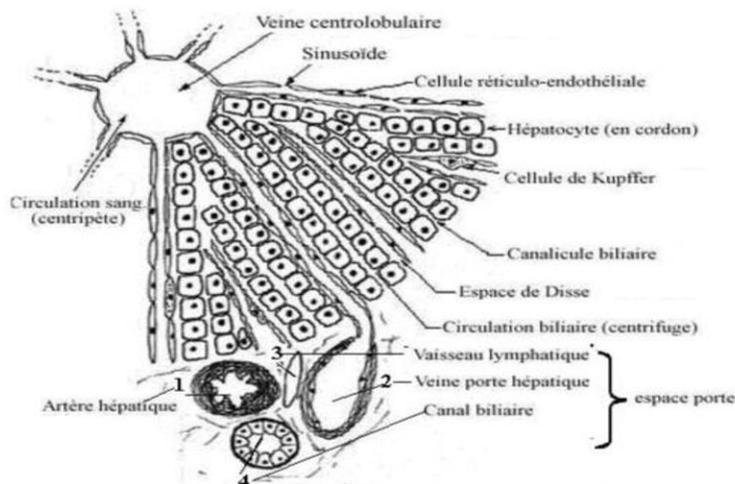
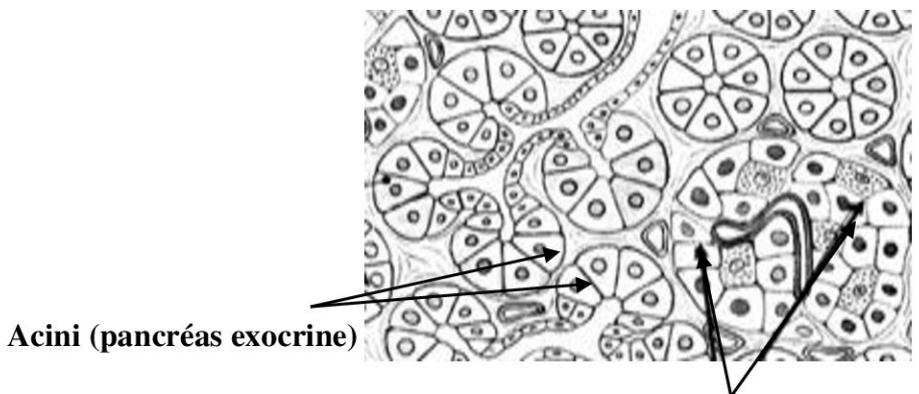


Figure 16: Détail d'une portion d'un lobule hépatique



Cellules endocrines d'un îlot de Langerhans

Figure 17: Coupe du Pancréas

Travail à faire

2. Observation et schéma d'une coupe transversale du foie

Les cellules parenchymateuses du foie, les hépatocytes, se regroupent en lobules. Les lobules sont limités par de fins septa de tissu collagénique de soutien qui sont particulièrement faciles à identifier dans le foie de porc. Les lobules hépatiques sont grossièrement de forme hexagonale quel que soit le plan de coupe, reflet de leur forme polyédrique dans l'espace. Les branches de l'artère hépatique et de la veine porte sont situées aux angles des limites du lobule dans les espaces portes. Le sang venant des espaces portes converge, par les sinusoides situés entre les travées hépatocytaires, vers une petite veine hépatique terminale (veine centrolobulaire), dans chaque lobule. Les veines centrolobulaires se jettent dans la veine sus-hépatique.

La bile est sécrétée à travers un réseau de minuscules canalicules biliaires situés entre les membranes cytoplasmiques d'hépatocytes adjacents. Le réseau canaliculaire se draine ensuite dans un système de canaux biliaires collecteurs situés dans les espaces portes. Les canaux biliaires forment ensuite la voie biliaire principale, se terminant dans le duodénum.

4. Observation d'une coupe transversale au niveau de la thyroïde

La composition de la glande thyroïde est particulière ; elle est composée de follicule creux. En coupe, chaque follicule est une cavité entourée d'un épithélium cubique simple. La cavité est remplie d'une substance amorphe, le colloïde thyroïdien. Les cellules thyroïdiennes ont une double activité. Elles produisent le colloïde et le secrètent dans la lumière folliculaire, puis elles le reprennent, le lysent et excrètent les hormones ainsi libérées dans les vaisseaux sanguins.

La thyroïde est une glande endocrine lobulée, faite de follicules thyroïdiens (Figure 18) situés dans un stroma conjonctivo-vasculaire riche en capillaires sanguins fenêtrés. Les follicules thyroïdiens sont des formations sphériques comprenant (Figure 18):

- 1) une paroi, constituée par un épithélium simple reposant sur une lame basale et comportant deux types de cellules : les cellules folliculaires et les cellules C.
- 2) un contenu amorphe, pâteux et jaunâtre à l'état frais : la colloïde.

Les cellules folliculaires (ou thyrocytes) sécrètent les hormones thyroïdiennes T3 (tri-iodothyronine) et T4 (tétra-iodothyronine ou thyroxine). Leur pôle basal repose sur la lame basale du follicule, leur pôle apical présente des microvillosités se projetant dans la colloïde, et leurs faces latérales sont réunies à celles des cellules folliculaires adjacentes par des complexes de jonction.

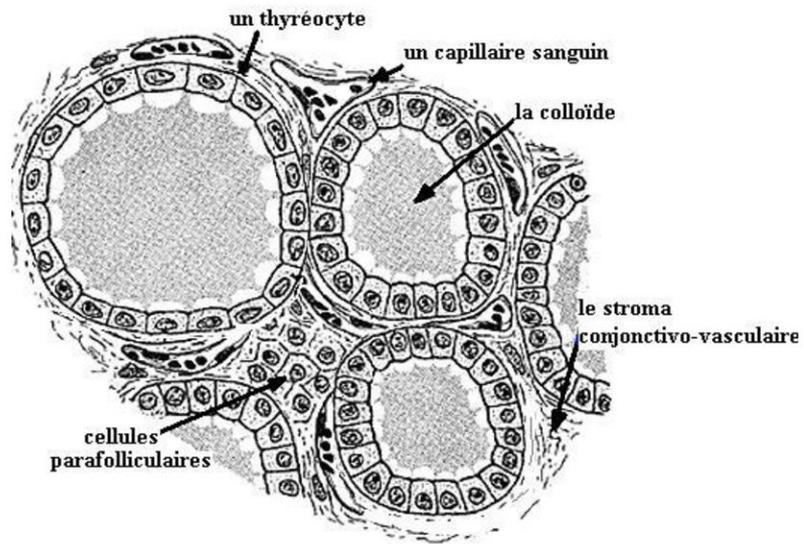


Figure 18: Coupe de la thyroïde (au fort grossissement)

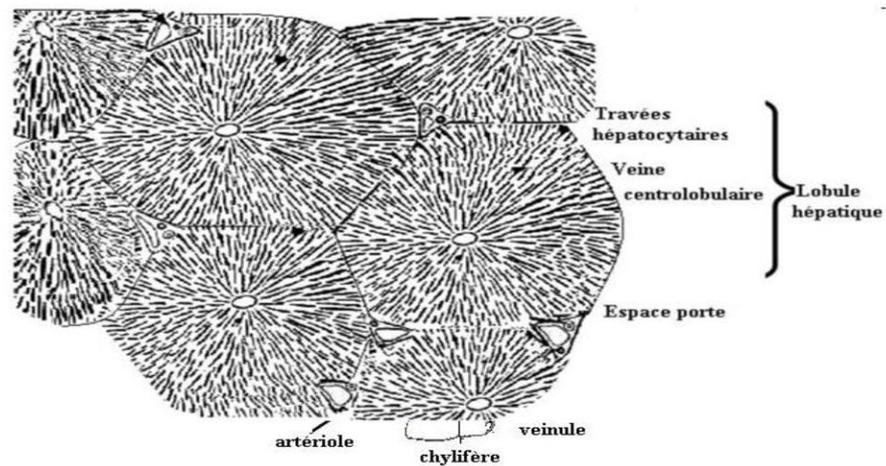


Figure 19: Coupe du foie (faible grossissement)

TP 08

Les tissus conjonctifs

1. Définition

Le tissu conjonctif est un tissu de soutien relativement solide et plus ou moins fibreux dont le rôle consiste à protéger les organes qu'il entoure. Les tissus conjonctifs assurent plusieurs fonctions:

- mécanique, de soutien et de cohésion des cellules tissus d'un organe
- de nutrition, d'échange et de défense

2. Données morphologiques

A/ Les cellules

Les **cellules** des tissus conjonctifs constituent deux populations:

- une **population fixe**, constituée de *fibroblastes*, *fibrocytes*, *myofibroblastes* et *d'adipocytes*.
- une **population de cellules mobiles** d'origine hématopoïétique:
 - des *macrophages*, des *mastocytes* et des *plasmocytes*, qui ne sont normalement pas présentes dans le compartiment sanguin,
 - des lymphocytes, des granulocytes neutrophiles et des granulocytes éosinophiles qui sont des cellules sanguines.

B/ Les fibres

Les tissus conjonctifs contiennent **3 types de fibres** : Elastine (E), Réticuline (R) et Collagène (C).

C/ La substance fondamentale

Optiquement vide en **histologie standard (microscope optique)**, la substance fondamentale peut être assimilée à un gel visqueux, translucide, amorphe et homogène enrobant les cellules et les fibres.

3. Les différents types de tissus conjonctifs

3.1 Tissus conjonctifs différenciés.

3.1.1 Le tissu conjonctif lâche : (E = R = C)

Le tissu conjonctif lâche (ou tissu conjonctivo-vasculaire) se caractérise par la présence entre ces cellules d'une très abondante matrice extracellulaire (MEC). Dans cette

MEC, l'histologie classique distinguait des fibres (collagènes, élastiques et de réticuline) et une substance fondamentale (microscopiquement amorphe)

Il est très répandu dans tout l'organisme:

- dans la *peau*, au niveau du derme superficiel, de l'hypoderme et du tissu sous-cutané,
- entre les *masses musculaires*,

Outre son rôle *de soutien et d'emballage*,

- il joue un rôle fondamental de *passage obligé entre le sang et d'autres tissus* (épithéliums, tissu nerveux du système nerveux périphérique...); il est impliqué dans toutes les réactions de défense de l'organisme

3.1.2 Les tissus conjonctifs réticulaires (>R)

Les **tissus conjonctifs réticulaires** (ou tissu réticulé) correspondent au tissu conjonctif formant la trame : du stroma des *organes hématopoïétiques*, des *organes lymphoïdes* (ganglions lymphatiques, rate, moelle osseuse) et du *foie*

3.1.3 Les tissus conjonctifs denses fibreux (>C)

Les *tissus conjonctifs denses fibreux* sont :

- riches en "*fibrilles de collagène*",
- pauvres en substance fondamentale
- pauvres en cellules et ces dernières sont peu actives (fibrocytes).

3.1.4 Les tissus conjonctifs denses élastiques (>E)

Les tissus conjonctifs denses élastiques sont présents dans le ligament jaune de la nuque, de la colonne vertébrale, dans les cordes vocales et dans des artères de gros calibre, appelées pour cette raison artères élastiques.

3.1.5 Les tissus conjonctifs cellulaires (les tissus adipeux)

C'est le seul type de tissus conjonctifs (Tissus adipeux) où il y a prédominance des cellules. À l'œil nu, le tissu adipeux paraît homogène et nacré ; il est, pour cette raison appelé graisse blanche. Le cytoplasme des adipocytes est presque entièrement occupé par une volumineuse goutte lipidique (vacuole) qui refoule le noyau contre la membrane plasmique. Entre les adipocytes, se trouvent des fibres réticulées et un riche réseau vasculaire.

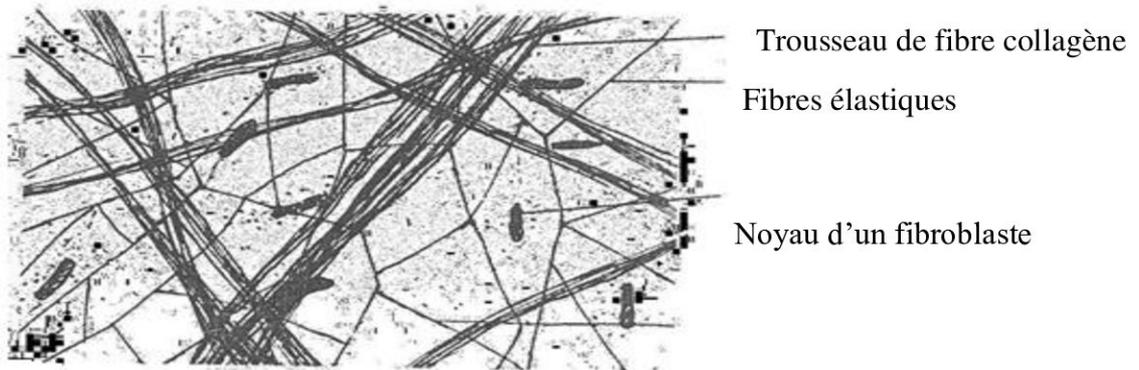


Figure 20 : Tissus conjonctifs lâche

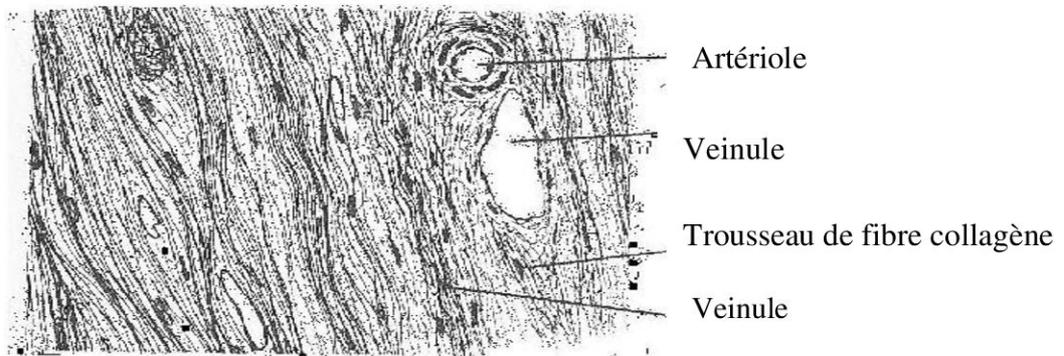


Figure 21 : Tissus conjonctifs dense

3.2 Tissus conjonctifs spécialisés.

3.2.1 Tissus de soutien

Le cartilage et l'os sont les tissus de soutien du corps.

➤ Le cartilage

C'est un tissu conjonctif spécialisé formé d'un seul type cellulaire les chondrocytes, ce tissu à consistance dure possède une matrice rigide extracellulaire non vascularisée, mais contrairement à l'os, le cartilage n'est pas minéralisé.

Les chondrocytes sont des cellules volumineuses, arrondies, situées dans de petites logettes (ou chondroplastes) qu'elles emplissent complètement à l'état vivant.

➤ Les différents types de cartilage

Selon la richesse de la MEC en fibres de collagène ou élastiques, il existe trois types de cartilage : -**Le cartilage Hyalin**, le plus répandu, il doit son nom à son aspect vitreux opalin. La matrice extracellulaire paraît amorphe en microscopie optique.

-**Le Cartilage élastique**, la matrice extracellulaire contient des fibres élastiques. Il résiste aux déformations et pliures passagères (ailes du nez, pavillon de l'oreille, épiglotte).

-Le **cartilage fibreux** c'est un cartilage renforcé par d'épais faisceaux de fibres de collagène I et dont la structure rappelle celle des tendons.

Il résiste à de très fortes pressions tout en préservant une certaine élasticité. On le trouve dans les disques intervertébraux et les ménisques du genou.

3.2.2 Le tissu osseux

Le tissu osseux est un tissu conjonctif spécialisé d'origine mésenchymateuse dont la matrice extracellulaire s'imprègne de sels de calcium, en la rendant rigide et dure. La matrice osseuse a la particularité de se calcifier, ce qui la rend opaque aux rayons X et permet l'étude des os par radiographie.

Le tissu osseux existe sous deux forme, lorsqu'il paraît dense à l'œil nu et dépourvu de cavités, on l'appelle « os compact ». Lorsqu'au contraire, il est forme de minces travées disposées en réseau autour de nombreuses cavités, il a l'aspect d'une éponge et s'appelle « **os spongieux** ».

➤ l'os spongieux

C'est un tissu forme par des cloisons ou travées osseuses minces et irrégulières qui sont séparées par de larges cavités. Chez l'adulte, on la rencontre au niveau des épiphyses des os longs, dans les os courts et le diploé des os plats. Il est peu résistant et se laisse facilement rompre et écrasé.

Chaque ostéone correspond dans l'espace a une sorte de colonne comportant un petit canal central, le canal de Havers, qui est entouré d'une série de tubes cylindriques concentriques de diamètre croissant. Les canaux de Havers communiquent entre eux par les canaux de Volckman.

➤ l'os compact ou Haversien

Ce tissu à une structure tout a fait caractéristique ; dense et creuse de cavité relativement étroite et constituer par la réunion de systèmes tubulaires concentriques, les systèmes de havers ou haversien ou ostéomes.

3.2.3 Le tissu sanguin

Le sang est un tissu mésenchymateux dont la matrice, le plasma, est liquide. Les cellules constitutives sont appelées les éléments figurés du sang. Les éléments figurés sont

-Le **cartilage fibreux** c'est un cartilage renforcé par d'épais faisceaux de fibres de collagène I et dont la structure rappelle celle des tendons.

Il résiste à de très fortes pressions tout en préservant une certaine élasticité. On le trouve dans les disques intervertébraux et les ménisques du genou.

3.2.2 Le tissu osseux

Le tissu osseux est un tissu conjonctif spécialisé d'origine mésenchymateuse dont la matrice extracellulaire s'imprègne de sels de calcium, en la rendant rigide et dure. La matrice osseuse a la particularité de se calcifier, ce qui la rend opaque aux rayons X et permet l'étude des os par radiographie.

Le tissu osseux existe sous deux forme, lorsqu'il paraît dense à l'œil nu et dépourvu de cavités, on l'appelle « os compact ». Lorsqu'au contraire, il est forme de minces travées disposées en réseau autour de nombreuses cavités, il a l'aspect d'une éponge et s'appelle « **os spongieux** ».

➤ l'os spongieux

C'est un tissu forme par des cloisons ou travées osseuses minces et irrégulières qui sont séparées par de larges cavités. Chez l'adulte, on la rencontre au niveau des épiphyses des os longs, dans les os courts et le diploé des os plats. Il est peu résistant et se laisse facilement rompre et écrasé.

Chaque ostéone correspond dans l'espace a une sorte de colonne comportant un petit canal central, le canal de Havers, qui est entouré d'une série de tubes cylindriques concentriques de diamètre croissant. Les canaux de Havers communiquent entre eux par les canaux de Volckman.

➤ l'os compact ou Haversien

Ce tissu à une structure tout a fait caractéristique ; dense et creuse de cavité relativement étroite et constituer par la réunion de systèmes tubulaires concentriques, les systèmes de havers ou haversien ou ostéomes.

3.2.3 Le tissu sanguin

Le sang est un tissu mésenchymateux dont la matrice, le plasma, est liquide. Les cellules constitutives sont appelées les éléments figurés du sang. Les éléments figurés sont

représentés par des cellules nucléées, les leucocytes (globules blancs), et par des cellules anucléées, les hématies (globules rouges) et les plaquettes.

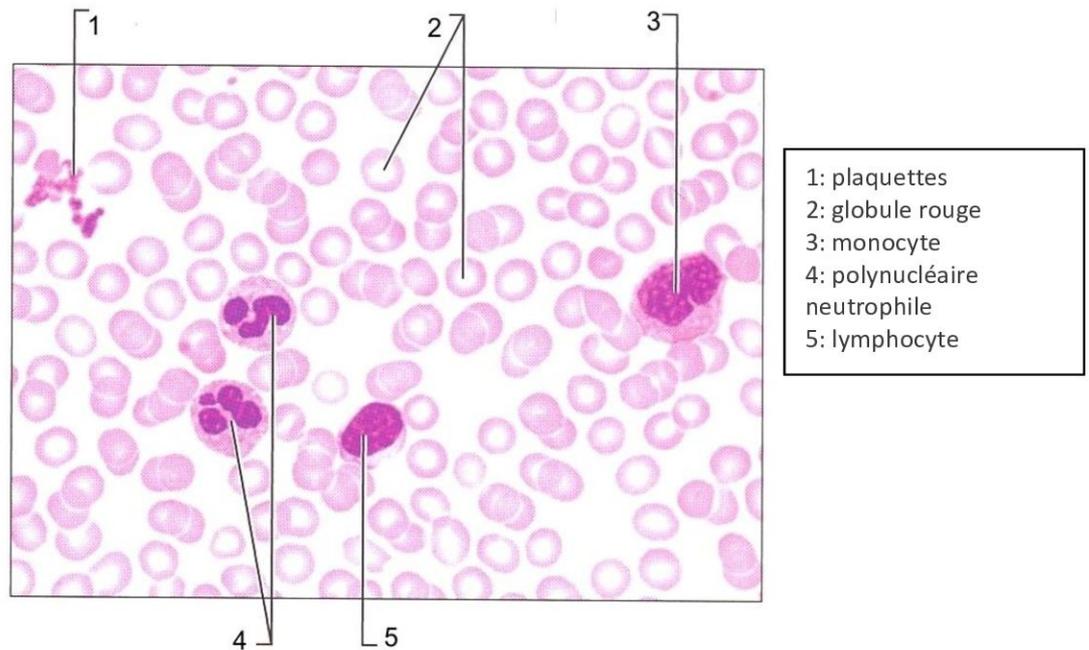


Figure 22: Le tissu sanguin

Travail à faire

1. Observation et schéma du Tissus Adipeux

Aspects général en Microscope Optique (Lames et photos)

- **A faible grossissement:** c'est l'aspect vacuolaire du tissu adipeux qui permet de le reconnaître aisément. En effet, des plages adipeuses sont souvent présentes au sein même de cloisons de conjonctif fibreux.

- **Au fort grossissement;** sur une préparation standard, le tissu adipeux est facile à reconnaître:

*Les enclaves lipidiques sont dissoutes par les techniques usuelles de préparation des coupes; elles apparaissent optiquement vides

*Les noyaux sont refoulés par l'enclave lipidique à la périphérie de la cellule. Ils sont fortement aplatis

- le cytoplasme des adipocytes est réduit à sa plus simple expression et apparaît sous forme d'un fin liseré périphérique. Les cellules sont souvent déformées par les cellules adjacentes. Le tissu adipeux est riche en capillaires sanguins, reconnaissables à la présence des globules rouges

2. Observation et schéma d'une coupe transversale d'un os compact

Les lamelles osseuses sont organisées de manière concentrique autour des vaisseaux. Il contient un réseau de cavités, ou canaux de Havers, qui sont de très petite taille (80 µm), enfermant un gros capillaire entouré d'une mince gaine endostéale. Les lamelles entourant le canal constituent avec lui le système de Havers, ou ostéone, cylindre de 1 mm de diamètre environ. Un mince liseré homogène et dépourvu de cellules, la ligne cémentante, entoure l'ostéone.

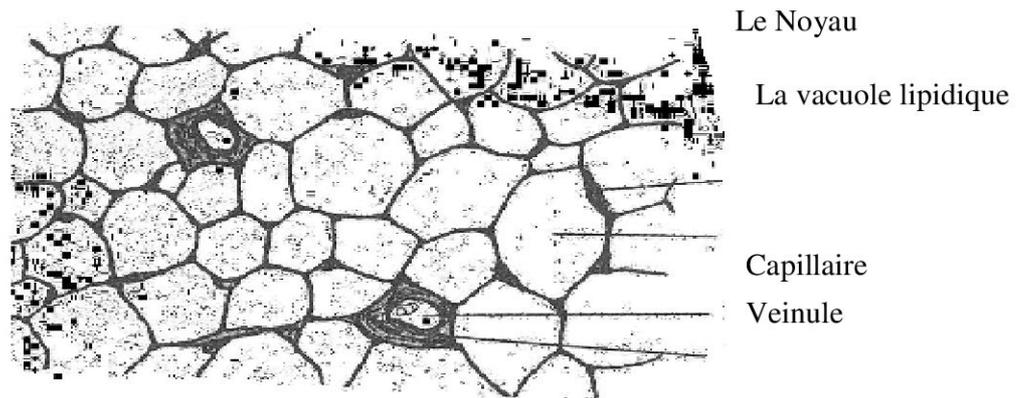


Figure 23 : Schéma du tissu adipeux

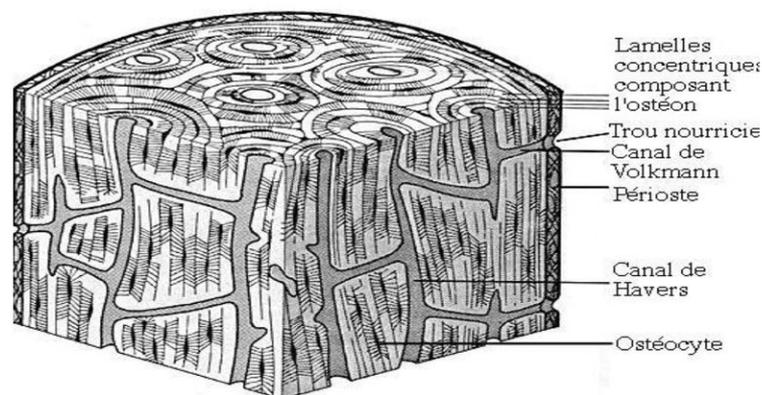


Figure 24: Schéma d'une coupe d'un os compact

TP 09

Les tissus musculaires

Les muscles vont exercer une force et pour cela ils vont transformer une énergie d'origine chimique en énergie mécanique (contraction musculaire). Les muscles sont à l'origine de la mobilité des corps. Il y a 3 types de muscles : les muscles lisses, les muscles cardiaques et les muscles squelettiques. Il y a 2 caractéristiques communes à ces 3 muscles. Ils sont formés de cellules (myosites) et la contraction est toujours assurée par 2 types de myofilaments.

Le tissu musculaire possède trois fonctions clés:

- ❖ Le mouvement
- ❖ La stabilisation des positions du corps et de la régulation du volume des organes
- ❖ La génération de chaleur: thermogénèse. Quand le muscle se contracte il dégage de la chaleur.

1. Les différents types de tissu musculaire

1.1 Le tissu musculairesquelettique

L'élément fondamental du tissu musculaire strié est la cellule musculaire squelettique, responsable des mouvements volontaires et du maintien de la posture. Cette cellule est sous l'influence du système nerveux central. La cellule musculaire est caractérisée par une striation transversale résultant de l'organisation des myofilaments.

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. De point de vue histologique La fibre musculaire striée, la cellule est multinucléée et présente de strie composée par l'actine et la myosine qui permettent la contraction.

1.2 Le tissu musculaire cardiaque

Comme les cellules musculaires striées, les cellules du muscle cardiaque (ou cellules **myocardiques**) possèdent des myofilaments d'actine et de myosine mais elles diffèrent des précédentes par différents points :

- les cellules musculaires cardiaques sont mononucléées

- elles sont beaucoup plus courtes

En microscopie optique, les cellules myocardiques sont allongées s'associent les unes aux autres pour former des travées anastomosées séparées les unes des autres par du tissu conjonctif très vascularisé. Sur ces travées, on retrouve une striation identique à celle du muscle strié liée à la présence des myofibrilles d'actine et de myosine. Il existe également des densifications transversales les traits scalariformes d'Eberth en « marche d'escalier » qui correspondent aux systèmes de jonction liant les extrémités des cellules entre elles.

La cellule musculaire cardiaque mesure 15 à 20 μm de diamètre et environ 100 μm de longueur. Elle possède un noyau central et est entourée d'un sarcolemme.

1.3 Le tissu musculaire lisse

Les cellules musculaires lisses possèdent des myofibrilles homogènes, moins organisées que celles des muscles striés. Elles sont groupées en faisceaux pour former les tuniques musculaires des organes creux (appareil digestif, voies urinaires, appareils génitaux...), les parois des vaisseaux sanguins. Elles sont soumises à des contractions lentes et soutenues, non contrôlées par la volonté. C'est un tissu lisse et involontaire.

Au microscopie optique, la cellule musculaire lisse est fusiforme avec un corps cellulaire renflé et deux extrémités effilées. Sa longueur varie de 15 (au niveau des petits vaisseaux sanguins) à 500 μm (au niveau de l'utérus). Chaque cellule possède un noyau central de forme elliptique situé dans un fuseau sarcoplasmique axial dépourvu de myofibrilles et où se trouvent les organites de la cellule notamment de nombreuses mitochondries. Chaque cellule est entourée du sarcolemme formé de la membrane sarcoplasmique et de la lame basale et contient des myofilaments orientés selon le grand axe de la cellule. De point de vue histologique, la fibre lisse contient un seul noyau et sans strie.

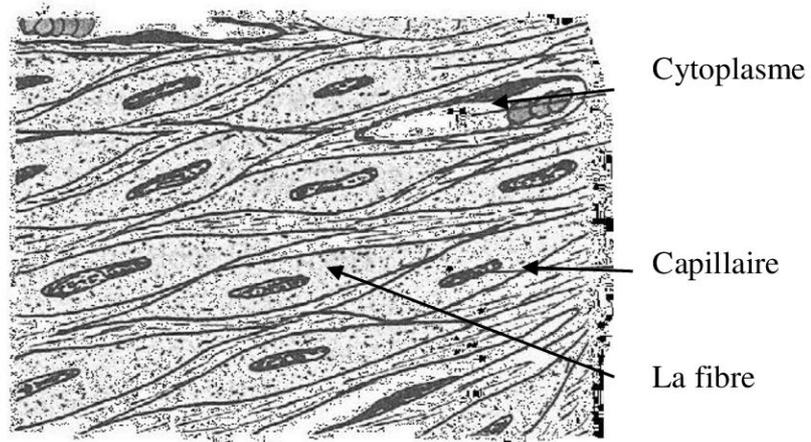


Figure 25: Schéma d'une coupe longitudinale du tissu musculaire lisse

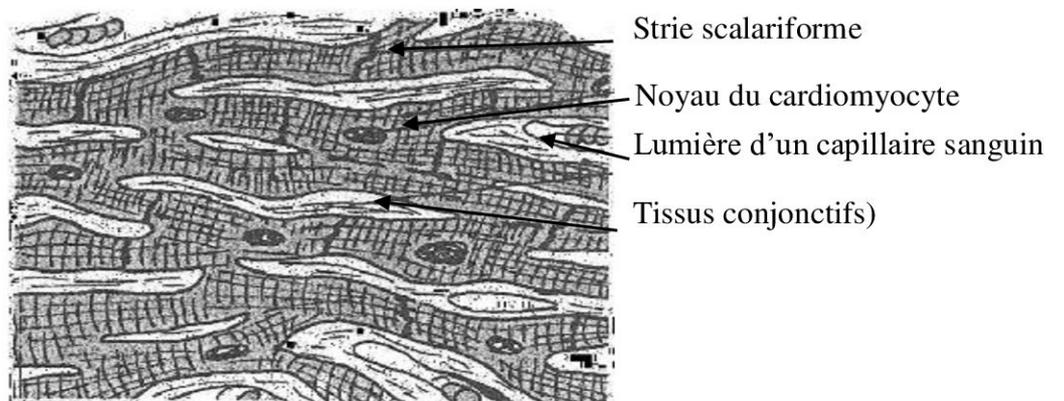


Figure 26: Schéma du muscle Cardiaque en coupe longitudinale

Travail à faire

1/ Observation et schéma d'une coupe longitudinale du muscle strié squelettique (Détail d'une fibre musculaire) (Lames et photos)

L'observation de la coupe longitudinale du muscle strié au microscope optique montre que la fibre musculaire est cernée par sa membrane plasmique entourée de sa MB, la cellule musculaire striée squelettique (ou fibre musculaire striée squelettique ou rhabdomyocyte) a la forme d'un cylindre allongé, dont le diamètre est d'environ 10 à 100 micromètres et dont la longueur excède rarement 10 cm. Elle possède plusieurs centaines de noyaux situés en périphérie de la cellule, contre sa membrane plasmique. Son cytoplasme contient de très nombreuses myofibrilles organisées selon le modèle sarcomérique.

Les filaments épais sont disposés au milieu du sarcomère à l'emplacement du disque A ou disque sombre. Le disque M correspond à leur apparent renflement médian. Dans le disque H, ils sont seuls présents. Par contre, dans les parties latérales du disque A, les filaments fins et épais se chevauchent, les filaments fins se disposant entre les filaments épais selon un mode hexagonal régulier, avec des ponts d'union. Au niveau du disque I ou disque clair, les filaments fins sont seuls présents. Le disque (ou strie) Z est marqué par l'interpénétration sur une faible distance des extrémités des filaments fins de deux sarcomères contigus, avec, à ce niveau, un double système quadratique de ponts entre les filaments fins de chacun des deux sarcomères.

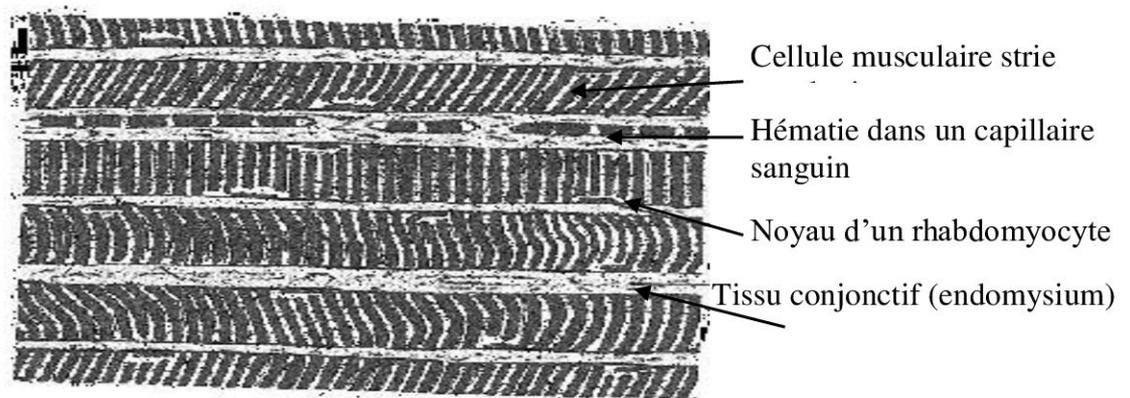


Figure 27: Coupe longitudinale du tissu musculaire strié squelettique

TP 10

Les tissus nerveux

Le tissu nerveux est un tissu de type épithélial qui assure le fonctionnement intégré des organismes animaux. La cellule responsable de cette activité est le neurone, spécialisé dans la communication de proximité avec d'autres cellules de même type. C'est donc un tissu qui a poussé la communication intercellulaire en son sein à son extrême. Schématiquement, le tissu nerveux reçoit les informations sensorielles depuis des récepteurs, les intègre et provoque une réaction adaptée de l'organisme en transmettant des informations aux effecteurs (les principaux étant les muscles et les glandes). La complexité du tissu nerveux chez certains organismes aboutit à des réactions extrêmement complexes et variées.

Le système nerveux comprend 2 grands ensembles fonctionnels : le système nerveux central (cerveau et moelle épinière) et le système nerveux périphérique (filets nerveux destinés aux membres et aux viscères).

1. Le système nerveux central (SNC)

Le SNC (ou névraxe), concentré à l'intérieur du crâne et de la colonne vertébrale qui le protègent, est constitué de haut en bas par l'encéphale (cerveau, tronc cérébral - pédoncules, protubérance et bulbe - et cervelet) prolongé par la moelle épinière. Dans le système nerveux central (S.N.C.) où sont traitées les informations se trouvent aussi des cellules de soutien (les cellules gliales)

Le système nerveux central est lié aux organes sensoriels, aux diverses glandes et aux organes effecteurs (muscles) par l'intermédiaire du système nerveux périphérique.

Le SNC est composée de substance blanche (fibres nerveuses myélinisées et cellules gliales) de substance grise (corps cellulaire des neurones, cellules gliales, fibres nerveuses amyéliniques)

1.1 Structure du cervelet

Le cervelet contrôle l'équilibre et coordonne le tonus postural et les mouvements volontaires ou involontaires.

Le cortex cérébelleux est constitué de 3 couches de cellules :

- ❖ la première couche (externe) ou « couche moléculaire » est de faible en cellule et renferme essentiellement des dendrites et des axones qui font synapse.

- ❖ la deuxième couche correspond à l'assise des « neurones de Purkinje ». Il s'agit de volumineux neurones, agencés de façon discontinue. Ces neurones ont de nombreuses dendrites, qui se ramifient dans l'assise moléculaire. Leur axone, unique, descend dans la SB en traversant la couche interne;
- ❖ la troisième couche (interne) ou couche granulaire renferme de nombreux neurones granulaires, de petite taille. Ces neurones sont pourvus de petites dendrites. Leurs axones remontent dans la couche moléculaire et ont un trajet parallèle avant de former des synapses avec les dendrites des neurones de Purkinje.

2. Le système nerveux périphérique (SNP)

Le système nerveux périphérique comprend les ganglions, les Nerfs et les terminaisons nerveuses. Le SNP, en parfaite continuité avec le SNC, est formé par les ganglions et les nerfs périphériques qui irradient du névraxe vers tous les points de l'organisme, assurant l'acheminement des informations vers le SNC et celui des ordres du SNC vers les effecteurs périphériques

La névroglie périphérique se trouve dans le système nerveux périphérique. Elle est constituée des cellules de Schwann qui assure la myélinisation du système nerveux périphérique et des cellules satellites qui sont impliquées dans le métabolisme du système nerveux périphérique

Les ganglions renferment les corps des cellules nerveuses, les nerfs sont formés uniquement de fibres (dendrites et axones).

La coupe transversale d'un nerf montre que les fibres sont réunies en faisceaux entourés de gaines conjonctives. Le diamètre des fibres est variable, les plus grosses étant les plus longues. La structure de la substance blanche est très comparable à celle des nerfs, mais chaque fibre est entourée d'une gaine de myéline sans gaine de Schwann.

C'est la destruction de la myéline qui est en cause dans la sclérose en plaques.

Le système nerveux périphérique (SNP) est la partie du système nerveux formée de ganglions et de nerfs qui fait circuler l'information entre les organes et le système nerveux central (SNC) et réalise les commandes motrices de ce dernier. Il comprend le système nerveux somatique et le système nerveux autonome.

Travail à faire

1. Observation et schéma du cortex cérébelleux (Lames et photos)

Au fort grossissement

1.1 La couche moléculaire

Il s'agit d'une couche d'interneurones inhibiteurs nommés cellules étoilées et cellules en corbeille (ou en panier)

Les cellules étoilées sont situées dans la partie superficielle de la couche moléculaire (à l'horizontale)

Les cellules en corbeille sont en profondeur. Cette position plus basse permet de faire des synapses sur les cellules des couches inférieures, notamment sur les cellules de Purkinje

Au même niveau, les axones des cellules granulaires se divisent en 2 pour devenir les fibres parallèles.

1.2 La couche de cellules de Purkinje

Elle est constituée essentiellement de l'alignement des corps cellulaires des cellules du Purkinje. Le réseau dendritique élaboré par ces cellules va se déployer dans la couche moléculaire et va former des contacts synaptiques très particuliers avec les fibres ascendantes et les fibres parallèles (qui sont les 2 afférences principales du cervelet)

Les axones des cellules de Purkinje sont la sortie principale de l'information traitée par le cortex cérébelleux vers d'autres structures du cervelet.

1.3 La couche granulaire

Elle contient les cellules inhibitrices de Golgi et les cellules granulaires excitatrices (dont leur prolongement devient la fibre parallèle au niveau de la couche moléculaire)

Elles reçoivent l'information venant du cortex cérébral et de la moelle épinière. Cette information leur parvient par 2 types de fibres nerveuses:

Les fibres ascendantes (ou grimpantes) qui amènent l'information en provenance de la moelle épinière (information entre autre sur l'état des muscles) Elle s'enroule autour des dendrites des cellules de Purkinje.

Les fibres moussues qui sont les axones excitateurs provenant du cortex moteur.

2. Observation et dessin du ganglion spinal (rachidien)

Les ganglions sensoriels renferment les corps cellulaires des neurones ganglionnaires sensoriels, les seuls qui reçoivent directement les stimuli externes (ex. toucher, douleur cutanée ou viscérale, étirement musculaire, etc.). De surcroît, des cellules satellites, petites et aplaties, encerclent chaque neurone ganglionnaire sensoriel.

On retrouve des vaisseaux sanguins et, contrairement au SNC, beaucoup de tissu conjonctif. Les neurones sensoriels traduisent les stimuli, quels qu'ils soient, en influx nerveux qu'ils acheminent vers le SNC et leur morphologie reflète leur fonction particulière.

Au microscope à faible grossissement, observez le ganglion et identifiez les structures suivantes: neurones sensoriels, cellules (gliales) satellites, fibres nerveuses peu colorées (leur myéline n'est pas colorée) et tissu conjonctif (non nerveux). Repérez un neurone sensoriel et passez à un grossissement plus fort.

Apprécié sa forme arrondie, bien différente de la forme "multipolaire" (étoilée) des neurones centraux. Identifié:

- le noyau: nucléoplasme, nucléole
 - le cytoplasme: corps de Nissil plus diffus que dans certains neurones centraux
- Toujours à ce grossissement, observez une cellule satellite.

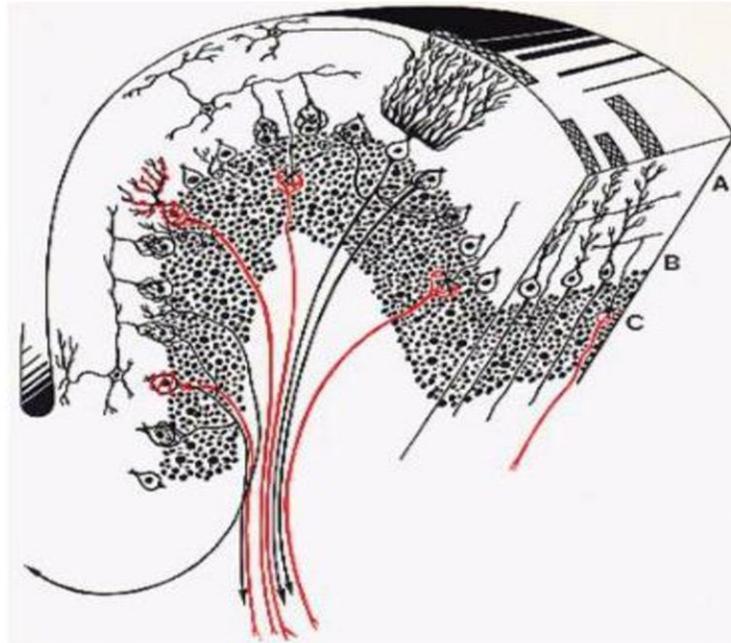


Figure 28: Schéma du cortex cérébelleux

(A) Couche moléculaire, (B) Cellule de Purkinje, (C) Couche granulaire

- ✓ **La couche moléculaire (A)** est avant tout un enchevêtrement de fibres nerveuses.
- ✓ **La couche ganglionnaire (B)** est formée par l'alignement des cellules de Purkinje

L'axone des grains de

- ✓ **La couche granuleuse (C)** remonte vers la surface et fait synapse avec les dendrites des cellules étoilées et des cellules de Purkinje.

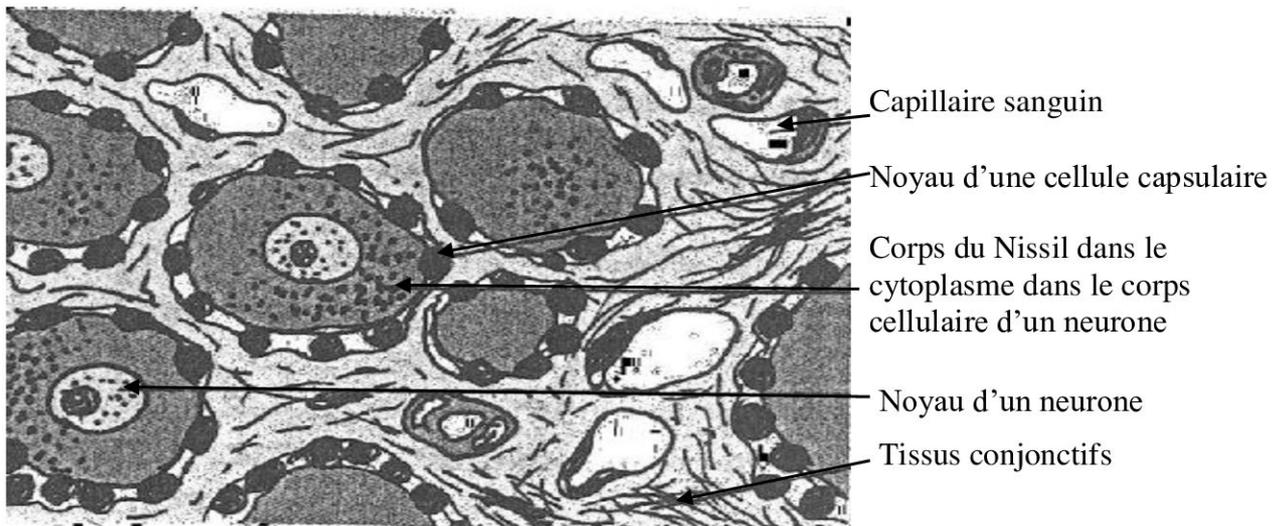


Figure 29: Schéma d'une coupe d'un ganglion spinal

Conclusion

Ce document a deux versions (étudiant-enseignant), ce qui permet de clarifier les tâches spécifiques de chacun. Ce document a l'avantage aussi de fournir à l'enseignant des informations supplémentaires pour la préparation des travaux pratiques de biologie animale.

Références utiles

1. Catala M. Embryologie, développement précoce chez l'humain. Ed Masson, 3ème édition, 2006.
2. Dollander A. Eléments d'embryologie. Ed Flammarion, 4ème édition, 1979.
3. Encha-Razavi F, Escudier E. Embryologie humaine, de la molécule à la clinique. Ed Masson, 2ème édition, Paris, 2001.
4. Fabiau, J. (2018). *Analyse histologique et cytologique de prélèvement cérébraux échoguides: étude préliminaire chez le chien sain* (Doctoral dissertation).
5. Houillon H. Embryologie. Ed Hermann, 1967.
6. Larsen WJ. Embryologie humaine. Ed De Boeck, 2ème édition, 2003.
7. Spemann, H. (1920). Wilhelm Roux als Experimentator. *Naturwissenschaften*, 8(23), 443-446.
8. Pansky B. Embryologie humaine. Ed ellipses, 1982.
9. Site d'embryologie de l'UMVF
 - <http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/Embryologie>
10. Site d'embryologie des universités de Bern, Lausanne et Fribourg
 - <http://www.embryology.ch>
 - <http://www.ovo-site.net/topic/index.html>
 - http://www.ornithomedia.com/pratique/debuter/developpement_embryonnaire_couvaison_chez_oiseaux-00423.html
11. Wheater, P. R., Young, B., & Heath, J. W. (2001). *Histologie fonctionnelle*. De Boeck Supérieur.

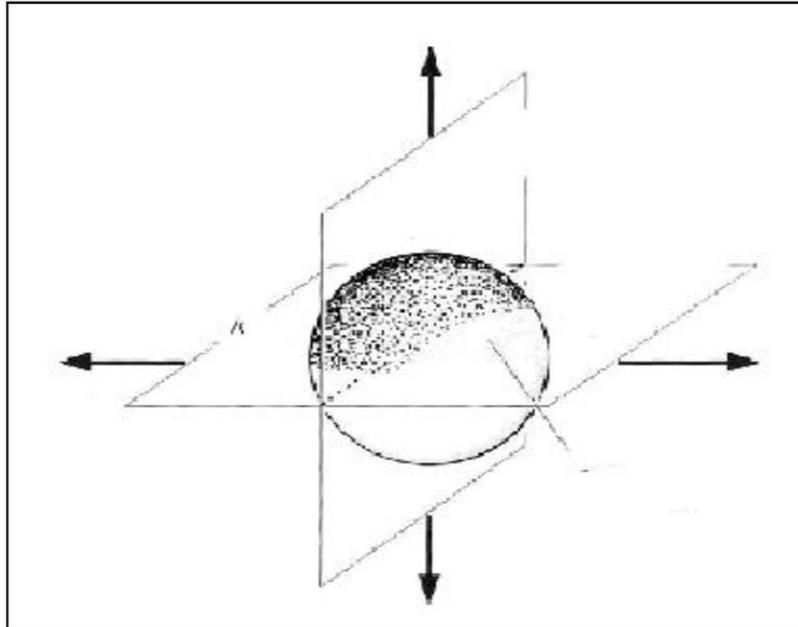


Figure 10: Les axes déterminés dans l'œuf d'amphibien après la fécondation

1. Les stades de l'embryologie des amphibiens

1.1. La segmentation

C'est une succession de divisions cellulaires:

Chez les Amphibiens la segmentation, elle est totale et ensuite radiaire, affecte l'ensemble du germe elle est donc totale (= holoblastique). Les deux premières divisions de segmentation donnent 4 blastomères de taille identique. La troisième division de segmentation aboutit au stade 8 blastomères présentant des caractéristiques différentes : 4 blastomères pigmentés et de taille réduite (= micromères) sont situés au pôle animal et 4 blastomères volumineux riches en vitellus (= les macromères) sont situés au pôle végétatif. L'héritage cytoplasmique est donc différent pour chacune des cellules. Les divisions de segmentation se poursuivent pour former un stade morula transitoire (32 à 64 cellules) auquel succède le stade blastula.

1.2. La gastrulation

Après le stade morula, le rythme des mitoses ralentit, mais des mouvements cellulaires se produisent.

En cours de segmentation, une cavité se creuse dans la blastula: c'est le blastocœle. Il permettra l'invagination des cellules. Il évitera aussi une communication entre des cellules qui normalement auraient été adjacentes. Une encoche apparaît dans le croissant gris: c'est la lèvre dorsale du blastopore (LDP) qui est le point de départ de l'invagination des cellules, phénomène qui définit la

La gastrulation aboutit à la mise en place des 3 feuillets:

- ❖ le feuillet externe ou *ectoblaste*,
- ❖ le feuillet interne ou *endoblaste*
- ❖ le feuillet intermédiaire ou *mésoblaste* (blaste = tissu indifférencié).

Des territoires se redéployent à l'intérieur de l'embryon en comblant l'espace interne formé par le blastocœle. C'est l'invagination. C'est le cas des territoires mésodermiques et endodermiques. Simultanément, les autres territoires s'étalent à la surface de l'embryon et le recouvrent entièrement. On parle de mouvements d'épibolie. C'est le cas des territoires ectodermiques (épiderme et neuroderme).

Au stade de la gastrulation, des mouvements cellulaires de grande ampleur affectent l'ensemble de l'embryon. Des remaniements cellulaires en découlent et redistribuent les tissus embryonnaires. Les trois feuillets originaux, ectoderme, mésoderme et endoderme sont maintenant organisés de manière concentrique: l'endoderme profond, l'ectoderme superficiel et le mésoderme en position intermédiaire. Une nouvelle cavité est formée au détriment du blastocœle: l'archentéron.

1.3. Quatrième étape : la neurulation

Les interactions cellulaires induisent l'organogénèse. La mise en place du système nerveux résulte d'une interaction ecto-mésoblaste.

Les soulèvements des bourrelets neuraux ectodermiques vont former la plaque neurale et le tube neural dont la fermeture est étalée dans le temps. Avec la formation du tube neural, la neurulation marque le début de l'organogénèse. Comme chez tous les vertébrés, le tube neural est dorsal.

L'embryon montre donc maintenant une double régionalisation de ses structures. La régionalisation dorsoventrale marquée par la position dorsale du futur système nerveux et la régionalisation antéropostérieure marquée par l'individualisation de la tête et du tronc.

1.4. Cinquième étape: l'organogénèse

En ce qui concerne la morphologie externe, les trois feuillets germinatifs: ectoderme, mésoderme et endoderme mis en place pendant les stades initiaux de l'embryogenèse évoluent en ébauches ou bourgeons d'organes. C'est la période d'organogenèse qui voit le corps de l'embryon se modeler pour prendre progressivement la forme du têtard de grenouille. En plus des subdivisions céphaliques et troncale apparues pendant la neurulation, l'ébauche caudale se forme et donne son nom à cette période d'organogenèse comprise entre la neurulation et la phase larvaire. On parle de stade "bourgeon caudal"

A la fin de la phase d'organogenèse, l'embryon mène une vie libre dans le milieu aquatique. Les ébauches d'organes se sont modelées pour devenir des organes fonctionnels. Progressivement, les derniers grains de vitellus sont résorbés au niveau des cellules intestinales. Le tube digestif est maintenant prêt à entrer en fonction. Il ne manque plus que l'ouverture de la bouche, dernier acte qui clos le stade du bourgeon caudal avec les premières prises de nourriture. L'individu est devenu une larve plus communément connue sous le nom de têtard (Figure 11).

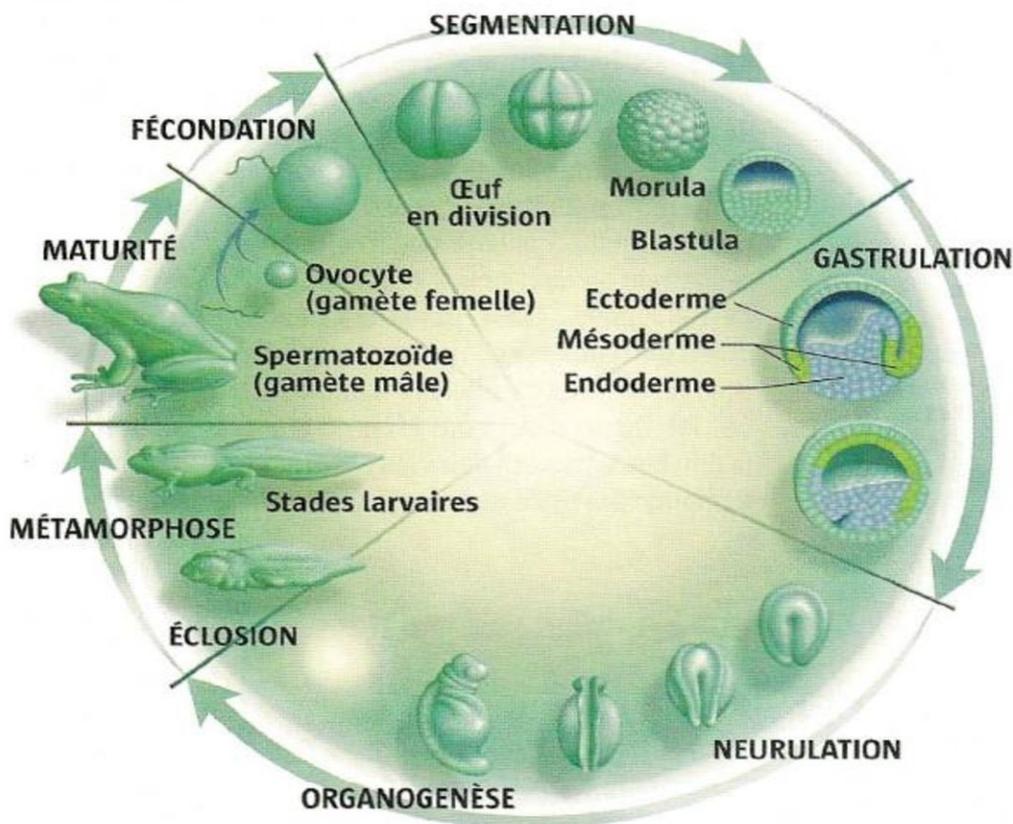


Figure 11: Les étapes du développement embryonnaire chez les vertébrés: le modèle amphibien

Travail à faire

1. Observation et schéma d'une blastula d'amphibiens (Lames et photos)

La segmentation est un période pendant laquelle les cellules se divisent élaborant le premier feuillet embryonnaire. Chez la grenouille, il entoure une cavité, le blastocœle.

La taille du zygote ne change pas beaucoup durant la segmentation. En fait la taille devrait diminuer légèrement: les cellules se divisent alors que l'œuf ne se nourrit pas! S'il se divise sans modifier sa taille, les cellules filles doivent devenir de plus en plus petites et nous allons voir comment.

Au cours de la segmentation les cellules deviennent de plus en plus petites, et entre elles forment une cavité dans laquelle elles accumulent du liquide. Cette cavité porte le nom de blastocœle.

TP 05**Le développement embryonnaire chez les oiseaux****1. Embryologie chez la poule (modèle)**

Les animaux présentent différent type de développement embryonnaire et leur durée varie selon l'espèce considérée. En l'occurrence celui de la poule dure 21 jour à une température de 37-38°C.

Les oiseaux sont des amniotes et permettent de comprendre certaines modalités de base de développement des vertébrés supérieurs et plus précisément les annexes embryonnaires (ou annexes extra embryonnaires). Elles permettent à l'embryon de se développer de façon autonome sans devoir passer par une phase larvaire suivie d'une métamorphose et permettent à l'embryon de se développer en s'affranchissant du milieu aquatique.

1.1 Etapes du développement de l'embryon

Le développement d'un œuf fécondé commence, par division cellulaire, dès qu'il traverse l'oviducte de la poule qui va le pondre. Pas encore sorti du corps de la poule, il est déjà vivant.

Quand la poule pond l'œuf, l'embryon se refroidit et le développement est suspendu. Si on casse l'œuf à ce moment-là, le disque germinal mesure déjà 4 mm.

Notez que les conditions de conservation de l'œuf doivent être optimales: environ 12 °C et une humidité comprise entre 70 et 75 %.

Dans le tableau suivant, vous trouverez les différentes étapes du développement de l'œuf pour arriver à un poussin le 21^e jour.

1.2 Les annexes embryonnaires

Le développement de l'embryon chez l'oiseau nécessite des structures annexes situées en dehors du corps de l'embryon et non organogène.

Ces structures annexes sont appelées annexes embryonnaires ou extra embryonnaires.

Elles se développent simultanément dans l'embryon lui-même et dans le prolongement de ses feuilletts constitutifs: le tube neural, la crête neurale, la corde, les somites, le mésoderme des pièces intermédiaires. L'endoderme va donner l'intestin va s'étendre au de la des régions embryonnaires sous forme d'endoderme extra embryonnaires. Les feuilletts des lames latérales (somatop et splanchnop) vont se prolonger en extra embryonnaire sans frontière entre les parties embryonnaires et extra embryonnaire.

Ces annexes embryonnaires sont des structures transitoires qui vont être éliminées à l'éclosion ou durant les jours qui vont suivre. Ces annexes sont au nombre de trois:

- La vésicule vitelline
- L'amnios
- L'allantoïne

Ces annexes assurent la protection de l'embryon durant son développement et son autonomie métabolique (nutrition, respiration, excrétion).

2. Différents types d'œufs

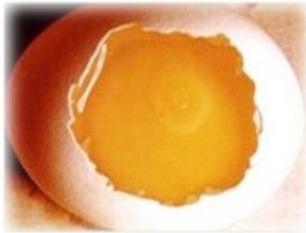
On distingue plusieurs types d'œufs en fonction de leur structure (quantité de vitellus: réserve énergétiques):

- **Oligolécithe** (*oligos*, peu nombreux) : Œuf qui contient une petite quantité de vitellus sous forme de granulations dispersées dans le cytoplasme, il existe chez les échinodermes (les oursins).
- **Hétérolécithe** (*heteros*, autre) : Ce terme désigne les œufs dont le vitellus est réparti de façon inégale, provoquant une segmentation inégale (Chez les Amphibiens, certains plathelminthes, la plupart des annélides et la plupart des mollusques).
- **Téolécithe** (*telos*, fin) : Œuf caractérisé par un volume considérable de vitellus localisé à l'un des pôles.). Il existe chez les oiseaux les reptiles et la plupart des poissons
- **Centrolécithe** : Œuf dont le vitellus est surtout concentré au centre. Ce type d'œuf se rencontre chez les insectes.
- **Alécithe** (*a*, négation) : Œuf caractérisé par un volume très faible de vitellus (ou bien absence total du vitellus). Chez les mammifères placentaires, on donne aussi ce nom à un ovule non fécondé.

Tableau 01: Etapes du développement de l’embryon

AVANT LA PONTE	Fécondation Division et croissance des cellules. Certaines cellules se regroupent en tissus (pour assumer ultérieurement certaines fonctions)
ENTRE LA PONTE ET LA COUVAISON/INCUBATION	Arrêt de la croissance cellulaire. Il y a déjà entre 50 000 et 80 000 cellules.
JOUR 1	
L’embryon est déjà constitué des 3 couches de cellules:	
<ul style="list-style-type: none"> • l’ectoderme: qui donnera la peau, les plumes, le bec, le système nerveux, les griffes, les yeux et la bouche • le mésoderme: qui donnera le squelette, les muscles, le sang et les organes reproducteurs • l’endoderme: qui donnera les organes respiratoires, les systèmes sécréteurs et digestifs 	
16 heures	Premiers signes de ressemblance avec un embryon de poulet
18 heures	Apparition du tube digestif
20 heures	Apparition de la colonne vertébrale
21 heures	Début de la formation du système nerveux
22 heures	Début de la formation de la tête
24 heures	Début de la formation de l’œil
JOUR 2	
25 heures	Début de la formation du cœur
35 heures	Début de la formation de l’oreille
42 heures	Le coeur commence à battre
JOUR 3	
60 heures	Début de la formation des voies respiratoires
62 heures	Début de la formation des pattes
64 heures	Début de la formation des ailes
JOUR 4	Début de la formation de la langue. Le cœur quitte sa forme simple et devient un cœur complètement formé; il est toujours en train de battre mais reste encore à l’extérieur du corps. Des membranes amniotiques se forment et constituent un sac amniotique dans lequel l’embryon va flotter jusqu’à la fin de son développement. Le liquide amniotique et les retournements de l’oeuf vont permettre à l’embryon de se positionner correctement pour l’éclosion.

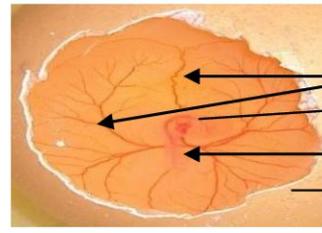
JOUR 5	Début de la formation des organes permanents et différenciation sexuelle. La structure aortique commence à se former et à s'épaissir.
JOUR 6	Début de la formation du bec. Les pattes et les ailes sont presque complètement développés.
JOUR 7	La membrane commence à s'épaissir mais reste transparente
JOUR 8	Début de la formation des plumes
JOUR 9	La membrane n'est plus transparente. L'embryon commence à vraiment ressembler à un poussin.
JOUR 10	Début du durcissement du bec. Les os commencent à se former.
JOUR 12	Développement des écailles et des griffes
JOUR 13	L'ovaire de droite de l'embryon femelle commence à dégénérer
JOUR 14	L'embryon se met en bonne position pour pouvoir briser la coquille
JOUR 16	Les écailles, les griffes et le bec deviennent plus fermes. L'albumen est déjà quasi tout consommé. Il reste le jaune comme nourriture.
JOUR 17	Le bec se tourne vers la poche d'air
JOUR 19	Le vitellus (jaune) commence à entrer dans le corps de l'embryon
JOUR 20	Le sac vitellin est complètement aspiré à l'intérieur du corps de l'embryon. Le poussin occupe presque tout l'espace intérieur de l'œuf, à l'exception de la chambre à air. Il lui devient difficile d'obtenir de l'oxygène au travers de la coquille. Du coup, les muscles du cou se contractent et le bec perce la poche d'air située du côté du gros bout de l'œuf: le poussin respire pour la 1e fois. Les plus faibles, notamment ceux qui manquent de vitamines du groupe B, n'y survivront pas.
JOUR 21	Eclosion du poussin: les coups de bec alternent avec des mouvements des pattes. De cette manière, le poussin découpe le gros bout de l'œuf, jusqu'à pouvoir en sortir.



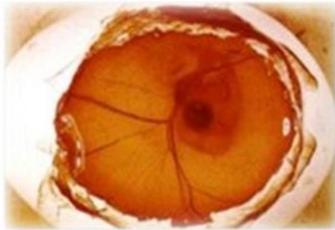
1er jour d'incubation



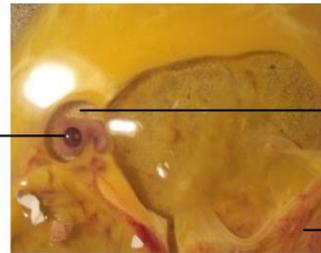
4 ème jour d'incubation



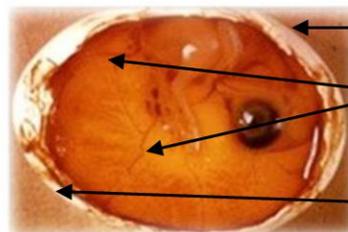
Vaisseaux sanguins
Embryon
Cœur
Coquille



7 ème jour d'incubation

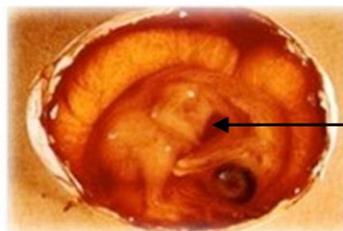


Embryon
Amnios
Sac vitellin



11 ème jour d'incubation

Coquille
Vaisseaux sanguins
Allanto-chorion

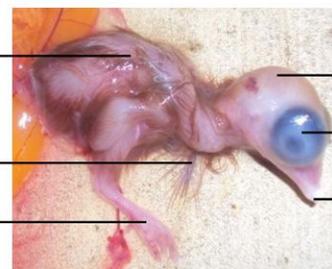


12 ème jour d'incubation

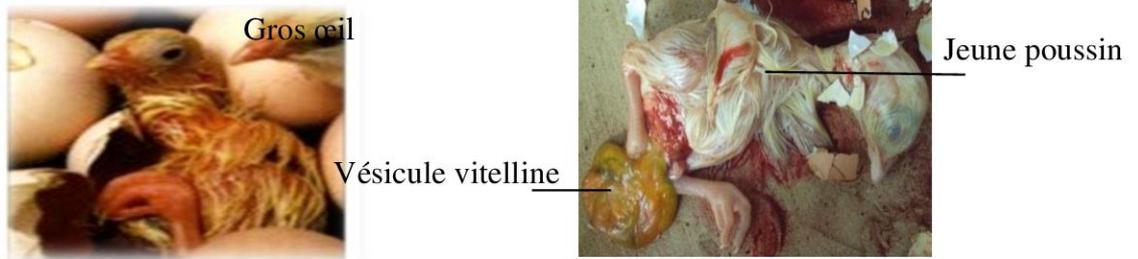
Embryon dans l'amnios



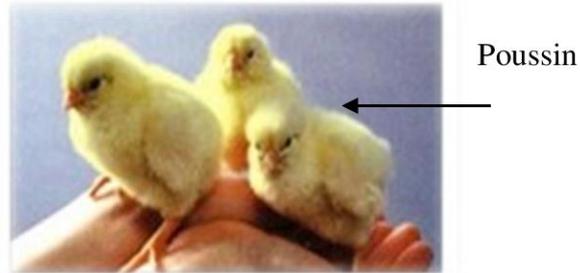
14 ème jour d'incubation



Corps couvert de duvets
Tête
Duvets
Patte digité



20^{ème} jour d'incubation: l'éclosion



Une journée après l'éclosion

Figure 12: Œufs de poule observés à divers stades de développement.

Travail à faire

1. Observation et schéma D'Œufs de poule observés à divers stades de développement. (Lames et photos) 18 heures, 56 heures 64, heures.....4^e, 7^e, 11^e, 14^e, 20^e et 21^e jours d'incubation.

TP 06**Les épithéliums de revêtement**

Les épithéliums constituent un groupe de tissus très variés qui vont, pratiquement tous, revêtir toute la surface du corps mais également vont revêtir, à l'intérieur du corps, les différents tubes et cavités.

Tous les épithéliums reposent sur une membrane basale d'épaisseur variable qui les sépare du tissu conjonctif sous-jacent et qui n'est jamais traversé par les vaisseaux sanguins (sauf pathologies). Les épithéliums sont donc dépendants pour leur nutrition des tissus sous-jacents à partir desquels vont diffuser l'oxygène et les métabolites.

1. Les épithéliums**➤ Classification et structure**

Les épithéliums sont classés selon leurs caractères morphologiques ou selon leur mode d'excrétion.

1.1. Les épithéliums de revêtement**➤ le nombre de couche cellulaire**

Une couche : **épithélium simple** ou **unistratifié**

Plusieurs couches : **épithélium pluristratifié**

➤ la forme des cellules

Cellule pavimenteuse : très plates et effilées

Cellules cubiques : un peu plus hautes et carrées

Cellules cylindriques ou prismatiques : plus hautes que larges

Cellules polyédriques : ont plusieurs côtés

➤ présence de spécialisation de structure

Cil

Microvillosités

Présence de kératine

Par exemple, l'épiderme est un épithélium pavimenteux pluristratifié kératinisé.

1.2. Epithéliums simples ou unistratifiés

Ces épithéliums peuvent être composés de cellules pavimenteuses, cubiques ou prismatiques (voir cours).

1.2.1 L'épithélium pavimenteux simple

Il est formé de cellules aplaties de forme irrégulière formant une surface continue.

Exemple : épithélium des poumons, vaisseaux sanguins.

1.2.2 L'épithélium cubique simple

Cet épithélium est formé par des cellules carrées

Par exemple : les petits canaux collecteurs du rein, les canaux des glandes salivaires, les canaux du pancréas exocrine.

1.2.3 L'épithélium cylindrique ou prismatique simple

Il est formé par des cellules qui en coupe apparaissent rectangulaires (plus hautes que larges).

Elles ont des noyaux allongés, ovoïdes qui peuvent se situer à la base, au centre ou au sommet de la cellule (=polarité de la cellule).

Exemple : épithélium de l'intestin grêle humain

Dans cet épithélium on trouve une différenciation apicale de la membrane plasmique qui sont les cils, les stéréo cils et les microvillosités (Figure 13).

1.2.4 Epithéliums pseudostratifiés Trachée

(Figure 14).

1.3. Les épithéliums stratifiés

Le degré et la nature de la stratification vont dépendre des différentes sortes d'agression auxquelles ces épithéliums sont soumis.

La classification se fait par la couche la plus superficielle car les cellules basales sont pratiquement toujours cubiques

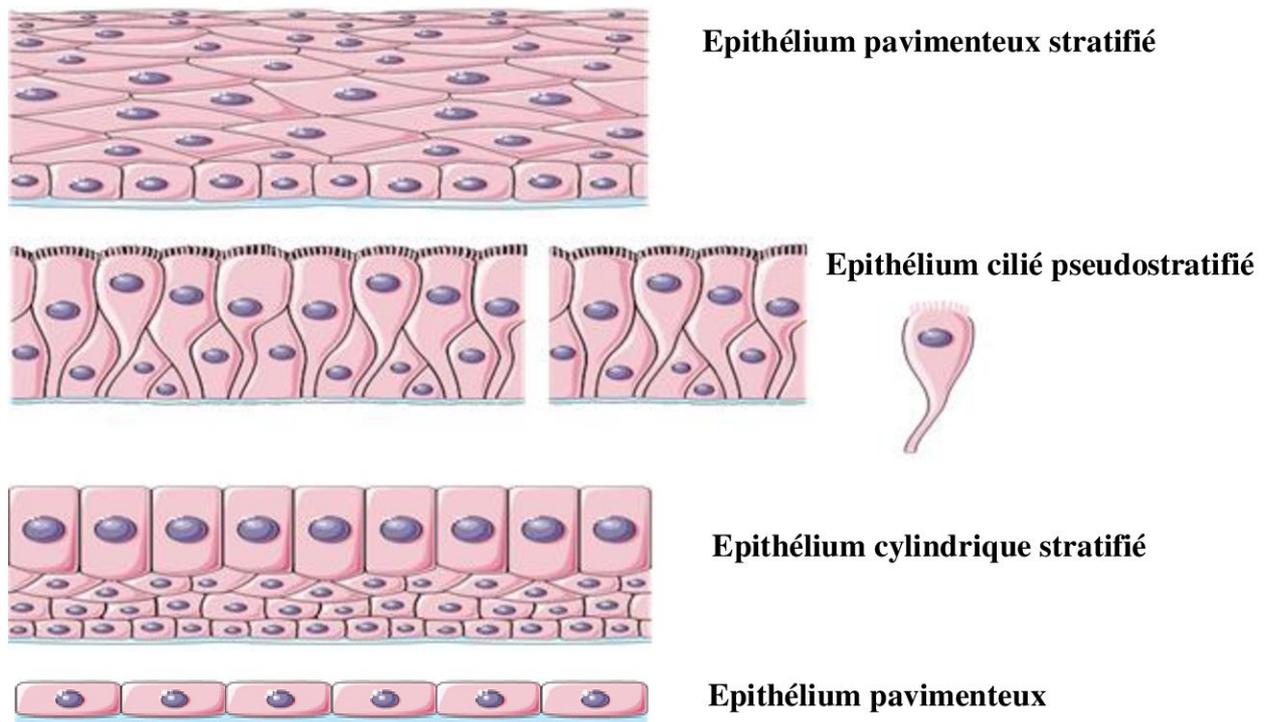


Figure 13: Classification des épithéliums selon leurs caractères morphologiques

Travail à faire

1. Observation et schéma d'une coupe transversale de la Trachée

L'observation de l'épithélium pseudostratifié ressemble à première vue à l'épithélium stratifié. Les cellules qui le composent sont de trois types, à savoir les cellules prismatiques ciliées, les cellules caliciformes et les cellules basales. Toutes les cellules mentionnées ci-dessus sont de hauteur différente, certaines des cellules peuvent ne pas atteindre la lumière. Quoique toutes se reposent sur la membrane basale bien distincte, leurs noyaux se trouvent à des hauteurs différentes, en donnant l'aspect de pseudostratification.

2. Observation et schéma d'une coupe transversale au niveau d'une villosité intestinale

On peut voir un grand nombre de villosités autour de la face de la cavité intestinale. Ces villosités ont un axe conjonctif et sont recouvertes d'un épithélium prismatique simple contenant des anthérocytes et des cellules caliciformes.

Les entérocytes sont de forme prismatique haute, régulièrement alignées, à noyau allongé dans le sens de la cellule et située environ au tiers inférieur du corps cellulaire. Le pôle apical est muni d'une membrane réfringente, finement striée, c'est le plateau strié qui est formé des microvillosités bien développées sous le microscope électronique.

Les cellules caliciformes s'insinuent entre des entérocytes à plateau strié. Au pôle apical, les cellules caliciformes sont distendues par un amas de bulles de mucus, leur noyau est refoulé au pôle basal.

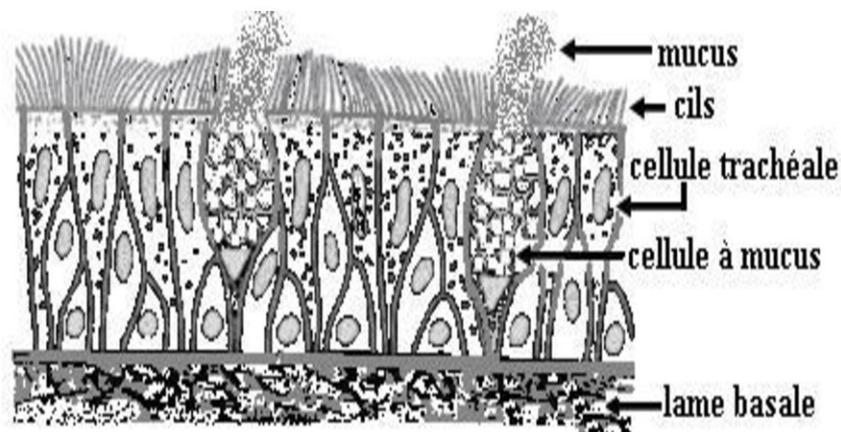


Figure 14: Epithélium pseudostratifié de la trachée

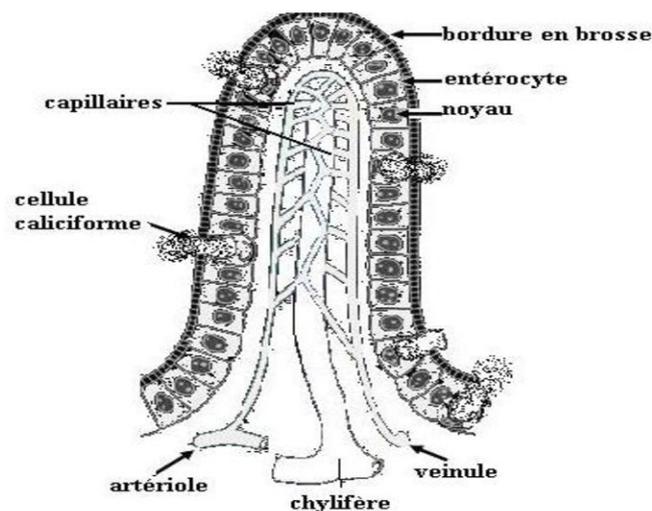


Figure 15: Détail d'une villosité intestinale

TP 07

Les épithéliums glandulaires

Les glandes sont en fait des invaginations des épithéliums de surface qui résultent de la prolifération de l'épithélium dans le tissu conjonctif sous-jacent.

Il y existe 3 types de glandes:

1/ **Les glandes exocrines**: ce sont des glandes à sécrétion externe et qui garde liaison avec l'extérieur par l'intermédiaire d'un canal excréteur. Exemple : glande mammaire

2/ **Les glandes endocrines**: elles subissent une dégénérescence de leur canal et déverse leur produit de sécrétion directement dans le sang. Exemple : glande thyroïdienne.

3/ **Les glandes amphicrines (mixte)**: ce sont des glandes qui sont à la fois exocrines et endocrines.

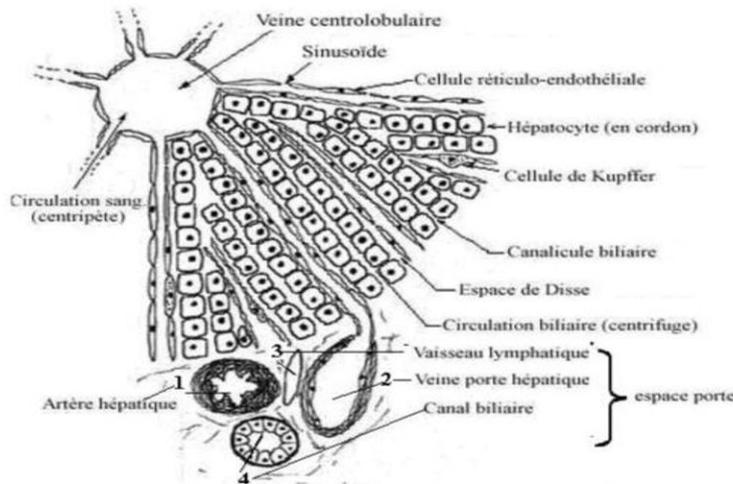
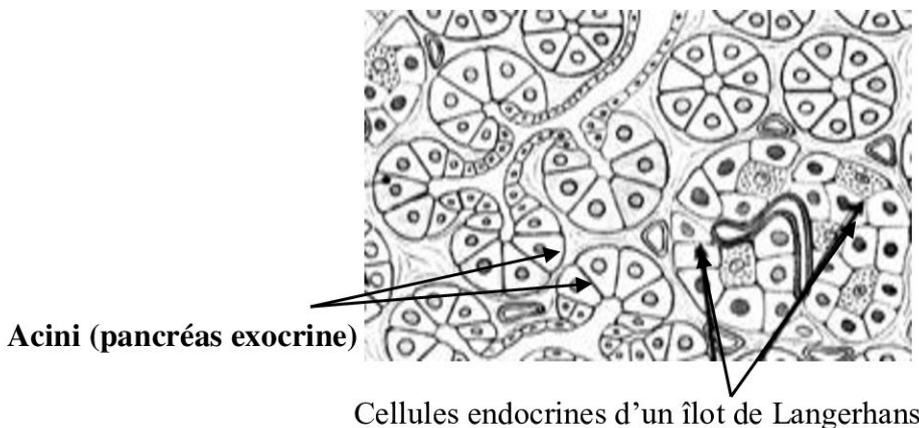


Figure 16: Détail d'une portion d'un lobule hépatique



Cellules endocrines d'un îlot de Langerhans

Figure 17: Coupe du Pancréas

Travail à faire

2. Observation et schéma d'une coupe transversale du foie

Les cellules parenchymateuses du foie, les hépatocytes, se regroupent en lobules. Les lobules sont limités par de fins septa de tissu collagénique de soutien qui sont particulièrement faciles à identifier dans le foie de porc. Les lobules hépatiques sont grossièrement de forme hexagonale quel que soit le plan de coupe, reflet de leur forme polyédrique dans l'espace. Les branches de l'artère hépatique et de la veine porte sont situées aux angles des limites du lobule dans les espaces portes. Le sang venant des espaces portes converge, par les sinusoides situés entre les travées hépatocytaires, vers une petite veine hépatique terminale (veine centrolobulaire), dans chaque lobule. Les veines centrolobulaires se jettent dans la veine sus-hépatique.

La bile est sécrétée à travers un réseau de minuscules canalicules biliaires situés entre les membranes cytoplasmiques d'hépatocytes adjacents. Le réseau canaliculaire se draine ensuite dans un système de canaux biliaires collecteurs situés dans les espaces portes. Les canaux biliaires forment ensuite la voie biliaire principale, se terminant dans le duodénum.

4. Observation d'une coupe transversale au niveau de la thyroïde

La composition de la glande thyroïde est particulière ; elle est composée de follicule creux. En coupe, chaque follicule est une cavité entourée d'un épithélium cubique simple. La cavité est remplie d'une substance amorphe, le colloïde thyroïdien. Les cellules thyroïdiennes ont une double activité. Elles produisent le colloïde et le secrètent dans la lumière folliculaire, puis elles le reprennent, le lysent et excrètent les hormones ainsi libérées dans les vaisseaux sanguins.

La thyroïde est une glande endocrine lobulée, faite de follicules thyroïdiens (Figure 18) situés dans un stroma conjonctivo-vasculaire riche en capillaires sanguins fenêtrés. Les follicules thyroïdiens sont des formations sphériques comprenant (Figure 18):

- 1) une paroi, constituée par un épithélium simple reposant sur une lame basale et comportant deux types de cellules : les cellules folliculaires et les cellules C.
- 2) un contenu amorphe, pâteux et jaunâtre à l'état frais : la colloïde.

Les cellules folliculaires (ou thyrocytes) sécrètent les hormones thyroïdiennes T3 (tri-iodothyronine) et T4 (tétra-iodothyronine ou thyroxine). Leur pôle basal repose sur la lame basale du follicule, leur pôle apical présente des microvillosités se projetant dans la colloïde, et leurs faces latérales sont réunies à celles des cellules folliculaires adjacentes par des complexes de jonction.

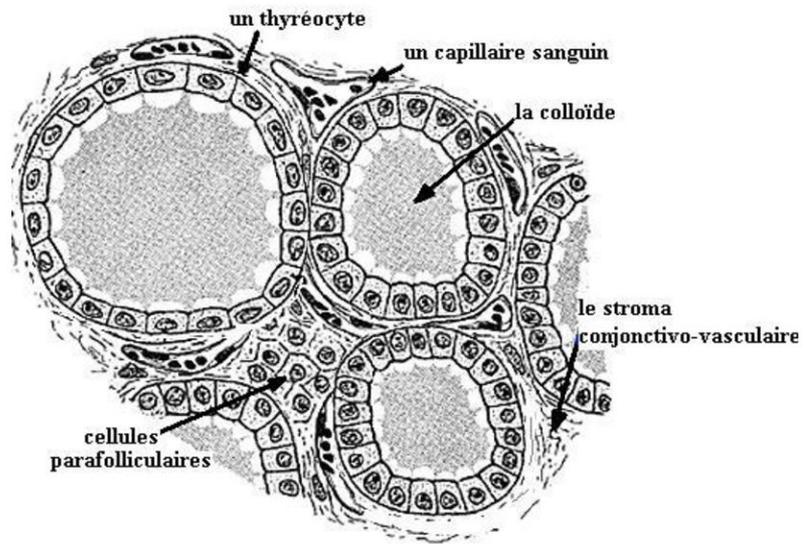


Figure 18: Coupe de la thyroïde (au fort grossissement)

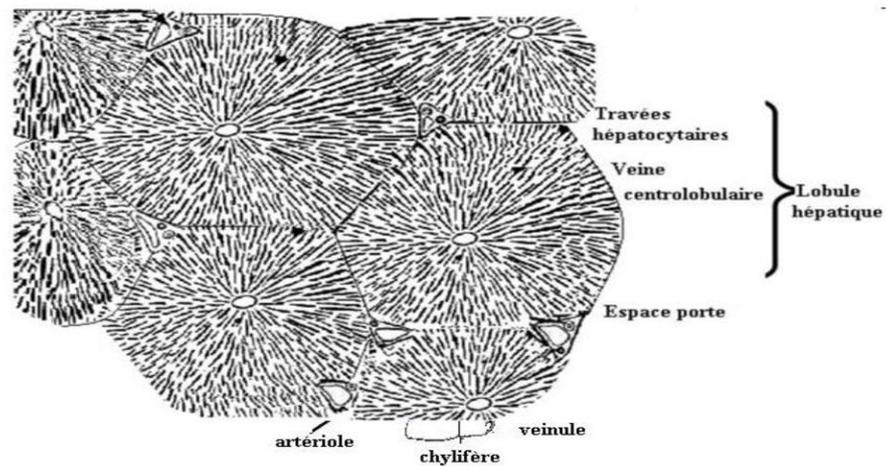


Figure 19: Coupe du foie (faible grossissement)

TP 08

Les tissus conjonctifs

1. Définition

Le tissu conjonctif est un tissu de soutien relativement solide et plus ou moins fibreux dont le rôle consiste à protéger les organes qu'il entoure. Les tissus conjonctifs assurent plusieurs fonctions:

- mécanique, de soutien et de cohésion des cellules tissus d'un organe
- de nutrition, d'échange et de défense

2. Données morphologiques

A/ Les cellules

Les **cellules** des tissus conjonctifs constituent deux populations:

- une **population fixe**, constituée de *fibroblastes*, *fibrocytes*, *myofibroblastes* et *d'adipocytes*.
- une **population de cellules mobiles** d'origine hématopoïétique:
 - des *macrophages*, des *mastocytes* et des *plasmocytes*, qui ne sont normalement pas présentes dans le compartiment sanguin,
 - des lymphocytes, des granulocytes neutrophiles et des granulocytes éosinophiles qui sont des cellules sanguines.

B/ Les fibres

Les tissus conjonctifs contiennent **3 types de fibres** : Elastine (E), Réticuline (R) et Collagène (C).

C/ La substance fondamentale

Optiquement vide en **histologie standard (microscope optique)**, la substance fondamentale peut être assimilée à un gel visqueux, translucide, amorphe et homogène enrobant les cellules et les fibres.

3. Les différents types de tissus conjonctifs

3.1 Tissus conjonctifs différenciés.

3.1.1 Le tissu conjonctif lâche : (E = R = C)

Le tissu conjonctif lâche (ou tissu conjonctivo-vasculaire) se caractérise par la présence entre ces cellules d'une très abondante matrice extracellulaire (MEC). Dans cette

MEC, l'histologie classique distinguait des fibres (collagènes, élastiques et de réticuline) et une substance fondamentale (microscopiquement amorphe)

Il est très répandu dans tout l'organisme:

- dans la *peau*, au niveau du derme superficiel, de l'hypoderme et du tissu sous-cutané,
- entre les *masses musculaires*,

Outre son rôle *de soutien et d'emballage*,

- il joue un rôle fondamental de *passage obligé entre le sang et d'autres tissus* (épithéliums, tissu nerveux du système nerveux périphérique...); il est impliqué dans toutes les réactions de défense de l'organisme

3.1.2 Les tissus conjonctifs réticulaires (>R)

Les **tissus conjonctifs réticulaires** (ou tissu réticulé) correspondent au tissu conjonctif formant la trame : du stroma des *organes hématopoïétiques*, des *organes lymphoïdes* (ganglions lymphatiques, rate, moelle osseuse) et du *foie*

3.1.3 Les tissus conjonctifs denses fibreux (>C)

Les *tissus conjonctifs denses fibreux* sont :

- riches en "*fibrilles de collagène*",
- pauvres en substance fondamentale
- pauvres en cellules et ces dernières sont peu actives (fibrocytes).

3.1.4 Les tissus conjonctifs denses élastiques (>E)

Les tissus conjonctifs denses élastiques sont présents dans le ligament jaune de la nuque, de la colonne vertébrale, dans les cordes vocales et dans des artères de gros calibre, appelées pour cette raison artères élastiques.

3.1.5 Les tissus conjonctifs cellulaires (les tissus adipeux)

C'est le seul type de tissus conjonctifs (Tissus adipeux) où il y a prédominance des cellules. À l'œil nu, le tissu adipeux paraît homogène et nacré ; il est, pour cette raison appelé graisse blanche. Le cytoplasme des adipocytes est presque entièrement occupé par une volumineuse goutte lipidique (vacuole) qui refoule le noyau contre la membrane plasmique. Entre les adipocytes, se trouvent des fibres réticulées et un riche réseau vasculaire.

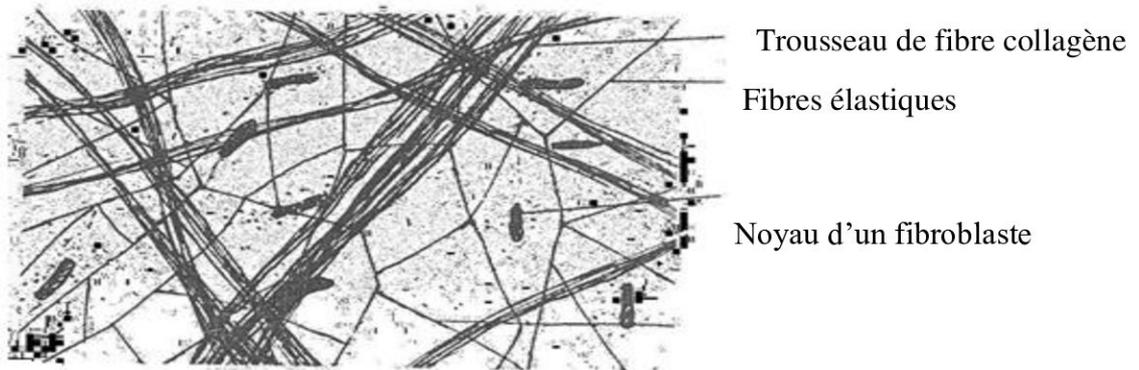


Figure 20 : Tissus conjonctifs lâche

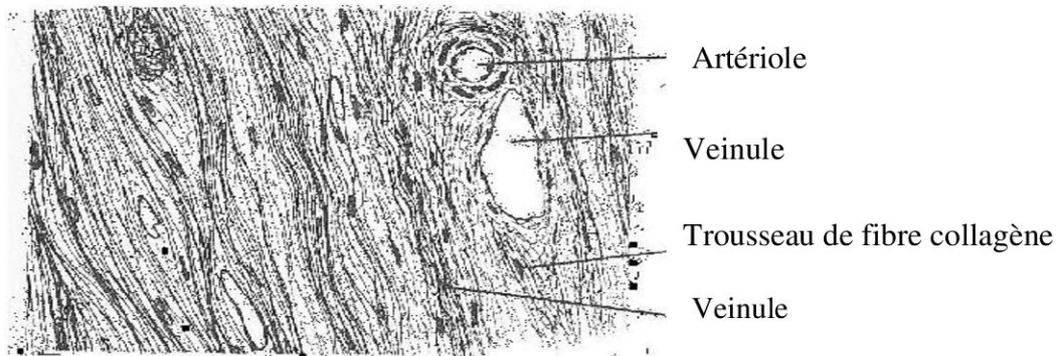


Figure 21 : Tissus conjonctifs dense

3.2 Tissus conjonctifs spécialisés.

3.2.1 Tissus de soutien

Le cartilage et l'os sont les tissus de soutien du corps.

➤ Le cartilage

C'est un tissu conjonctif spécialisé formé d'un seul type cellulaire les chondrocytes, ce tissu à consistance dure possède une matrice rigide extracellulaire non vascularisée, mais contrairement à l'os, le cartilage n'est pas minéralisé.

Les chondrocytes sont des cellules volumineuses, arrondies, situées dans de petites logettes (ou chondroplastes) qu'elles emplissent complètement à l'état vivant.

➤ Les différents types de cartilage

Selon la richesse de la MEC en fibres de collagène ou élastiques, il existe trois types de cartilage : -**Le cartilage Hyalin**, le plus répandu, il doit son nom à son aspect vitreux opalin. La matrice extracellulaire paraît amorphe en microscopie optique.

-**Le Cartilage élastique**, la matrice extracellulaire contient des fibres élastiques. Il résiste aux déformations et pliures passagères (ailes du nez, pavillon de l'oreille, épiglotte).

-Le **cartilage fibreux** c'est un cartilage renforcé par d'épais faisceaux de fibres de collagène I et dont la structure rappelle celle des tendons.

Il résiste à de très fortes pressions tout en préservant une certaine élasticité. On le trouve dans les disques intervertébraux et les ménisques du genou.

3.2.2 Le tissu osseux

Le tissu osseux est un tissu conjonctif spécialisé d'origine mésenchymateuse dont la matrice extracellulaire s'imprègne de sels de calcium, en la rendant rigide et dure. La matrice osseuse a la particularité de se calcifier, ce qui la rend opaque aux rayons X et permet l'étude des os par radiographie.

Le tissu osseux existe sous deux forme, lorsqu'il paraît dense à l'œil nu et dépourvu de cavités, on l'appelle « os compact ». Lorsqu'au contraire, il est forme de minces travées disposées en réseau autour de nombreuses cavités, il a l'aspect d'une éponge et s'appelle « **os spongieux** ».

➤ l'os spongieux

C'est un tissu forme par des cloisons ou travées osseuses minces et irrégulières qui sont séparées par de larges cavités. Chez l'adulte, on la rencontre au niveau des épiphyses des os longs, dans les os courts et le diploé des os plats. Il est peu résistant et se laisse facilement rompre et écrasé.

Chaque ostéone correspond dans l'espace a une sorte de colonne comportant un petit canal central, le canal de Havers, qui est entouré d'une série de tubes cylindriques concentriques de diamètre croissant. Les canaux de Havers communiquent entre eux par les canaux de Volckman.

➤ l'os compact ou Haversien

Ce tissu à une structure tout a fait caractéristique ; dense et creuse de cavité relativement étroite et constituer par la réunion de systèmes tubulaires concentriques, les systèmes de havers ou haversien ou ostéomes.

3.2.3 Le tissu sanguin

Le sang est un tissu mésenchymateux dont la matrice, le plasma, est liquide. Les cellules constitutives sont appelées les éléments figurés du sang. Les éléments figurés sont

-Le **cartilage fibreux** c'est un cartilage renforcé par d'épais faisceaux de fibres de collagène I et dont la structure rappelle celle des tendons.

Il résiste à de très fortes pressions tout en préservant une certaine élasticité. On le trouve dans les disques intervertébraux et les ménisques du genou.

3.2.2 Le tissu osseux

Le tissu osseux est un tissu conjonctif spécialisé d'origine mésenchymateuse dont la matrice extracellulaire s'imprègne de sels de calcium, en la rendant rigide et dure. La matrice osseuse a la particularité de se calcifier, ce qui la rend opaque aux rayons X et permet l'étude des os par radiographie.

Le tissu osseux existe sous deux forme, lorsqu'il paraît dense à l'œil nu et dépourvu de cavités, on l'appelle « os compact ». Lorsqu'au contraire, il est forme de minces travées disposées en réseau autour de nombreuses cavités, il a l'aspect d'une éponge et s'appelle « **os spongieux** ».

➤ l'os spongieux

C'est un tissu forme par des cloisons ou travées osseuses minces et irrégulières qui sont séparées par de larges cavités. Chez l'adulte, on la rencontre au niveau des épiphyses des os longs, dans les os courts et le diploé des os plats. Il est peu résistant et se laisse facilement rompre et écrasé.

Chaque ostéone correspond dans l'espace a une sorte de colonne comportant un petit canal central, le canal de Havers, qui est entouré d'une série de tubes cylindriques concentriques de diamètre croissant. Les canaux de Havers communiquent entre eux par les canaux de Volckman.

➤ l'os compact ou Haversien

Ce tissu à une structure tout a fait caractéristique ; dense et creuse de cavité relativement étroite et constituer par la réunion de systèmes tubulaires concentriques, les systèmes de havers ou haversien ou ostéomes.

3.2.3 Le tissu sanguin

Le sang est un tissu mésenchymateux dont la matrice, le plasma, est liquide. Les cellules constitutives sont appelées les éléments figurés du sang. Les éléments figurés sont

représentés par des cellules nucléées, les leucocytes (globules blancs), et par des cellules anucléées, les hématies (globules rouges) et les plaquettes.

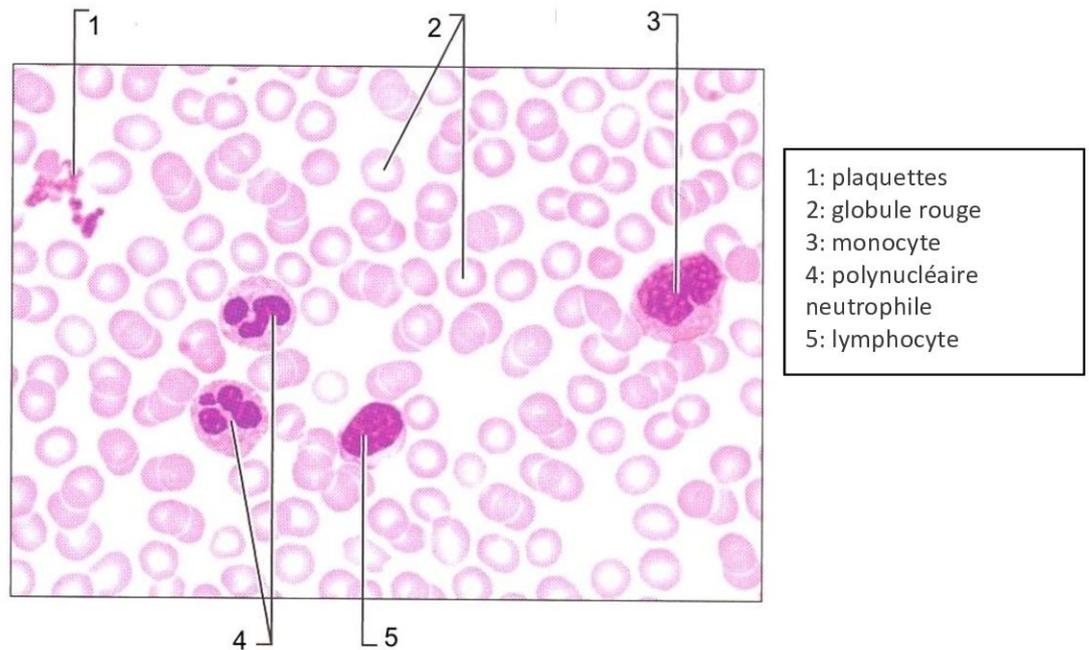


Figure 22: Le tissu sanguin

Travail à faire

1. Observation et schéma du Tissus Adipeux

Aspects général en Microscope Optique (Lames et photos)

- **A faible grossissement:** c'est l'aspect vacuolaire du tissu adipeux qui permet de le reconnaître aisément. En effet, des plages adipeuses sont souvent présentes au sein même de cloisons de conjonctif fibreux.

- **Au fort grossissement;** sur une préparation standard, le tissu adipeux est facile à reconnaître:

*Les enclaves lipidiques sont dissoutes par les techniques usuelles de préparation des coupes; elles apparaissent optiquement vides

*Les noyaux sont refoulés par l'enclave lipidique à la périphérie de la cellule. Ils sont fortement aplatis

- le cytoplasme des adipocytes est réduit à sa plus simple expression et apparaît sous forme d'un fin liseré périphérique. Les cellules sont souvent déformées par les cellules adjacentes. Le tissu adipeux est riche en capillaires sanguins, reconnaissables à la présence des globules rouges

2. Observation et schéma d'une coupe transversale d'un os compact

Les lamelles osseuses sont organisées de manière concentrique autour des vaisseaux. Il contient un réseau de cavités, ou canaux de Havers, qui sont de très petite taille (80 µm), enfermant un gros capillaire entouré d'une mince gaine endostéale. Les lamelles entourant le canal constituent avec lui le système de Havers, ou ostéone, cylindre de 1 mm de diamètre environ. Un mince liseré homogène et dépourvu de cellules, la ligne cémentante, entoure l'ostéone.

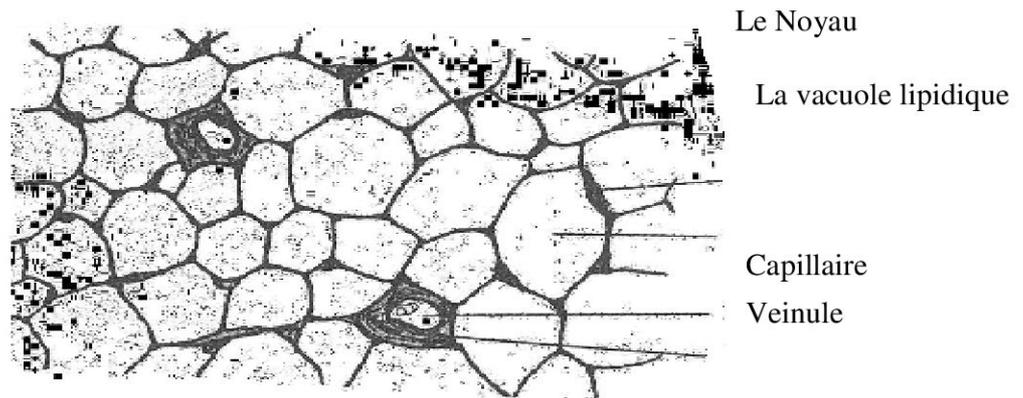


Figure 23 : Schéma du tissu adipeux

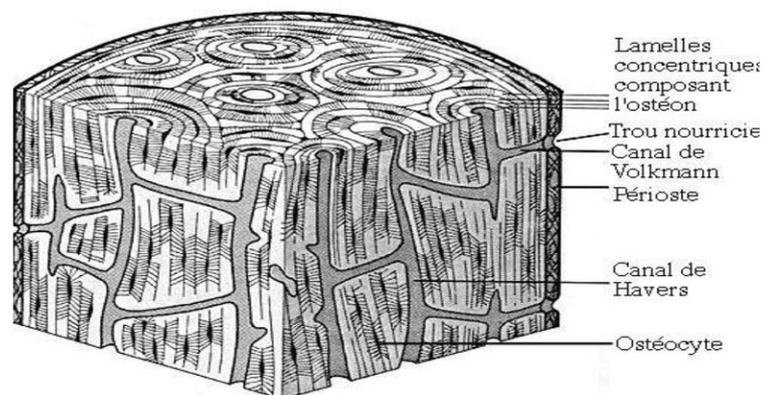


Figure 24: Schéma d'une coupe d'un os compact

TP 09

Les tissus musculaires

Les muscles vont exercer une force et pour cela ils vont transformer une énergie d'origine chimique en énergie mécanique (contraction musculaire). Les muscles sont à l'origine de la mobilité des corps. Il y a 3 types de muscles : les muscles lisses, les muscles cardiaques et les muscles squelettiques. Il y a 2 caractéristiques communes à ces 3 muscles. Ils sont formés de cellules (myosites) et la contraction est toujours assurée par 2 types de myofilaments.

Le tissu musculaire possède trois fonctions clés:

- ❖ Le mouvement
- ❖ La stabilisation des positions du corps et de la régulation du volume des organes
- ❖ La génération de chaleur: thermogénèse. Quand le muscle se contracte il dégage de la chaleur.

1. Les différents types de tissu musculaire

1.1 Le tissu musculairesquelettique

L'élément fondamental du tissu musculaire strié est la cellule musculaire squelettique, responsable des mouvements volontaires et du maintien de la posture. Cette cellule est sous l'influence du système nerveux central. La cellule musculaire est caractérisée par une striation transversale résultant de l'organisation des myofilaments.

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. De point de vue histologique La fibre musculaire striée, la cellule est multinucléée et présente de strie composée par l'actine et la myosine qui permettent la contraction.

1.2 Le tissu musculaire cardiaque

Comme les cellules musculaires striées, les cellules du muscle cardiaque (ou cellules **myocardiques**) possèdent des myofilaments d'actine et de myosine mais elles diffèrent des précédentes par différents points :

- les cellules musculaires cardiaques sont mononucléées

- elles sont beaucoup plus courtes

En microscopie optique, les cellules myocardiques sont allongées s'associent les unes aux autres pour former des travées anastomosées séparées les unes des autres par du tissu conjonctif très vascularisé. Sur ces travées, on retrouve une striation identique à celle du muscle strié liée à la présence des myofibrilles d'actine et de myosine. Il existe également des densifications transversales les traits scalariformes d'Eberth en « marche d'escalier » qui correspondent aux systèmes de jonction liant les extrémités des cellules entre elles.

La cellule musculaire cardiaque mesure 15 à 20 μm de diamètre et environ 100 μm de longueur. Elle possède un noyau central et est entourée d'un sarcolemme.

1.3 Le tissu musculaire lisse

Les cellules musculaires lisses possèdent des myofibrilles homogènes, moins organisées que celles des muscles striés. Elles sont groupées en faisceaux pour former les tuniques musculaires des organes creux (appareil digestif, voies urinaires, appareils génitaux...), les parois des vaisseaux sanguins. Elles sont soumises à des contractions lentes et soutenues, non contrôlées par la volonté. C'est un tissu lisse et involontaire.

Au microscopie optique, la cellule musculaire lisse est fusiforme avec un corps cellulaire renflé et deux extrémités effilées. Sa longueur varie de 15 (au niveau des petits vaisseaux sanguins) à 500 μm (au niveau de l'utérus). Chaque cellule possède un noyau central de forme elliptique situé dans un fuseau sarcoplasmique axial dépourvu de myofibrilles et où se trouvent les organites de la cellule notamment de nombreuses mitochondries. Chaque cellule est entourée du sarcolemme formé de la membrane sarcoplasmique et de la lame basale et contient des myofilaments orientés selon le grand axe de la cellule. De point de vue histologique, la fibre lisse contient un seul noyau et sans strie.

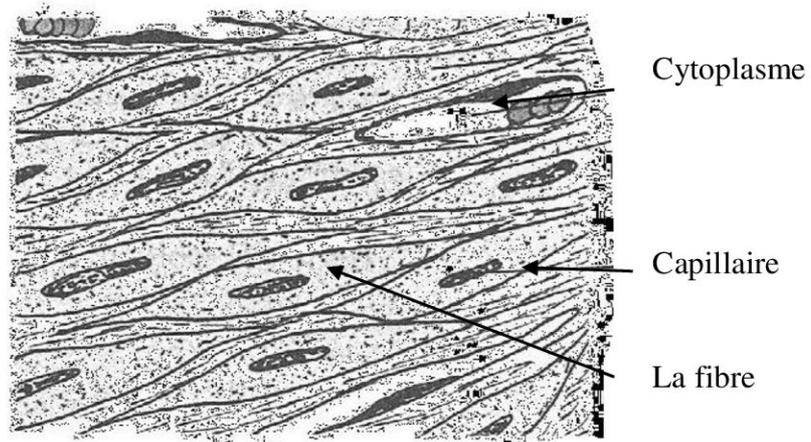


Figure 25: Schéma d'une coupe longitudinale du tissu musculaire lisse

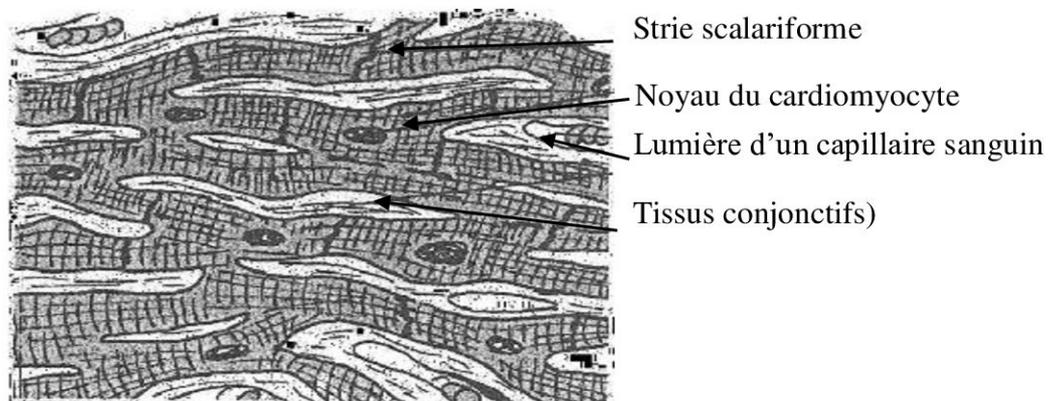


Figure 26: Schéma du muscle Cardiaque en coupe longitudinale

Travail à faire

1/ Observation et schéma d'une coupe longitudinale du muscle strié squelettique (Détail d'une fibre musculaire) (Lames et photos)

L'observation de la coupe longitudinale du muscle strié au microscope optique montre que la fibre musculaire est cernée par sa membrane plasmique entourée de sa MB, la cellule musculaire striée squelettique (ou fibre musculaire striée squelettique ou rhabdomyocyte) a la forme d'un cylindre allongé, dont le diamètre est d'environ 10 à 100 micromètres et dont la longueur excède rarement 10 cm. Elle possède plusieurs centaines de noyaux situés en périphérie de la cellule, contre sa membrane plasmique. Son cytoplasme contient de très nombreuses myofibrilles organisées selon le modèle sarcomérique.

Les filaments épais sont disposés au milieu du sarcomère à l'emplacement du disque A ou disque sombre. Le disque M correspond à leur apparent renflement médian. Dans le disque H, ils sont seuls présents. Par contre, dans les parties latérales du disque A, les filaments fins et épais se chevauchent, les filaments fins se disposant entre les filaments épais selon un mode hexagonal régulier, avec des ponts d'union. Au niveau du disque I ou disque clair, les filaments fins sont seuls présents. Le disque (ou strie) Z est marqué par l'interpénétration sur une faible distance des extrémités des filaments fins de deux sarcomères contigus, avec, à ce niveau, un double système quadratique de ponts entre les filaments fins de chacun des deux sarcomères.

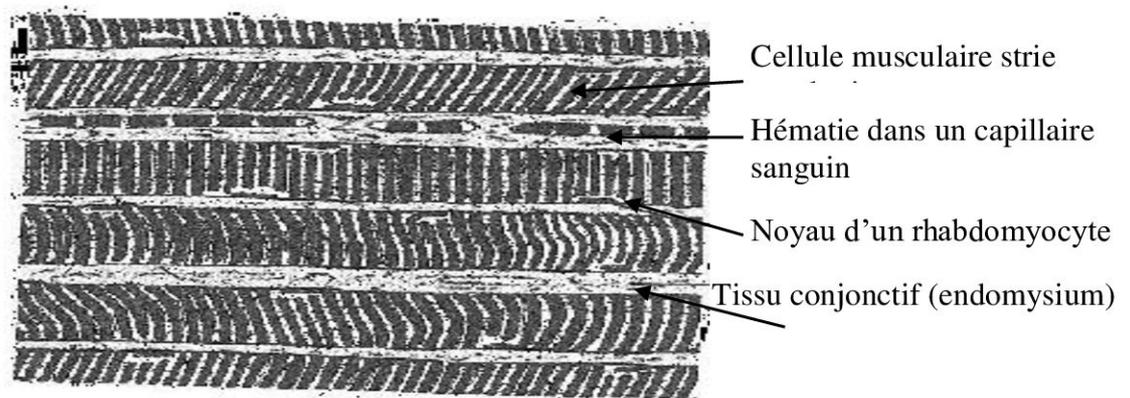


Figure 27: Coupe longitudinale du tissu musculaire strié squelettique

TP 10

Les tissus nerveux

Le tissu nerveux est un tissu de type épithélial qui assure le fonctionnement intégré des organismes animaux. La cellule responsable de cette activité est le neurone, spécialisé dans la communication de proximité avec d'autres cellules de même type. C'est donc un tissu qui a poussé la communication intercellulaire en son sein à son extrême. Schématiquement, le tissu nerveux reçoit les informations sensorielles depuis des récepteurs, les intègre et provoque une réaction adaptée de l'organisme en transmettant des informations aux effecteurs (les principaux étant les muscles et les glandes). La complexité du tissu nerveux chez certains organismes aboutit à des réactions extrêmement complexes et variées.

Le système nerveux comprend 2 grands ensembles fonctionnels : le système nerveux central (cerveau et moelle épinière) et le système nerveux périphérique (filets nerveux destinés aux membres et aux viscères).

1. Le système nerveux central (SNC)

Le SNC (ou névraxe), concentré à l'intérieur du crâne et de la colonne vertébrale qui le protègent, est constitué de haut en bas par l'encéphale (cerveau, tronc cérébral - pédoncules, protubérance et bulbe - et cervelet) prolongé par la moelle épinière. Dans le système nerveux central (S.N.C.) où sont traitées les informations se trouvent aussi des cellules de soutien (les cellules gliales)

Le système nerveux central est lié aux organes sensoriels, aux diverses glandes et aux organes effecteurs (muscles) par l'intermédiaire du système nerveux périphérique.

Le SNC est composée de substance blanche (fibres nerveuses myélinisées et cellules gliales) de substance grise (corps cellulaire des neurones, cellules gliales, fibres nerveuses amyéliniques)

1.1 Structure du cervelet

Le cervelet contrôle l'équilibre et coordonne le tonus postural et les mouvements volontaires ou involontaires.

Le cortex cérébelleux est constitué de 3 couches de cellules :

- ❖ la première couche (externe) ou « couche moléculaire » est de faible en cellule et renferme essentiellement des dendrites et des axones qui font synapse.

- ❖ la deuxième couche correspond à l'assise des « neurones de Purkinje ». Il s'agit de volumineux neurones, agencés de façon discontinue. Ces neurones ont de nombreuses dendrites, qui se ramifient dans l'assise moléculaire. Leur axone, unique, descend dans la SB en traversant la couche interne;
- ❖ la troisième couche (interne) ou couche granulaire renferme de nombreux neurones granulaires, de petite taille. Ces neurones sont pourvus de petites dendrites. Leurs axones remontent dans la couche moléculaire et ont un trajet parallèle avant de former des synapses avec les dendrites des neurones de Purkinje.

2. Le système nerveux périphérique (SNP)

Le système nerveux périphérique comprend les ganglions, les Nerfs et les terminaisons nerveuses. Le SNP, en parfaite continuité avec le SNC, est formé par les ganglions et les nerfs périphériques qui irradient du névraxe vers tous les points de l'organisme, assurant l'acheminement des informations vers le SNC et celui des ordres du SNC vers les effecteurs périphériques

La névroglie périphérique se trouve dans le système nerveux périphérique. Elle est constituée des cellules de Schwann qui assure la myélinisation du système nerveux périphérique et des cellules satellites qui sont impliquées dans le métabolisme du système nerveux périphérique

Les ganglions renferment les corps des cellules nerveuses, les nerfs sont formés uniquement de fibres (dendrites et axones).

La coupe transversale d'un nerf montre que les fibres sont réunies en faisceaux entourés de gaines conjonctives. Le diamètre des fibres est variable, les plus grosses étant les plus longues. La structure de la substance blanche est très comparable à celle des nerfs, mais chaque fibre est entourée d'une gaine de myéline sans gaine de Schwann.

C'est la destruction de la myéline qui est en cause dans la sclérose en plaques.

Le système nerveux périphérique (SNP) est la partie du système nerveux formée de ganglions et de nerfs qui fait circuler l'information entre les organes et le système nerveux central (SNC) et réalise les commandes motrices de ce dernier. Il comprend le système nerveux somatique et le système nerveux autonome.

Travail à faire

1. Observation et schéma du cortex cérébelleux (Lames et photos)

Au fort grossissement

1.1 La couche moléculaire

Il s'agit d'une couche d'interneurones inhibiteurs nommés cellules étoilées et cellules en corbeille (ou en panier)

Les cellules étoilées sont situées dans la partie superficielle de la couche moléculaire (à l'horizontale)

Les cellules en corbeille sont en profondeur. Cette position plus basse permet de faire des synapses sur les cellules des couches inférieures, notamment sur les cellules de Purkinje

Au même niveau, les axones des cellules granulaires se divisent en 2 pour devenir les fibres parallèles.

1.2 La couche de cellules de Purkinje

Elle est constituée essentiellement de l'alignement des corps cellulaires des cellules du Purkinje. Le réseau dendritique élaboré par ces cellules va se déployer dans la couche moléculaire et va former des contacts synaptiques très particuliers avec les fibres ascendantes et les fibres parallèles (qui sont les 2 afférences principales du cervelet)

Les axones des cellules de Purkinje sont la sortie principale de l'information traitée par le cortex cérébelleux vers d'autres structures du cervelet.

1.3 La couche granulaire

Elle contient les cellules inhibitrices de Golgi et les cellules granulaires excitatrices (dont leur prolongement devient la fibre parallèle au niveau de la couche moléculaire)

Elles reçoivent l'information venant du cortex cérébral et de la moelle épinière. Cette information leur parvient par 2 types de fibres nerveuses:

Les fibres ascendantes (ou grimpantes) qui amènent l'information en provenance de la moelle épinière (information entre autre sur l'état des muscles) Elle s'enroule autour des dendrites des cellules de Purkinje.

Les fibres moussues qui sont les axones excitateurs provenant du cortex moteur.

2. Observation et dessin du ganglion spinal (rachidien)

Les ganglions sensoriels renferment les corps cellulaires des neurones ganglionnaires sensoriels, les seuls qui reçoivent directement les stimuli externes (ex. toucher, douleur cutanée ou viscérale, étirement musculaire, etc.). De surcroît, des cellules satellites, petites et aplaties, encerclent chaque neurone ganglionnaire sensoriel.

On retrouve des vaisseaux sanguins et, contrairement au SNC, beaucoup de tissu conjonctif. Les neurones sensoriels traduisent les stimuli, quels qu'ils soient, en influx nerveux qu'ils acheminent vers le SNC et leur morphologie reflète leur fonction particulière.

Au microscope à faible grossissement, observez le ganglion et identifiez les structures suivantes: neurones sensoriels, cellules (gliales) satellites, fibres nerveuses peu colorées (leur myéline n'est pas colorée) et tissu conjonctif (non nerveux). Repérez un neurone sensoriel et passez à un grossissement plus fort.

Apprécié sa forme arrondie, bien différente de la forme "multipolaire" (étoilée) des neurones centraux. Identifié:

- le noyau: nucléoplasme, nucléole
 - le cytoplasme: corps de Nissil plus diffus que dans certains neurones centraux
- Toujours à ce grossissement, observez une cellule satellite.

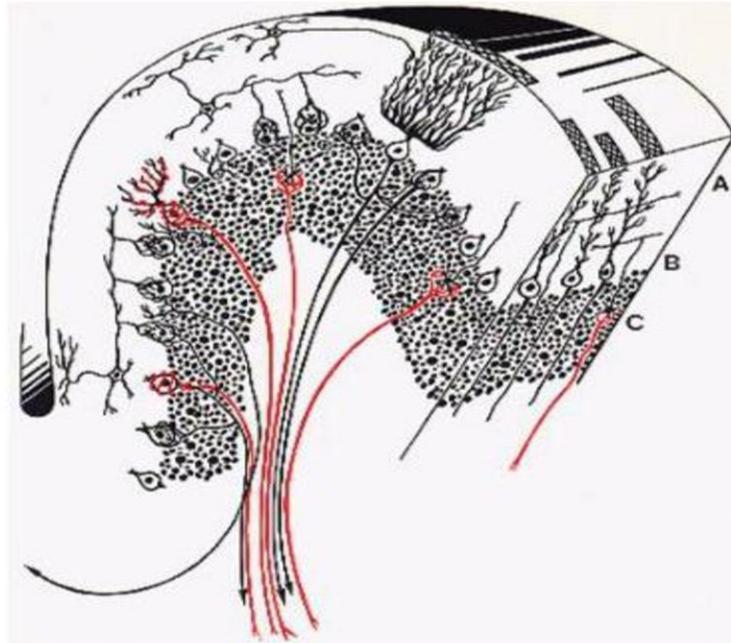


Figure 28: Schéma du cortex cérébelleux

(A) Couche moléculaire, (B) Cellule de Purkinje, (C) Couche granulaire

- ✓ **La couche moléculaire (A)** est avant tout un enchevêtrement de fibres nerveuses.
- ✓ **La couche ganglionnaire (B)** est formée par l'alignement des cellules de Purkinje

L'axone des grains de

- ✓ **La couche granuleuse (C)** remonte vers la surface et fait synapse avec les dendrites des cellules étoilées et des cellules de Purkinje.

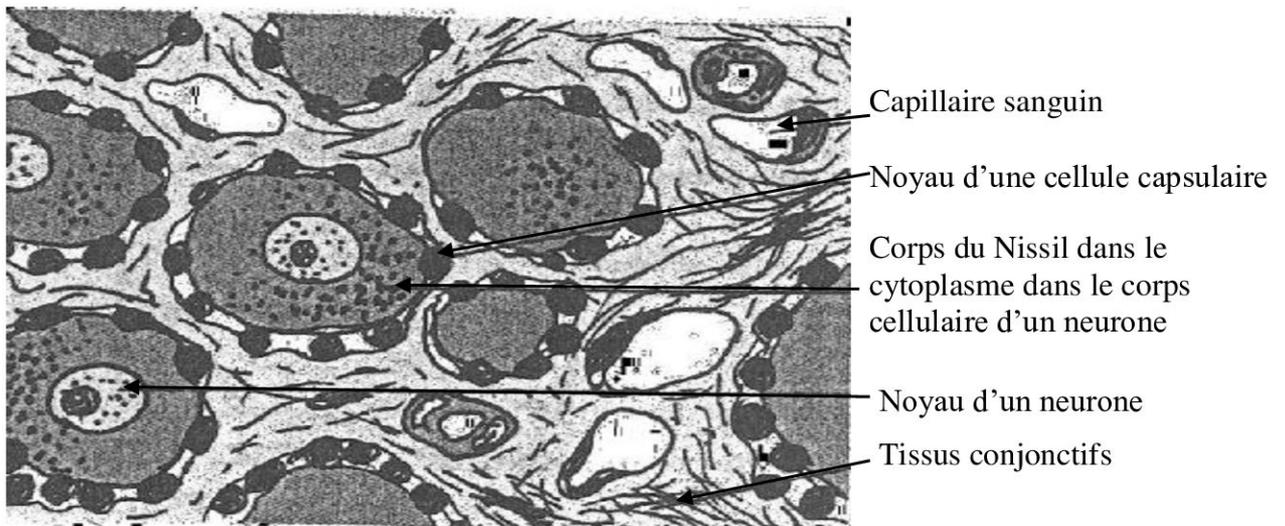


Figure 29: Schéma d'une coupe d'un ganglion spinal

Conclusion

Ce document a deux versions (étudiant-enseignant), ce qui permet de clarifier les tâches spécifiques de chacun. Ce document a l'avantage aussi de fournir à l'enseignant des informations supplémentaires pour la préparation des travaux pratiques de biologie animale.

Références utiles

1. Catala M. Embryologie, développement précoce chez l'humain. Ed Masson, 3ème édition, 2006.
2. Dollander A. Eléments d'embryologie. Ed Flammarion, 4ème édition, 1979.
3. Encha-Razavi F, Escudier E. Embryologie humaine, de la molécule à la clinique. Ed Masson, 2ème édition, Paris, 2001.
4. Fabiau, J. (2018). *Analyse histologique et cytologique de prélèvement cérébraux échoguides: étude préliminaire chez le chien sain* (Doctoral dissertation).
5. Houillon H. Embryologie. Ed Hermann, 1967.
6. Larsen WJ. Embryologie humaine. Ed De Boeck, 2ème édition, 2003.
7. Spemann, H. (1920). Wilhelm Roux als Experimentator. *Naturwissenschaften*, 8(23), 443-446.
8. Pansky B. Embryologie humaine. Ed ellipses, 1982.
9. Site d'embryologie de l'UMVF
 - <http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/Embryologie>
10. Site d'embryologie des universités de Bern, Lausanne et Fribourg
 - <http://www.embryology.ch>
 - <http://www.ovo-site.net/topic/index.html>
 - http://www.ornithomedia.com/pratique/debuter/developpement_embryonnaire-couvaison-chez-oiseaux-00423.html
11. Wheater, P. R., Young, B., & Heath, J. W. (2001). *Histologie fonctionnelle*. De Boeck Supérieur.