



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة جيلالي بونعاما خميس مليانة

Université Djilali Bounaama de khemis Miliana

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et science de la Terre



Polycopié de Cours

Biologie Animale

Département : Sciences de la Nature et de la Vie

Cycle : Socle commun 1 ère année

Présenté par :

Dr. Delhoum Hadia

Année Universitaire

2022 / 2023





Ce module (la biologie animale) est la partie de la biologie qui s'intéresse plus particulièrement au règne animale. C'est une discipline de la science du vivant, des organismes et des espèces animales ainsi que des théories évolutionnistes. Elle comprend deux parties: l'embryologie et l'histologie

L'embryologie est une étude scientifique du développement des organismes à partir de l'œuf fécondé jusqu'à la forme définitive. Chez l'homme, cette science étudie le développement de l'être vivant depuis la fécondation de l'œuf jusqu'à la fin du stade embryonnaire, c'est-à-dire à la fin du 2^e mois de grossesse. Bien que les transformations de l'embryon relèvent de processus continus, il existe, pour l'ensemble des animaux, des étapes caractéristiques qui permettent de définir différents stades de développement

Table des matières



Chapitre I. Introduction.....	10
1. Définition de l'embryologie.....	10
2. Les grandes périodes du développement.....	10
2.1. La période embryonnaire.....	10
2.1.1. Période pré-embryonnaire.....	10
2.1.2. Période embryonnaire proprement dite.....	10
2.2. La période fœtale.....	11
3. Les étapes du développement au cours de la période embryonnaire (embryogenèse).....	11
4. Phénomènes cellulaires et moléculaires impliqués.....	11
Chapitre II. Gamétogenèse.....	12
Introduction.....	12
Définition de la gamétogenèse.....	12
1. L'ovogenèse.....	12
1.1. Définition.....	12
1.2. Lieu de l'ovogenèse.....	12
1.3. Histologie de l'ovaire.....	12
1.3.1. Structure.....	12
1.3.2. Organites ovariens.....	13
1.4. Fonction de l'ovaire.....	13
1.4.1. La fonction exocrine.....	13
1.4.2. Fonction endocrine.....	13
1.5. Les phases de l'ovogenèse.....	13
1.5.1. Phase de multiplication.....	13
1.5.2. Phase de croissance.....	14
1.5.3. Phase de maturation.....	14
2. La folliculogenèse.....	16
Introduction.....	16
2.1. Le follicule.....	16
2.2. Relations morfo-fonctionnelles entre l'ovule et le follicule.....	16
2.3. Les différents stades du développement folliculaire et sa relation avec l'ovogenèse.....	16
2.3.1. Follicule primordial.....	16
2.3.2. Le follicule primaire.....	17
2.3.3. Follicule secondaire pré-antral.....	17
2.3.4. Follicule cavitaire ou antral.....	17
2.3.5. Follicule mûr ou follicule de DE GRAAF.....	17
2.4. Maturation de l'ovocyte et ovulation.....	17
2.5. Le corps jaune.....	19
3. Spermatogenèse.....	21
Introduction.....	21
3.1. Testicules.....	21
3.1.1. Composition cellulaire du parenchyme testiculaire.....	22
a. Le tissu interstitiel.....	22



b. Les tubules séminifères.....	22
3.2. Les différentes phases de spermatogenèse.....	23
3.2.1. Phase de multiplication ou spermatocytogenèse ou phase mitotique.....	23
3.2.2. Phase de maturation ou phase méiotique.....	23
3.2.3. Phase de différenciation ou spermiogenèse.....	23
Chapitre III : La fécondation.....	27
Introduction.....	27
1. Conditions de la fécondation chez l'homme.....	27
2. les étapes de la fécondation.....	27
2.1. Rencontre des gamètes.....	27
2.2. Dissociation des cellules de la corona radiata.....	27
2.3. Dissolution de la zone pellucide.....	27
2.4. Réaction acrosomique.....	28
2.5. Fusion des gamètes.....	28
2.6. Réaction corticale.....	28
2.7. Activation cytoplasmique.....	29
2.8. Activation nucléaire.....	29
2.9. Amphimixie (caryogamie).....	29
3. Conséquences de la fécondation.....	29
Chapitre IV : La segmentation (clivage).....	31
1. La segmentation.....	31
1.1. Les types de segmentation.....	31
1.1.1. La segmentation totale (holoblastique).....	31
1.1.2. La segmentation partielle (méroblastique).....	31
Chapitre V : La gastrulation.....	35
1. La gastrulation.....	35
2. Les mouvements morphogénétiques.....	35
2.1. L'élongation ou épibolie.....	35
2.2. L'invagination ou l'embolie.....	35
2.3. L'involution.....	35
2.4. La migration ou ingression.....	35
2.5. La délamination.....	35
3. Modalités de la gastrulation.....	35
3.1. Gastrulation par invagination (ou embolie).....	35
3.2. Gastrulation par épibolie (ou recouvrement).....	35
3.3. Gastrulation par délamination.....	36
3.4. Gastrulation par prolifération polaire.....	36
3.5. Gastrulation par immigration.....	36
Chapitre. VI : Neurulation et devenir des feuilletts.....	37
1. La neurulation.....	37
1.1. Les étapes de la neurulation.....	37
1.2. La chronologie des mouvements de la neurulation.....	37
2. Devenir des feuilletts embryonnaires.....	38
Chapitre. VII : La delimitation – annexes des oiseaux.....	39
1. La délimitation.....	39





1.2. La plicature crâniale et caudale.....	39
2. Annexes des oiseaux.....	40
2.1. Vésicule vitelline.....	40
2.2. Cavité amniotique.....	40
2.3. L'allantoïde.....	40



Programme du CANEVA

Contenu de la matière

Première partie : Embryologie

1. Introduction
2. Gamétogenèse
3. Fécondation
4. Segmentation
5. Gastrulation
6. Neurulation : devenir des feuillets
7. Délimitation : annexes des oiseaux

Deuxième partie : Histologie

1. Epithéliums de revêtement
2. Epithéliums Glandulaires
3. Tissus conjonctifs
4. Tissus sanguins
5. Tissus cartilagineux
6. Tissus osseux
7. Tissus musculaires
8. Tissus nerveux

Fiche contact

Semestre : 2^{ème} Semestre

Faculté: Sciences

Département: Sciences de la nature et de la vie

Cible : 1ère année Licence

Intitulé du cours : BIOLOGIE ANIMALE

Crédit:06

Coefficient:03

Durée : 67h30

Objectifs de l'enseignement

Ce module consiste à faire découvrir aux étudiants les particularités de la biologie du développement de certaines espèces animales.

Chapitre I. Introduction

La durée de vie d'un organisme est courte au regard des temps géologiques, chaque individu est destiné à l'usure puis à la mort et c'est la reproduction qui assure sa continuité et son pouvoir de propagation. Ce processus de reproduction se réalise chez les êtres vivants selon les modes suivants :

a. La reproduction asexuée se fait avec un seul parent qui produit une ou plusieurs copies (diploïde) de lui-même; les descendants sont identiques sur le plan génétique, aussi bien entre eux qu'avec leur unique parent.

b. La reproduction sexuée se fait par l'union de deux gamètes haploïdes de sexe différent, une provenant d'un mâle et l'autre d'une femelle

1. Définition de l'embryologie

Le passage d'une cellule unique (zygote) à un être vivant complet soit un nombre environ de 10^{14} de cellules et de 250 types cellulaires (chez l'homme), est un processus de développement qui fait intervenir des phénomènes structuraux, cellulaires et moléculaires très complexe. L'étude de ces phénomènes est appelée **embryologie**.

Les domaines d'intérêt de l'embryologie comprennent :

a. L'embryologie descriptive

Etudie l'anatomie et l'histologie de l'être au cours du développement embryonnaire.

b. L'embryologie expérimentale (analytique ou causale)

Utilisation de techniques qui permettent d'expliquer les mécanismes qui traceurs et de marqueurs cellulaires (colorants, substances radioactives, antigènes...) afin de suivre l'adressage et les destinés des cellules vivantes de l'être en développement. D'autres techniques sont retrouvées dans cette branche à savoir la culture d'embryon, la séparation des blastomères...).

c. L'embryologie comparée

S'intéresse à l'étude des ressemblances (analogies) et des différences des développements embryonnaires des différents organismes.

d. La tératologie

Tératos (monstre), étude des phénomènes qui engendrent les malformations au cours du développement de l'être ainsi que la recherche de l'effet des facteurs tératogènes (par exemple : maladies infectieuses, substances chimiques, médicamenteuses et radioactives...).

2. Les grandes périodes du développement (Fig.1)

2.1. La période embryonnaire

Cette période englobe les 8 premières semaines du développement après la fécondation, elle est subdivisée en deux périodes :

2.1.1. Période pré-embryonnaire

S'étend de la première (01) à la troisième (03) semaine

2.1.2. Période embryonnaire proprement dite

Cette période s'étend de la quatrième (04) à la huitième (08) semaine. A cette période l'organisme est appelé **embryon**.

2.2. La période fœtale

Cette période commence du début de la neuvième (09) semaine jusqu'à la naissance. A cette période l'organisme est appelé **fœtus**.

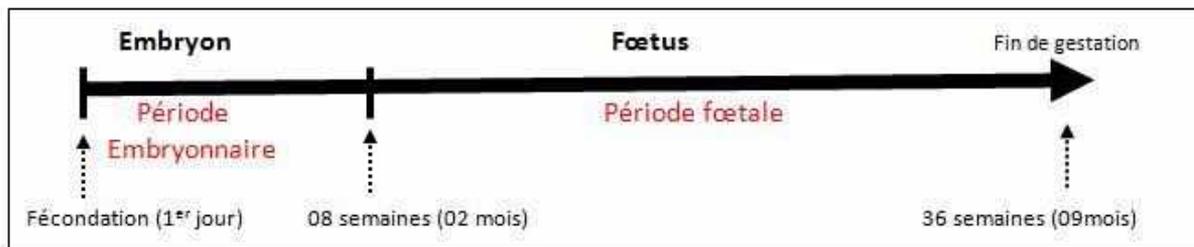


Figure 1. Les grandes périodes du développement

3. Les étapes du développement au cours de la période embryonnaire (embryogenèse)

a. 1^{ère} Semaine

1. Fécondation
2. Segmentation (clivage)
3. Formation de la morula puis de la blastula
5. Implantation

b. 2^{ème} Semaine

1. Formation du disque didermique (l'épiblaste et l'hypoblaste) à partir du bouton embryonnaire.
2. formation de deux cavités : la cavité amniotique et le sac vitellin.
3. Le trophoblaste se différencie en cytotrophoblaste et en syncytiotrophoblaste.

c. 3^{ème} Semaine

Gastrulation : Mise en place des trois (03) feuillet embryonnaires à partir de l'épiblaste.

d. De la 3^{ème} à la 8^{ème} Semaine

Période embryonnaire proprement dite, c'est la période de l'organogenèse. Chaque feuillet va donner des tissus et des organes spécifiques.

4. Phénomènes cellulaires et moléculaires impliqués

Les manifestations cellulaires généralement retrouvées lors du développement embryonnaire sont :

- a. La multiplication cellulaire (mitoses)
- b. La migration cellulaire
- c. L'adhésion et reconnaissance cellulaires
- d. La différenciation cellulaire
- e. L'apoptose et Mort programmée sélective de certaines cellules

La base moléculaire de ces manifestations cellulaires englobe : les molécules de la membrane plasmique, du cytosquelette, d'adhésion cellulaire, de la matrice extracellulaire, facteurs de transcriptions d'ADN... et d'autres qui n'ont pas été encore identifiées.

Chapitre II. Gamétogenèse

Introduction

Le développement commence par la fécondation, processus par lequel le spermatozoïde et l'ovocyte matures s'unissent pour donner un zygote ou œuf fécondé (Fig.1). Les gamètes dérivent des cellules germinales primordiales (CGPs) qui sont formés dans l'épiblaste au cours de la deuxième semaine du développement embryonnaire. Les CGPs migrent vers le mur du sac vitellin, puis durant la quatrième semaine elles commencent à joindre leur site définitif qui est les gonades en développement.

Définition de la gamétogenèse

La gamétogenèse est le processus qui aboutit, au cours de la vie d'un organisme, à la formation des cellules reproductrices : les gamètes haploïdes et matures : le spermatozoïde dans le sexe masculin, et l'ovocyte II dans le sexe féminin. Elle se déroule tout au long de la vie d'un organisme en quatre (04) phases :

- Au cours du développement embryonnaire
 1. Formation des cellules germinales primordiales et migration vers les gonades.
 2. Augmentation du nombre des CGPs.
- A partir de la puberté
 3. Réduction à la moitié du nombre de chromosomes par méiose.
 4. Maturation structural et fonctionnelles de l'ovule et du spermatozoïde.

1. L'ovogenèse

1.1. Définition

L'ovogenèse est un processus discontinu au cours de ta vie d'un individu, il débute pendant la vie intra-utérine (dans l'ovaire fœtal) par la multiplication des ovogonies et Elle s'achève entre la puberté et la ménopause, par la production, une fois tous les 28 jours, d'un gamète prêt à être féconder, l'ovocyte de 2ème ordre bloqué en métaphase de la 2ème division méiotique (ovocyte II en métaphase II).

1.2. Lieu de l'ovogenèse

L'ovogenèse se déroule au niveau des ovaires ou les gonades femelles (**Fig.2**), plus précisément dans les follicules ovariens.

1.3. Histologie de l'ovaire

1.3.1. Structure

Les ovaires sont des organes pairs et symétriques de forme ovoïde, situés dans la cavité pelvienne, L'ovaire mesure environ 4 cm de long sur 2 cm de large et 1 cm d'épaisseur, son poids est de 6 à 8 grammes pendant la période d'activité génitale de la femme et de 1 à 2 grammes après la ménopause.

Chez les mammifères l'ovaire contient les parties suivantes

- a. **L'épithélium germinatif** : formé par des cellules de forme cubique; il recouvre toute la

surface de l'ovaire.

b. L'albuginée : c'est une capsule de tissu conjonctif placée juste au-dessous de l'épithélium germinatif.

c. Le stroma : une partie du tissu conjonctif placée sous l'albuginée. Elle est composée d'une couche externe dense : le cortex; et d'une couche interne lâche : la médullaire ou la medulla (**Fig. 2**).

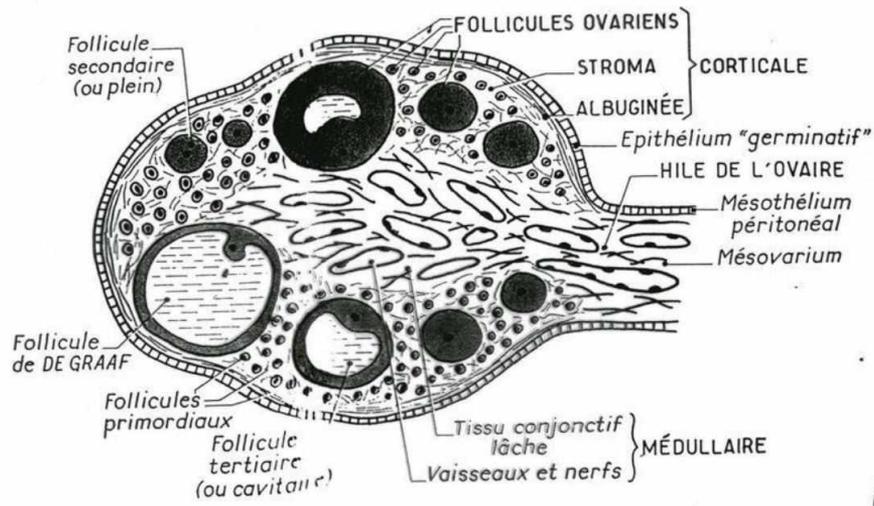


Figure 2. Structure histologique de l'ovaire (coupe transversale)

1.3.2. Organites ovariens

Suivant leurs évolutions, on peut diviser les appareils folliculaires en :

- Follicules quiescents ou follicules primordiaux;
- Follicules évolutifs ou gamétogénèses;

* Follicules primaires;

* Follicules secondaires;

* Follicules tertiaires;

* Follicule mûr, mature de De Graaf destiné à se rompre pour expulser l'ovule dans l'oviducte (ponte ovulaire: ovulation);

* Parfois des corps plus ou moins rosés, dits corps jaune : glande endocrine temporaire et cyclique, développées après l'ovulation aux dépens des cellules du follicule de De Graaf

1.4. Fonction de l'ovaire

L'ovaire possède deux fonctions : exocrine et endocrine.

1.4.1. La fonction exocrine : consiste à la production (croissance et libération) d'un ovocyte prêt à être féconder.

1.4.2. Fonction endocrine : Permettant de produire les hormones stéroïdiennes dites sexuelles : essentiellement les œstrogènes et la progestérone ainsi que les androgènes. Ces hormones sont dérivées du cholestérol et diffusent facilement du fait de leur structure lipophile au travers des membranes cellulaires pour réagir directement avec des récepteurs intracellulaires. L'existence de cycles réguliers et harmonieux témoigne du bon fonctionnement de la mécanique ovulatoire et de l'intégrité anatomique, fonctionnelle et moléculaire de l'axe hypothalamohypophyso-ovarien.

1.5. Les phases de l'ovogenèse

1.5.1. Phase de multiplication :

Au début du développement embryonnaire, les cellules germinales primordiales quittent la paroi du sac vitellin et migrent vers l'ébauche de la gonade femelle. A cet endroit, elles se différencient et deviennent des ovogonies (**Fig. 3**).

- De la 15^{ème} semaine jusqu'au 7^{ème} mois de la vie fœtale, Elle intéresse les ovogonies, cellules souches diploïdes et elle est caractérisée par une succession de mitoses pour augmenter leur nombre qui va aboutir à la formation d'ovocytes I (ovocytes primaires), également diploïdes. Cette phase a lieu, chez la femme, au cours de la vie embryonnaire et fœtale. L'arrêt de la multiplication pourrait être due à l'élaboration d'une substance inhibitrice par le stroma ovarien OMI (Oocyte Maturation Inhibitors). - Au terme de leur multiplication, les ovogonies isolées sont entourées chacune par une couche de cellules folliculeuses pour constituer des follicules primordiaux.

- L'ovogonie devient un ovocyte I bloqué en fin de prophase I.

- Les ovocytes I, bloqués en prophase I dans leur follicule primordial, constituent une réserve qui ne sera pas renouvelée, mais au contraire, en s'épuisant jusqu'à la ménopause.

Leur nombre est d'environ 7 millions à la fin du 7^{ème} mois, d'un million à la naissance, de 400.000 à la puberté ; vers la quarantaine la dégénérescence s'accélère jusqu'à la disparition totale des ovocytes à la ménopause

1.5.2. Phase de croissance

- Très longue, débute après la naissance et ne se termine qu'à la maturation du follicule.

- Elle se caractérise par une augmentation très importante de la taille de l'ovocyte I, qui passe de 20 à 120 μm de diamètre. Au cours de l'évolution folliculaire, (du follicule primaire au follicule mûr). Cette croissance s'effectue à partir de substances transmises par les cellules folliculeuses à travers les jonctions perméables.

- Marquée par des synthèses d'ARN et de protéines qui joueront un rôle capital lors de la fécondation et pendant les premiers stades du développement embryonnaire ; à titre d'exemple l'ovocyte excrète des glycoprotéines qui forment la zone pellucide.

1.5.3. Phase de maturation

- Chaque mois entre la puberté et la ménopause, au moment de l'ovulation (expulsion du gamète par un follicule parvenu à maturité), La maturation est provoquée par la décharge ovulatoire des hormones gonadotropes (FSH + LH) qui entraîne la sécrétion de progestérone par les cellules folliculeuses (début de lutéinisation) et une rupture des jonctions perméables.

- La maturation cytoplasmique serait déclenchée surtout par la progestérone.

- La maturation nucléaire consiste dans la reprise de la méiose suivie d'un nouveau blocage

- **L'ovocyte I (2n chromosomes)** achève la première division de la méiose réductionnelle en donnant deux cellules en nombre **n de chromosomes** :

- **Un ovocyte II**, ayant reçu la plus grande partie du cytoplasme.

- **Un premier globule polaire** en nombre n de chromosomes

Immédiatement après, commence la 2^{ème} division de méiose équationnelle. Mais le processus se bloque encore une fois (en métaphase de 2^{ème} division : méiose incomplète) et est conditionné par la survenue ou non de la fécondation :

• En l'absence de fécondation, l'ovocyte reste à ce stade de la méiose et dégénère ensuite rapidement.

•Si la fécondation aurait lieu, l'ovocyte II bloqué en métaphase II poursuit sa maturation en achevant sa division en :

- Un ovocyte II mur

- Un deuxième globule polaire (renfermant du matériel nucléaire : nombre n de chromosomes).

Remarque : Cette phase de maturation est associée à la folliculogénèse.

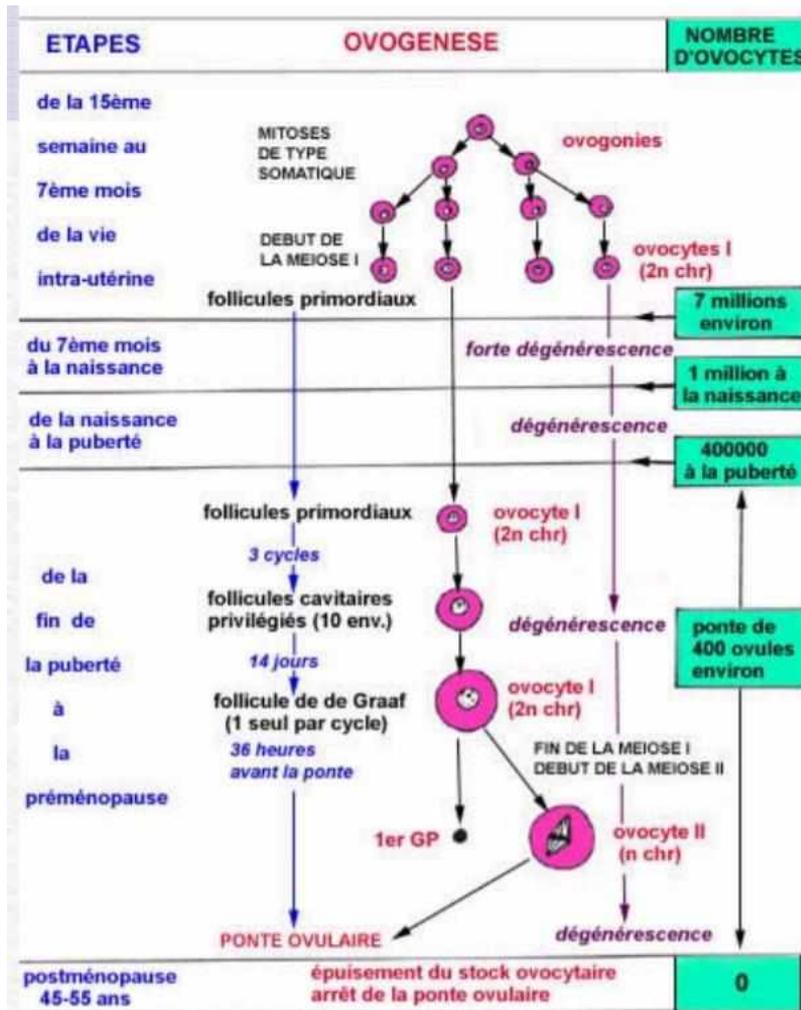


Figure 3. Les phases de l'ovogénèse

2. La folliculogénèse

Introduction

Ensemble des processus par lesquels un follicule primordial va évoluer vers un follicule mûr. Se fait à partir du stock de follicules primordiaux constitués pendant la vie intra utérine. Ce processus est associé à l'ovogénèse.

2.1. Le follicule

Le follicule est constitué de cellules d'origine somatique (cellules folliculaires) qui communiquent entre elles et entourent l'ovocyte. Les cellules folliculaires établissent des échanges avec l'ovocyte, afin de permettre sa croissance et son développement.

2.2. Relations morpho-fonctionnelles entre l'ovule et le follicule (Fig. 4)

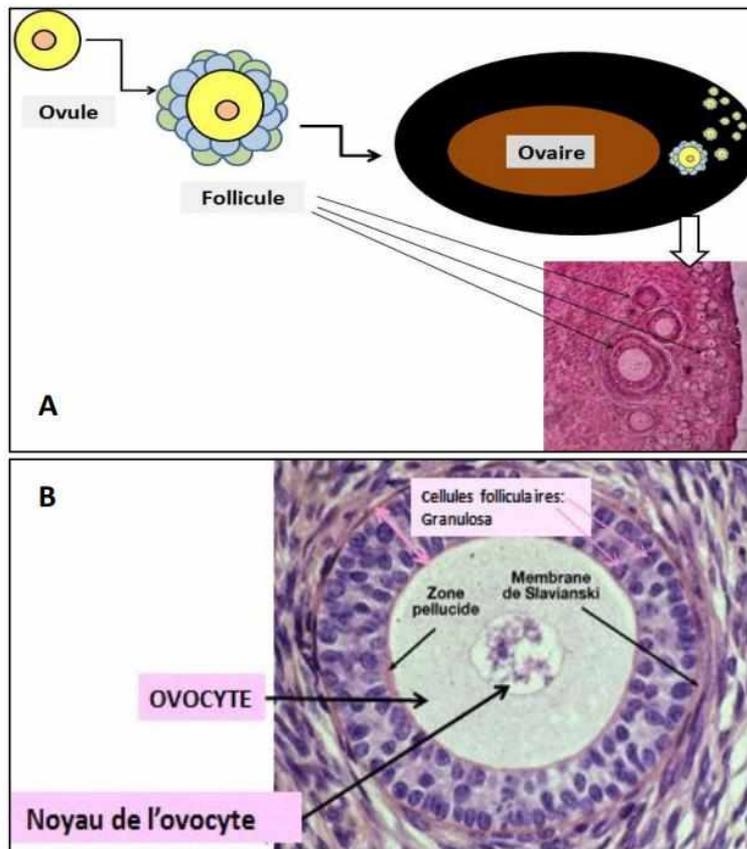


Figure 4. Relation structurale de l'ovule et le follicule

A. l'ovocyte s'entoure de couches cellulaires (leur nombre est en fonction du stade de son développement)

B. Différents composants d'un follicule

2.3. Les différents stades du développement folliculaire et sa relation avec l'ovogénèse

2.3.1. Follicule primordial

C'est la structure cellulaire dans laquelle chaque ovocyte primaire (ovocyte I) est gardé à l'état de repos depuis la vie in utero. Il s'agit d'un ovocyte de 1^{er} ordre bloqué en prophase de la 1^{ère} division de méiose ; il est entouré d'une seule couche de cellules folliculeuses (folliculaires) aplaties ; ce sont des cellules épithéliales qui dérivent des cellules des cordons sexuels. Le follicule

primordial mesure environ 50 μm , avec un ovocyte de 1er ordre de 20 μm de diamètre. Séparées du stroma ovarien par la membrane de SLAVJANSKI (**Fig. 5**).

2.3.2. Le follicule primaire

Il s'agit d'un d'ovocyte de 1er ordre bloqué en prophase de la 1ère division de méiose ; il est entouré par une couche de cellules folliculaires actives de forme cubique, mais à ce stade de la folliculogénèse, il existe la zone pellucide qui sépare l'ovocyte de sa couronne de cellules folliculaires cubiques.(créée par des substances glycoprotéiques secrétée par l'ovocyte). Les cellules aplaties de la couche cellulaire unique qui entouraient l'ovocyte dans le follicule primordial s'activent, s'épaississent et forment une seule couche de cellules folliculaires actives, de forme cubique.

2.3.3. Follicule secondaire pré-antral

Sa taille est plus grande (180 μm à 500 μm), ceci à cause de :

- La croissance de l'ovocyte : son diamètre passe de 30 μm à 60 μm et il apparaît entouré par une membrane hyaline mince : la membrane pellucide
- La multiplication des cellules folliculeuses.

2.3.4. Follicule cavitaire ou antral

Son diamètre varie de 0,3 à 15 mm. Il est caractérisé par :

- l'apparition d'une cavité folliculaire ou antrum, contenant le liquide folliculaire ;
- la différenciation du stroma conjonctif périphérique en deux couches ou thèques, parcourues par des capillaires :
la thèque interne cellulaire et la thèque externe fibreuse (**Fig. 6**) ;
- l'accroissement progressif de la cavité folliculaire qui refoule les cellules folliculeuses en périphérie, lesquelles forment la granulosa. Ce dernier fait sailli autour de l'ovocyte dans la cavité folliculaire par le cumulus oophorus.

2.3.5. Follicule mûr ou follicule de DE GRAÂF

Son diamètre atteint 12 à 25 mm chez la femme. Gonflé de liquide folliculaire, il prend un aspect kystique et fait saillie à la surface de l'ovaire. Il se rompt au moment de l'ovulation, libérant ainsi le gamète femelle prêt à être fécondé.

2.4. Maturation de l'ovocyte et ovulation

La maturation qui conduit à un follicule mûr se déroule sur trois cycles menstruels avec cinq à six follicules antraux mais un seul follicule aboutira à l'ovulation (follicule dominant = sensibilité accrue à FSH et récepteurs à LH + toxicité pour les autres follicules). Il est recruté à la fin de la phase lutéale du cycle précédent. Décharge de FSH et LH au milieu du cycle donc modification du follicule qui fait saillie à la surface de l'ovaire (**Fig.7**)

- Sécrétion de progestérone par les cellules de la granulosa
- Disparition des jonctions communicantes entre les cellules de la granulosa
- Reprise de la méiose : ovocyte II en métaphase de 2ème division (la 2ème division méiotique se terminera après la fécondation)
- Expulsion du premier globule polaire
- Maturation cytoplasmique (organites plus nombreux)
- Modification biochimique de la membrane pellucide où pourront se fixer de façon spécifique des spermatozoïdes

- Dissociation des cellules du cumulus grâce à l'acide hyaluronique sécrété par le cumulus donc libération de l'ovocyte dans la cavité antrale.
- Ovulation (36 H après pic de LH) : rupture du follicule mûr (prostaglandines sécrétées par granulosa) avec expulsion de l'ovocyte entouré des cellules de la corona radiata hors de l'ovaire

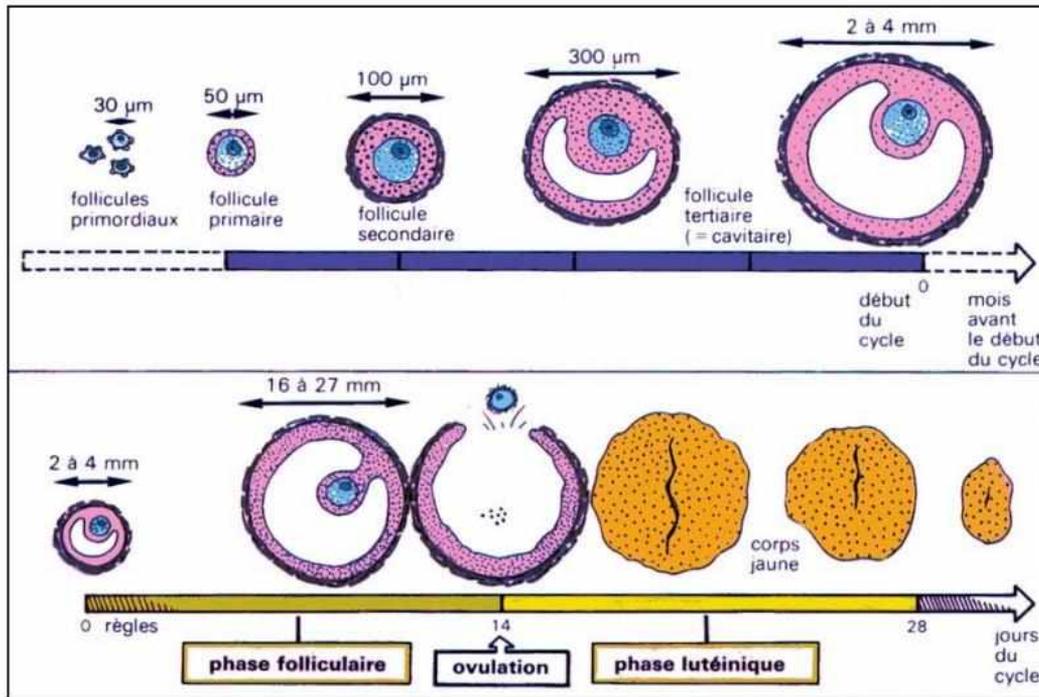


Figure 5. Différence de taille entre les follicules en développement et devenir du follicule mue après l'ovulation

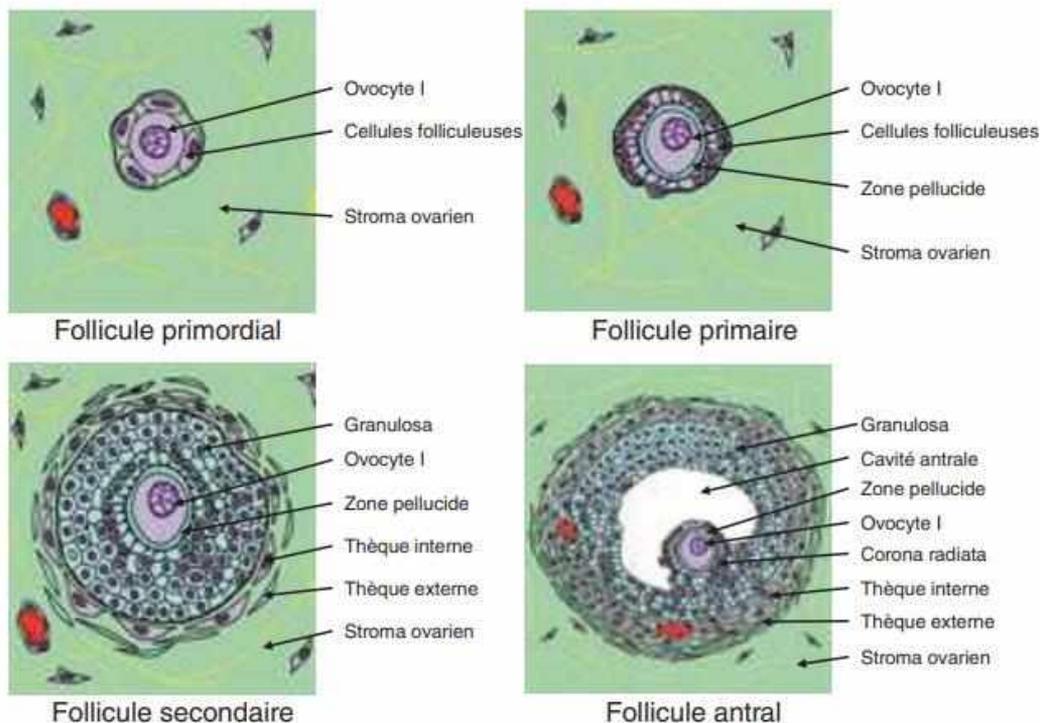


Figure 6. La folliculogénèse

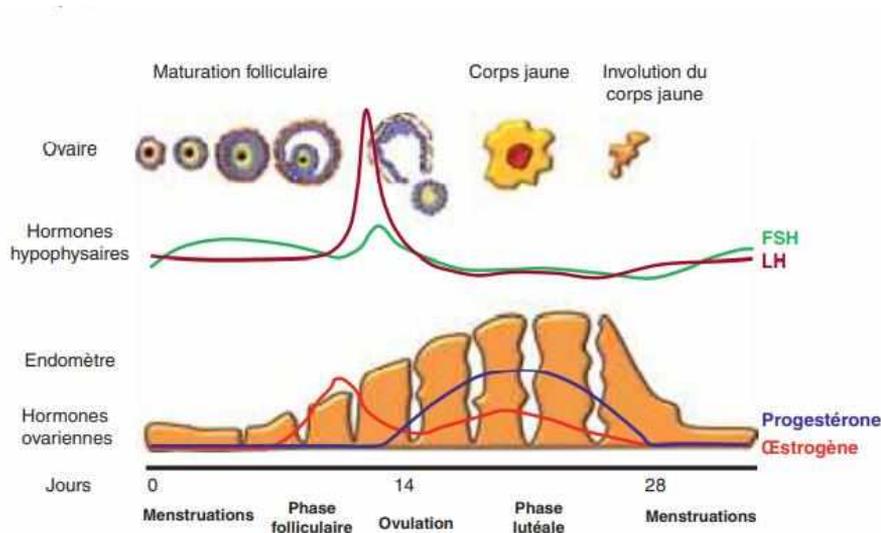


Figure 7. Le cycle menstruel

2.5. Le corps jaune

- C'est une glande endocrine temporaire qui résulte de la transformation du follicule déhiscent (**Fig.8**).

- Le corps jaune assure plusieurs fonctions :

*Sécrète la progestérone.

*Prépare l'organisme pour une possible grossesse.

*Provoque des modifications au niveau de l'endomètre pour préparer la nidation

- Les étapes de formation du corps jaune

*Le follicule déhiscent, après l'ovulation présente un aspect plissé

*Disparition complète de la membrane de SLAVJANSKI

*Envahissement rapide de la granulosa par les capillaires sanguins de la thèque qui viennent s'ouvrir dans la cavité folliculaire provoquant une hémorragie circonscrite et rapidement coagulée : coagulum central.

*Transformation des cellules de la granulosa en grandes cellules lutéales d'environ 40 µm de diamètre

*Les cellules de la thèque interne peu modifiées constituent les petites cellules lutéales ou para lutéiniques réparties à la périphérie du corps jaune et formant des cordons qui pénètrent plus ou moins profondément dans la couche des grandes cellules lutéales qui contiennent un pigment lipochrome responsable de la couleur jaune du corps jaune

- Le corps jaune peut évoluer sous deux formes :

*le corps jaune cyclique ou corps progestatif qui régresse à la fin du cycle ovarien ==> lyse du corps progestatif (phagocytose des cellules par macrophages -> tissu conjonctif cicatriciel : corpus albicans).

*le corps jaune de grossesse ou corps gestatif qui correspond au maintien du précédent en cas de grossesse et qui persiste pendant environ 3 mois

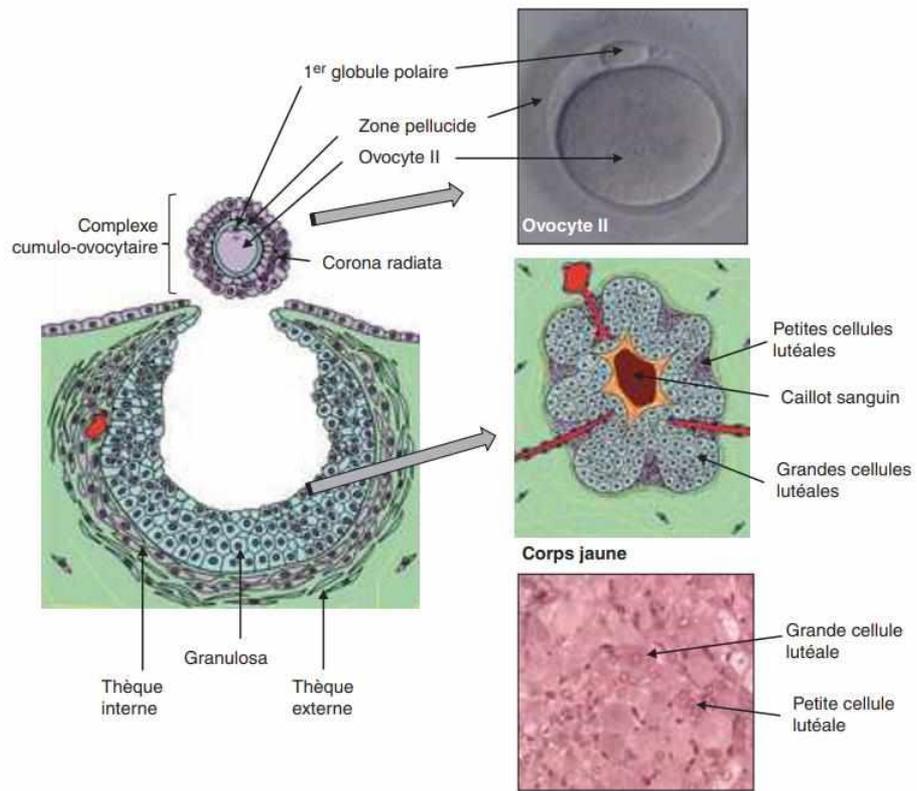


Figure 8. Ovulation et formation du corps jaune

Chapitre II. Gamétogenèse :

3. Spermatogenèse

Introduction

La spermatogénèse est un processus biologique dont le but est de produire les gamètes mâles, les spermatozoïdes. Ce processus, continu au cours de la vie sexuelle, se déroule dans l'appareil génital mâle et au niveau des tubes séminifères du testicule. Aussi, c'est l'ensemble des phénomènes de division et de différenciation aboutissant à la formation du spermatozoïde, cellule germinale mature.

3.1. Testicules

Organes ovoïdes, de taille très variable selon les espèces. Ils se trouvent suspendus dans des bourses et sont rattachés au corps par le cordon testiculaire qui traverse la paroi abdominale par le trou inguinal.

L'organe est limité par une capsule conjonctive fibreuse, blanc nacré: la tunique albuginée constituée de fibres de collagène et de quelques fibres élastiques. De l'albuginée, partent des cloisons conjonctives grêles qui divisent l'organe en lobules (200 à 300 par testicule, sauf dans les très petites espèces). Les cloisons convergent et fusionnent au pôle supérieur, formant un massif conjonctif épais: le médiastinum testis (anciennement corps d'Highmore). Il est formé d'un tissu conjonctif beaucoup moins dense que celui de l'albuginée et mêlé de fibres élastiques souvent abondantes. Il loge, outre de nombreux vaisseaux, un réseau de conduits excréteurs anastomosés : le rete testis. Celui-ci collecte les tubes droits qui proviennent des tubes séminifères et émet d'autre part les canalicules efférents qui pénètrent dans l'épididyme (**Fig. 9**).

Chez l'embryon, les testicules sont en position abdominale et ce n'est que vers la période périnatale qu'ils migrent vers le scrotum, avant la naissance chez l'homme et les ruminants. Les individus dont les testicules ne descendent pas sont dits cryptorchides bilatéraux, ils sont complètement stériles (azoospermie) bien que la production de testostérone soit normale, en effet le comportement sexuel n'est pas affecté

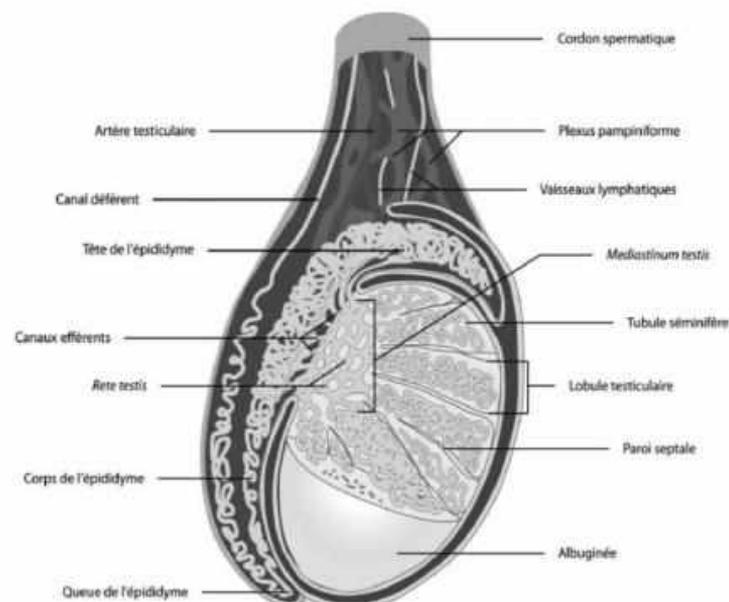


Figure 9. Structure générale du testicule, épидидyme et canal déférent

3.1.1. Composition cellulaire du parenchyme testiculaire (Fig. 10)

Le testicule adulte est classiquement divisé en deux compartiments interdépendants : Le tissu interstitiel contenant notamment les cellules de Leydig ainsi que des capillaires sanguins et des vaisseaux lymphatiques, et les tubules séminifères, siège de la spermatogenèse

a. Le tissu interstitiel

Dans les espaces intertubulaires, le tissu interstitiel qui héberge les cellules de Leydig, apparait comme un tissu conjonctif lâche, vascularisé et innervé. Quels que soient les mammifères, l'interstitielle contient toujours des vaisseaux lymphatiques plus ou moins développés et des capillaires sanguins propices à la circulation des hormones périphériques et testiculaires, des fibroblastes, des macrophages, des leucocytes, des mastocytes et de nombreux éléments figurés du sang.

- La cellule de Leydig

Les cellules de Leydig sont, selon les espèces, soit disposées en amas autour des capillaires sanguins, soit plus ou moins dispersées et en nombre plus ou moins importants au tour des tubules séminifères. La fonction principale des cellules de Leydig est la production de la testostérone (hormones stéroïdiennes) qui parmi ses rôles, c'est la stimulation et le maintien de la spermatogenèse.

- Les cellules immunitaires et les fibres nerveuses de l'interstitielle Outre les cellules de Leydig, l'interstitielle recèle des cellules nerveuses et plusieurs types de cellules classiquement associées au système immunitaire telles que des cellules présentatrices d'antigènes comme les cellules dendritiques et les macrophages, de même que des lymphocytes T et NK (Natural Killers). Cet ensemble cellulaire constitue un des éléments essentiels du «sanctuaire immunitaire» testiculaire qui correspond à un concept combinant les propriétés immunosuppressives des cellules de l'interstitielle et des tubules séminifères

b. Les tubules séminifères

Les tubules de 150 à 200 microns de diamètre et d'environ 0.30 à 1.5 m de longueur. Chez la plupart des mammifères, les tubules séminifères représentent 60 à 80 % du volume testiculaire et sont classiquement décrits comme étant composés de trois types cellulaires : les cellules péritubulaires, les cellules somatiques dites de Sertoli, et les cellules germinales

- La cellule péritubulaire

La cellule péritubulaire est une cellule myofibroblastique, c'est-à-dire un myocyte relativement peu différencié, plat, étiré et dont la capacité à se contracter est à l'origine des mouvements péristaltiques des tubules séminifères. Les cellules péritubulaires produisent de nombreux facteurs constituant la matrice extracellulaire de la lame basale, qu'elles sont responsables de la contractilité des tubules et qu'elles sécrètent de nombreux facteurs impliqués dans la régulation paracrine du testicule

- La cellule de Sertoli

La cellule de Sertoli est une cellule polarisée qui s'étend de la base de l'épithélium séminifère jusqu'à la lumière du tubule. En contact permanent avec plusieurs générations de cellules germinales aux tailles et formes très variables. La fonction des cellules de Sertoli apporte un soutien mécanique et nutritif aux cellules germinales, elles leur permettent de migrer vers le pôle apical des tubes séminifères, assurent la spermiation et la libération des spermatozoïdes dans la lumière. Elles sécrètent aussi l'ABP (Androgène Binding Hormone), cette protéine se lie à la testostérone pour la stimulation de la spermatogenèse.

- Les Cellules de la lignée germinale

Elles sont en différents stades de maturation et comprennent respectivement les : spermatogonies, spermatocytes I (primaire), spermatocytes II (secondaire), spermatides et les

spermatozoïdes.

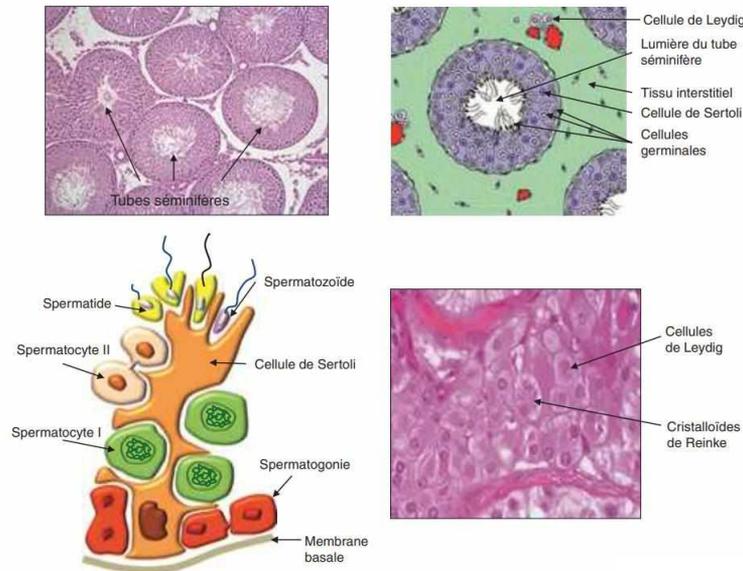


Figure 10. Structure microscopique générale du lieu de spermatogenèse (Tube séminifère)

3.2. Les différentes phases de spermatogenèse

La spermatogenèse correspond à la somme de l'ensemble des divisions et transformations cellulaires qui aboutissent à la formation et la libération des spermatozoïdes dans la lumière des tubules séminifères. Il s'agit d'un processus complexe, en préparation dès la vie embryonnaire (migration des cellules germinales primordiales), fœtale, néonatale et pré-pubertaire (production des gonocytes, les pré-spermatogonies). La spermatogenèse se développe à partir de la puberté et se poursuit tout au cours de la vie, grâce au renouvellement et à la division des cellules souches appelées spermatogonies. La spermatogenèse dure environ 74 jours chez l'homme, et peut être divisé en trois phases principales (**Fig. 14**), chacune de ces phases conduisant à la production d'une catégorie distincte de cellules germinales :

3.2.1. Phase de multiplication ou spermatocytogenèse ou phase mitotique qui correspond à la prolifération des spermatogonies. Au cours de cette phase, les spermatogonies souches produisent deux types de cellules diploïdes : Une spermatogonie A (à noyau dense), nécessaires au renouvellement de leur propre stock (maintien du pool de spermatogonies), et l'autre spermatogonie A (à noyau pale) qui se divise pour donner deux spermatogonies B puis chacune donne 2 spermatocytes I.

3.2.2. Phase de maturation ou phase méiotique caractérisée par l'accroissement du volume spermatocytes I et par deux divisions cellulaires. Le spermatocyte I à $2n$ chromosomes subit la première division (réductionnelle) de méiose et donne 2 spermatocytes II à n chromosomes (un contient le chromosome sexuel mâle et l'autre le chromosome sexuel femelle). Chaque spermatocyte II subit la deuxième division (équationnelle) de méiose et donne 2 spermatides à n chromosomes. Chez toutes les espèces, cette phase est divisée en cinq stades successifs dénommés : leptotène, zygotène, pachytène, diplotène et diacynèse.

3.2.3. Phase de différenciation ou spermiogenèse (Fig. 11) Cette phase ne comporte pas de division mais une différenciation des spermatides en spermatozoïdes (mise en place de l'acrosome, du flagelle), qui seront libérés dans la lumière du tube séminifère. Par la suite il y'a un processus de spermiation (**Fig. 13**) qui consiste au détachement des spermatozoïdes différenciés des cellules de Sertoli, ces cellules phagocytent le cytoplasme des spermatozoïdes nouvellement formés pour que ces derniers se libèrent dans la lumière du tube séminifère. Les spermatides sont riches en organites cellulaires particulièrement en mitochondries et en appareil de Golgi. Le passage au stade spermatozoïde (**Fig. 12**) consiste à :

- La fusion des vésicules Golgiennes et leur localisation près du noyau formant la vésicule acrosomiale (riche en enzymes) puis en acrosome.
- Le centrosome commence l'organisation et l'élongation de microtubules pour la formation du flagelle.
- Les mitochondries forment un manchon et se placent contre la région proximale de l'axonème (partie principale, cylindrique et allongée d'un Coiffe acrosomale Acrosome flagelle; pour leur fournir de l'énergie
- L'excès du cytoplasme est isolé, il se transforme en corps résiduel.
- Condensation du noyau

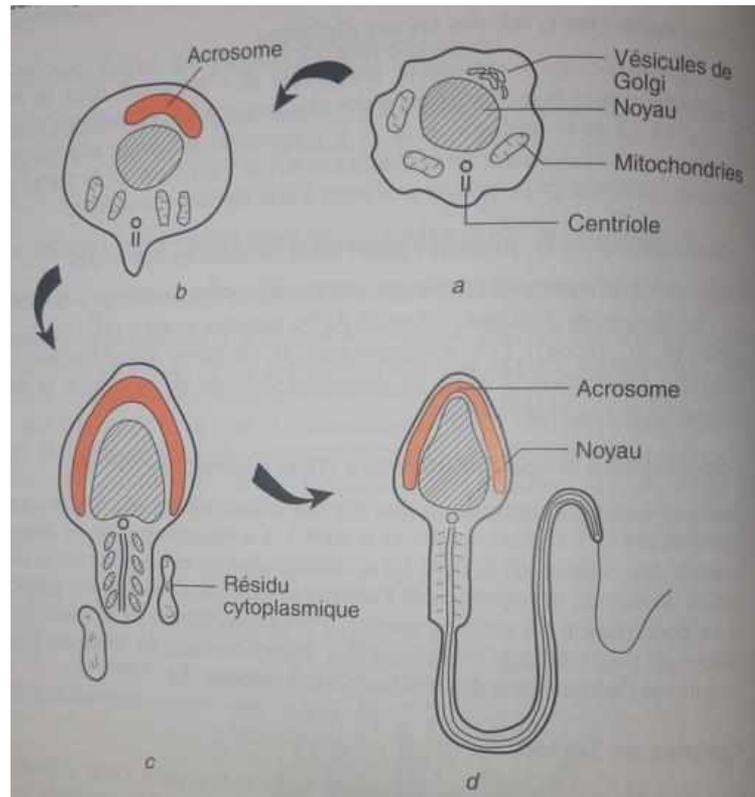


Figure 11. Les étapes de la spermiogénèse

Phase de différenciation des spermatides en spermatozoïdes

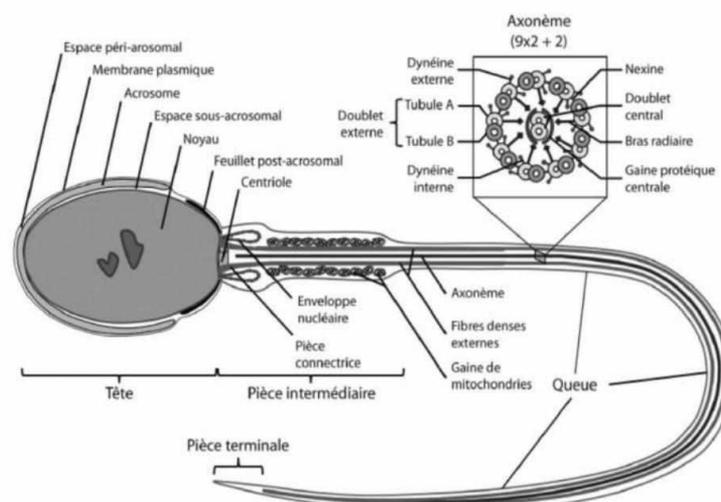


Figure 12. Spermatozoïde humain

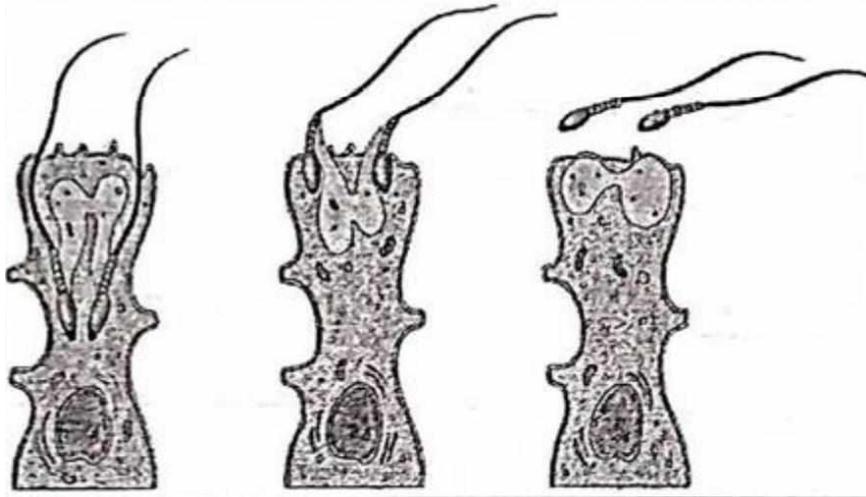


Figure 13. Processus de spermiation

Détachement des spermatozoïdes et phagocytose du corps résiduel cytoplasmique

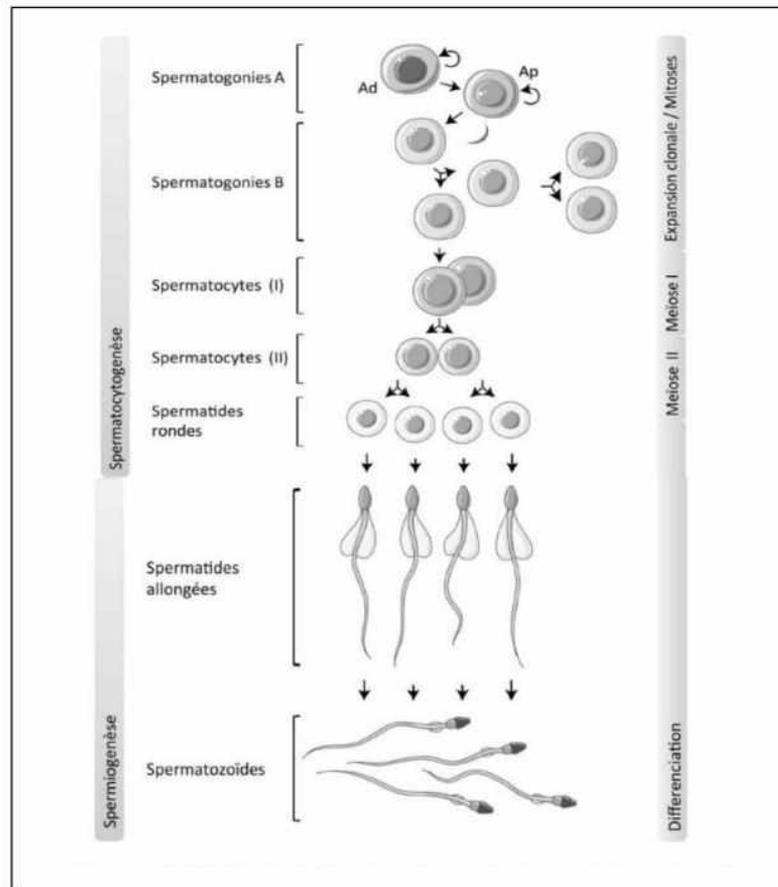


Figure 14. Résumé des différentes étapes de spermatogenèse à partir de la puberté

Noter que 1 spermatogonie se divise pour se renouveler et pour donner à la fin du processus de spermatogenèse 16 spermatozoïdes.

Chapitre III : La fécondation

Introduction

La fécondation est le processus de rencontre et de fusion d'un spermatozoïde (n) et d'un ovocyte (n), qui aboutit à la formation d'un zygote (2n), capable d'initier la morphogenèse. Le terme de fécondation désigne non seulement la fusion des gamètes, mais aussi l'ensemble des événements préalables à cette fusion, c'est-à-dire le conditionnement des gamètes dans les voies génitales femelles.

1. Conditions de la fécondation chez l'homme

La rencontre des deux gamètes nécessite :

- * Un sperme normal (PH convenable, nombre, qualité et mobilité des spermatozoïdes).
- * Un ovocyte II vivant bloqué en métaphase entouré de sa membrane pellucide et de la corona radiata.
- * Une glaire cervicale filante, alcaline et riche en mucus.
- * Une perméabilité des trompes.
- * Un délai entre rapport et ovulation inférieur à 3-4 jours.
- * Absence d'infection des voies génitales féminines

2. les étapes de la fécondation (Fig. 17)

2.1. Rencontre des gamètes

La rencontre à lieu entre :

- **Le gamète femelle** : Entouré de plusieurs éléments au moment de la ponte ovulaire, il forme l'ensemble suivant :

- * le gamète femelle proprement dit au stade d'ovocyte II (100 à 150 μm de diamètre) haploïde avec sa membrane propre. Elle est bloquée en métaphase de la deuxième division de méiose;
- * le 1^{er} globule polaire : petite cellule (également haploïde) en voie de dégénérescence et ayant résulté de la première division de méiose;
- * la zone pellucide : de nature glycoprotéique (sécrétion mixte de l'ovocyte lui-même et des cellules de la corona radiata);
- * la corona radiata : couche de cellules folliculeuses entourant l'ovocyte II.

- **Les gamètes mâles** : La maturation des spermatozoïdes s'achève dans les voies génitales femelles où ils acquièrent leur pouvoir fécondant suite à une série de modifications: capacitation,

hypermobilité et réaction acrosomique

2.2. Dissociation des cellules de la corona radiata

Les spermatozoïdes hyperactivés qui entrent en contact avec les cellules folliculeuses de la corona radiata, pénètrent immédiatement dans le gel d'acide hyaluronique. Il semble que, lors de ce passage, l'acrosome libère une certaine quantité de hyaluronidase : enzyme capable de liquéfier la matrice extracellulaire.

2.3. Dissolution de la zone pellucide

Les spermatozoïdes, qui entrent en contact avec la zone pellucide, se fixent à sa surface, par leur tête et de manière tangentielle. Ce sont les glycoprotéines de cette zone pellucide qui permettent à la fois la reconnaissance et la liaison des spermatozoïdes. Là encore, d'autres enzymes acrosomiales, de nature glycoprotéique (comme l'acrosine), vont permettre la solubilisation de la zone pellucide.

2.4. Réaction acrosomique

Suite à l'adhésion des spermatozoïdes à la zone pellucide, la réaction acrosomique, c'est à dire l'exocytose des enzymes de l'acrosome (**Fig. 15**), se produit. Elle a pour résultat la formation d'une cavité dans la zone pellucide où pénètre la tête du spermatozoïde (qui est poussé par les battements flagellaires), suite à la cascade d'événements suivants :

- * Afflux brutal de Ca^{++} ;
- * Activation des enzymes acrosomiques;
- * Fusion de la membrane externe de l'acrosome à la membrane plasmique du spermatozoïde;
- * Rupture de ces membranes;
- * Libération des enzymes acrosomiques.

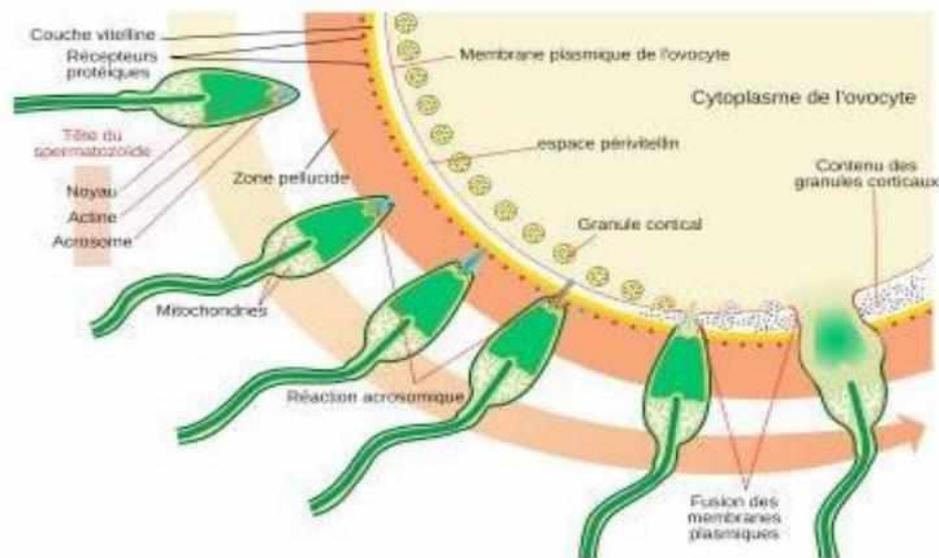


Figure 15. Réaction acrosomique

2.5. Fusion des gamètes

Seul 1 spermatozoïde va réussir à pénétrer dans l'ovocyte (monospermie physiologique). Les autres perdent contact avec la zone pellucide puis dégèneront

2.6. Réaction corticale

Elle désigne l'ouverture des granules corticaux à la surface de l'ovocyte, libérant sous la zone pellucide un liquide périovulaire riche en enzymes hydrolytiques (**Fig. 16**). Ceci aboutit à :

- * la constitution d'un espace (périvitellin) séparant l'ovocyte de la zone pellucide;
- * des modifications de la composition chimique de la zone pellucide, entraînant son

imperméabilisation aux autres spermatozoïdes, assurant ainsi la monospermie

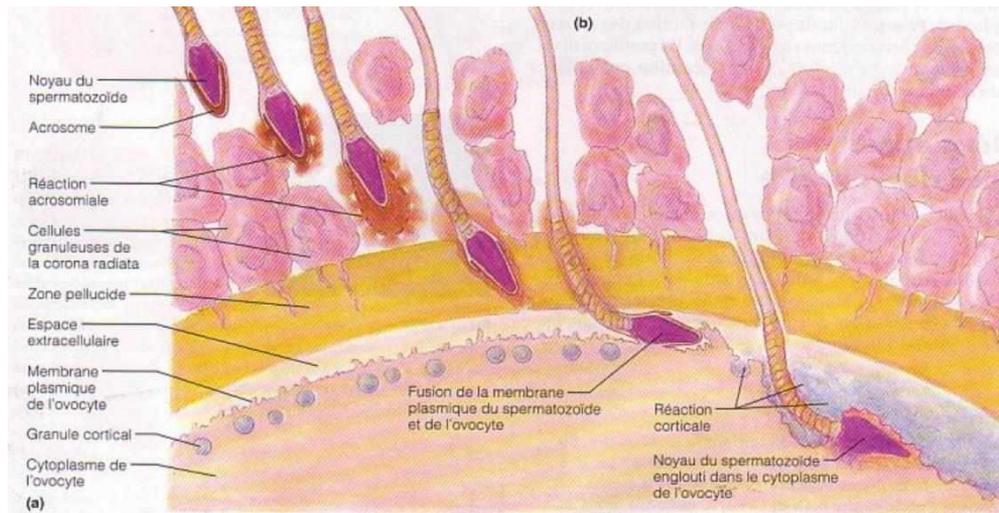


Figure 16. Réaction corticale

2.7. Activation cytoplasmique

Le début de la fusion des gamètes provoque une décharge de Ca^{++} à partir du réticulum endoplasmique lisse qui se propage à l'ensemble de l'œuf traduisant ainsi le réveil de l'activité métabolique de l'ovocyte avec une synthèse accrue d'ARN. Une des premières manifestations du réveil ovocytaire est la phagocytose rapide et complète du spermatozoïde (à l'exception du noyau, de quelques mitochondries et du centriole proximal).

2.8. Activation nucléaire

Elle se manifeste par la reprise de la deuxième division de méiose et l'expulsion du 2ème globule polaire.

N.B. Il résulte de ces phénomènes une cellule volumineuse : l'œuf fécondé ou zygote, constitué par le cytoplasme de l'ovocyte et par deux éléments nucléaires :

- *L'un provenant de l'ovocyte : le pronucléus femelle;*
- *L'autre provenant du spermatozoïde : le pronucléus mâle.*

Ce stade est éphémère et très rapidement la fécondation s'achève par la réunion des éléments nucléaires.

2.9. Amphimixie (caryogamie)

Elle marque l'achèvement de la fécondation et ressemble à une division cellulaire. Les deux pronoyaux sont chacun le siège d'une répllication de l'ADN. Ils se dirigent vers le centre de l'œuf, et lorsqu'ils sont très rapprochés, leur chromatine se condense en chromosomes. Ces pronoyaux ne fusionnent pas : leurs enveloppes nucléaires se désintègrent et les chromosomes se disposent en métaphase sur un fuseau achromatique nouvellement formé.

C'est la première division de segmentation qui commence. À partir du centriole proximal du spermatozoïde se développeront les éléments du fuseau (aster et microtubules) qui se met en place

entre les deux pronucléus.

3. Conséquences de la fécondation

Les principales conséquences de la fécondation sont:

* Reprise de la méiose et formation de 2 GP

* Activation de l'ovocyte

* La restauration de la diploïdie : Il y a, en effet, reconstitution à partir de deux cellules haploïdes, d'un nombre diploïde de chromosomes (44 autosomes + 2 gonosomes ou chromosomes sexuels), provenant :

- pour la moitié du pronucléus mâle;
- pour l'autre moitié du pronucléus femelle.

Ainsi le patrimoine héréditaire des deux parents sera transmis (hérédité biparentale).

* Décondensation de l'ADN du spermatozoïde.

* Formation du zygote

* La détermination du sexe du nouvel individu

Le sexe du zygote dépend du chromosome sexuel contenu dans le spermatozoïde fécondant (l'ovocyte apportant toujours le chromosome X) :

- si celui-ci est un X : le zygote sera XX, donc de sexe féminin;
- si celui-ci est un Y : le zygote sera XY, donc de sexe masculin.

* initiation de la segmentation

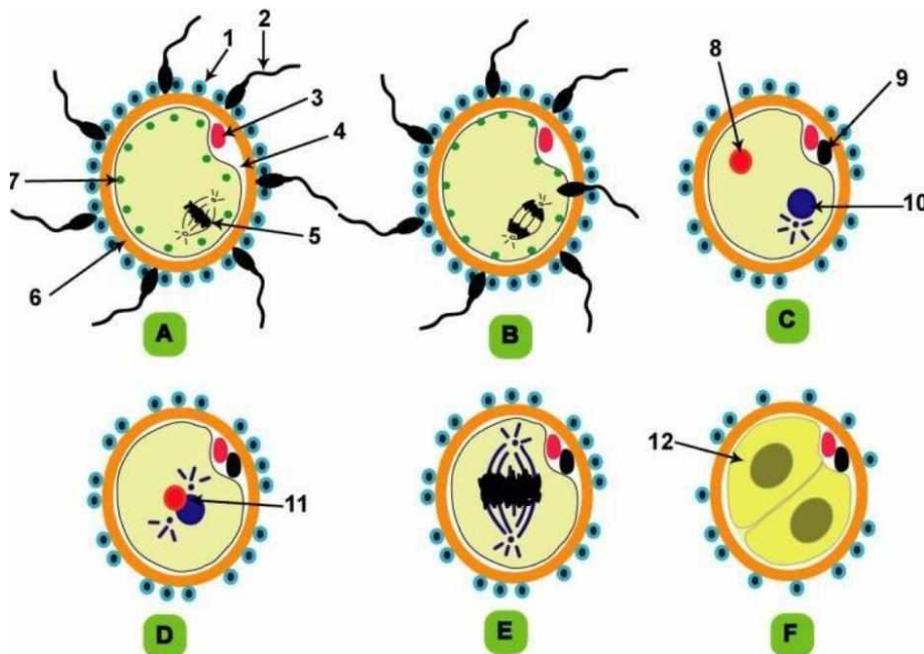


Figure 17. Les grandes étapes de la fécondation

1: cellule folliculaire de la corona radiata, 2: Spermatozoïde, 3: 1er globule polaire, 4: espace péri-ovocytaire, 5: matériel nucléaire bloqué en métaphase II, 6: zone pellucide, 7: granule cortical, 8: pronucléus femelle, 9: 2ème globule polaire, 10: pronucléus mâle, 11: noyau diploïde, 12: blastomère (cellule embryonnaire) A: L'ovocyte II bloqué en métaphase II. B et C: Après une réaction, un ou plusieurs spermatozoïdes peuvent franchir la zone pellucide. Un seul spermatozoïde se fixe sur les récepteurs spécifiques localisés à la surface de la zone pellucide. Les membranes de deux gamètes fusionnent et le noyau du spermatozoïde est injecté dans le cytoplasme de l'ovocyte II. D: Les deux pronucléus mâle et femelle se rapprochent l'un de l'autre et finissent par fusionner E et F: Le zygote

subit sa première mitose pour donner un embryon formé de deux blastomères (stade 2 cellules)

Chapitre IV : La segmentation (clivage)

1. La segmentation

- La première phase du développement embryonnaire qui correspond au passage de l'état unicellulaire à l'état pluricellulaire.
- Elle est caractérisée par une succession de divisions mitotiques rapides et rapprochées, à interphases très courtes, qui divisent l'œuf en un ensemble de petites cellules nommées blastomères, dont la taille diminue au fur et à mesure des segmentations.
- Les blastomères sont maintenus ensemble par la membrane pellucide
- La segmentation ne change pas la taille de l'œuf.
- Quand l'embryon est constitué de 16 à 64 blastomères, prend le nom de morula (**Fig. 18a**). La morula est constituée de cellules contenant peu de cytoplasme
- Quand une cavité va apparaître, appelée le blastocœle, l'embryon prend le nom de blastula(**Fig. 18b**).
- Les cellules situées à la périphérie de l'œuf vont former un tissu nommé trophoblaste, et les cellules internes constitueront le bouton embryonnaire ou masse cellulaire interne.
- La segmentation de l'œuf s'accompagne de sa migration. Aidé des mouvements des muscles de la paroi tubaire et des cellules ciliées, l'embryon rejoint la cavité utérine

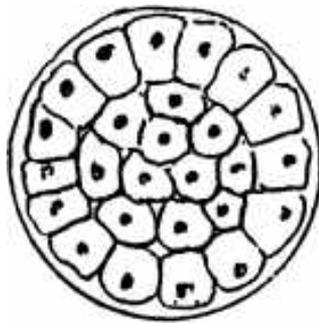
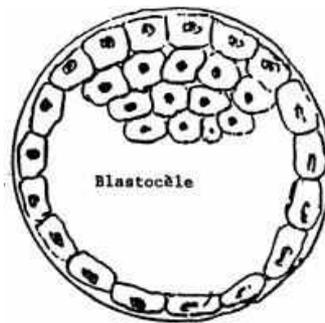


Figure 18. a. Morula



1.b. Blastula

1.1. Les types de segmentation

La segmentation dépend de l'espèce et de la quantité du vitellus (réserve nutritive appelée aussi lécithes) et la répartition de celui-ci au sein de l'œuf fécondé. On distingue deux types de segmentation selon le type d'œuf :

1.1.1. La segmentation totale (holoblastique) (Fig. 19) :

Où les divisions cellulaires affectent l'ensemble de la masse cytoplasmique ovocytaire initiale, les réserves vitellines y étant relativement peu abondantes. Cette segmentation peut être **égale** ou **inéga**le.

Quand elle est **égale**, tous les blastomères issus de la division mitotique auront la même taille.

Quand elle est **inéga**le, on obtient alors des micromères (petits blastomères) et des macromères (grands blastomères).

1.1.2. La segmentation partielle (méroblastique) (Fig. 20) : seule une partie de l'œuf va se diviser (celle qui ne contient pas de vitellus).

Ces deux types de segmentation sont concernés respectivement par, les œufs alécithes,

oligolécithes et hétérolécithes d'une part, et les œufs centrolécithes et télolécithes d'autre part. Les caractéristiques de chacune de ces catégories d'œufs sont reportées dans le tableau

Tableau 1. Caractéristiques des différentes catégories d'œufs

Types d'œufs	Quantité de vitellus	Répartition cytoplasmique	Taille	Exemples de taxons concernés
Alécithes	Pas de réserves	-----	$\pm 100 \mu\text{m}$	Mammifères aplacentaires et placentaires (Métathériens, Euthériens)
Oligolécithes	Réserves peu abondantes	Répartition relativement homogène	$\pm 100 \mu\text{m}$	Échinodermes, Urocordés, Céphalocordés
Hétérolécithes	Réserves peu abondantes	Répartition inégale. Existence d'un gradient vitellin	$\pm 1 \text{ mm}$	Amphibiens, Annélides
Centrolécithes	Réserves très abondantes	Masse vitelline regroupée au centre de l'œuf	$\pm 1 \text{ mm}$	Insectes
Télolécithes	Réserves très abondantes	Distribution généralisée. Zone germinative réduite à l'état d'un disque en position polaire	$\pm 1 \text{ cm}$	Mollusques Céphalopodes, Nombreux Poissons, Sauropsidés (Reptiles / Oiseaux), Mammifères ovipares (Protothériens)

NB. L'œuf fécondé ou vierge comporte un matériel de fécondation secondaire dans le cytoplasme appelé deutoplasme : sont des plaquettes de réserves nutritives formant le vitellus ou lécithe

L'œuf comporte le cytoplasme nutritif et cytoplasme formatif.

Tableau 2. Les différents types de segmentation selon le type d'œuf

Les différents types de segmentation Selon le type d'œufs	
Segmentation totale (Holoblastique)	Segmentation partielle (Méroblastique)
Alécithe Oligolécithe Hétérolécithe	Télolécithe Centrolécithe

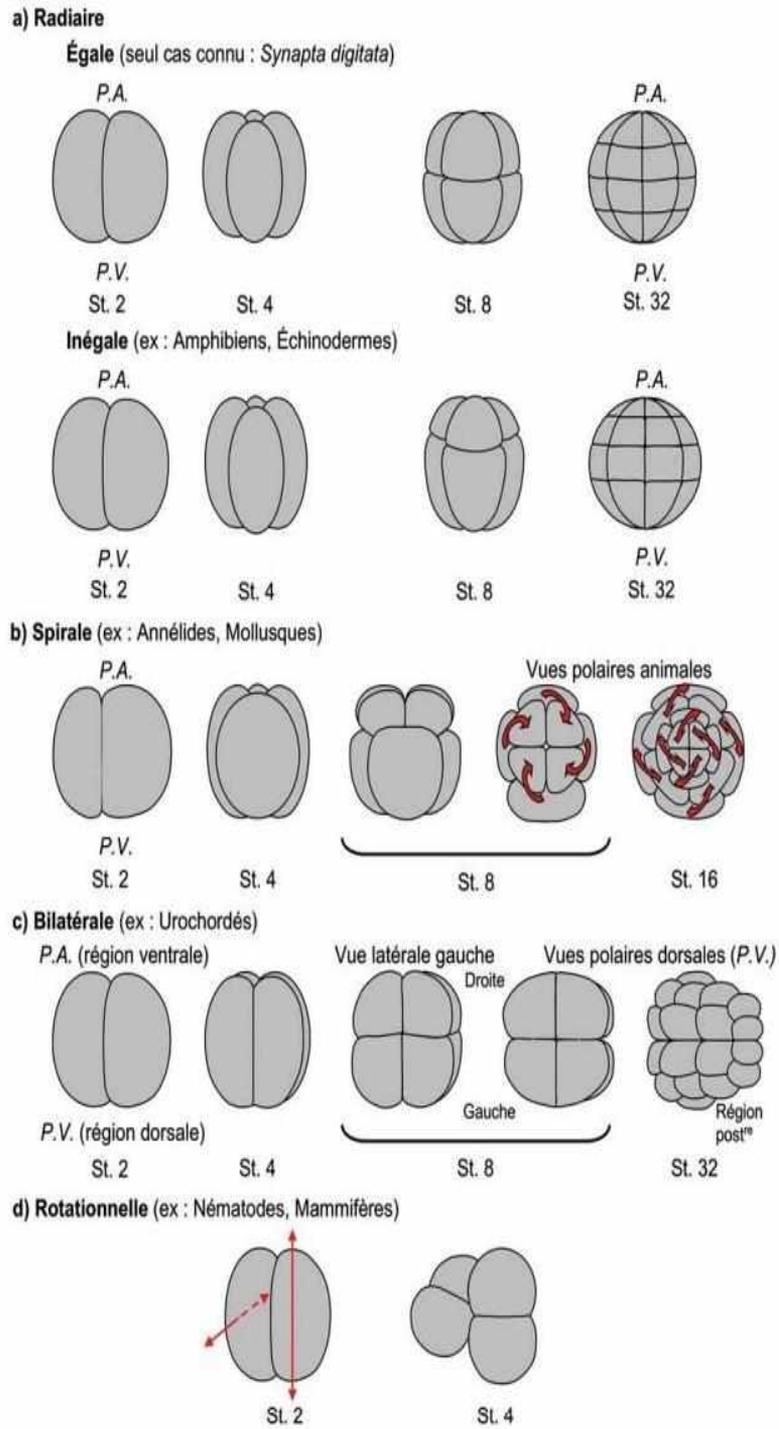


Figure 19. Des exemples de segmentation totale

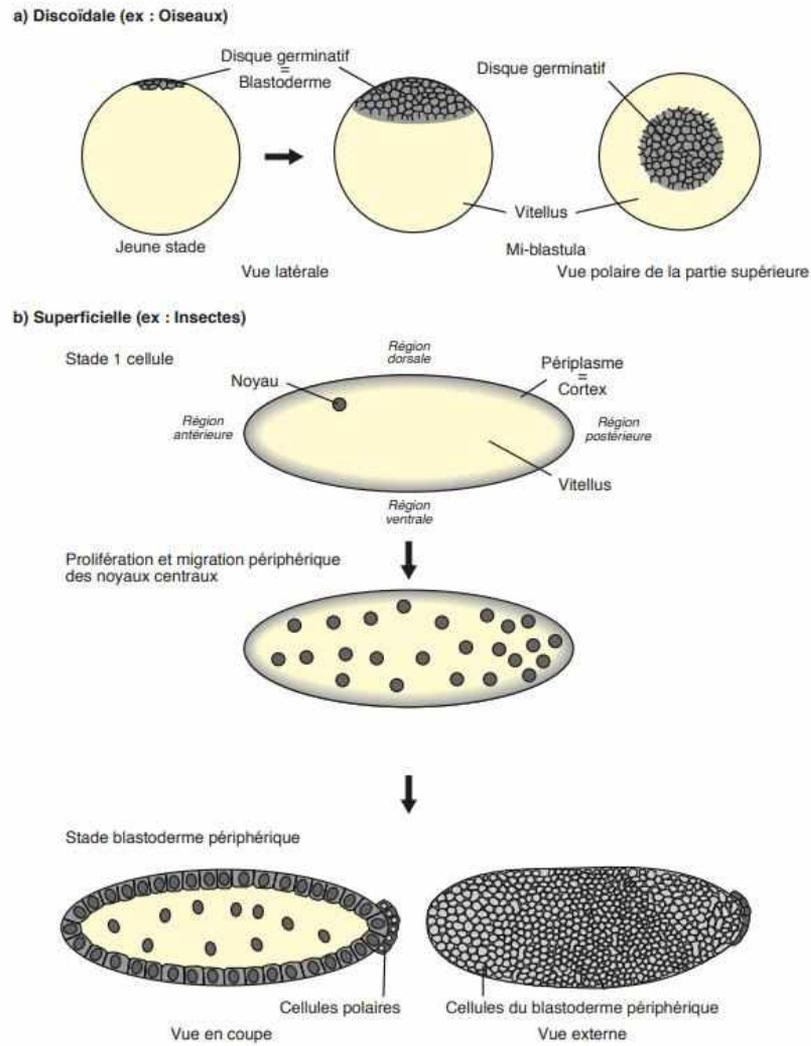


Figure 20. Exemple de segmentation partiel

Chapitre V : La gastrulation

1. La gastrulation

Les divisions mitotiques vont se ralentir, le volume de l'embryon ne va pas toujours augmenter. L'embryon est appelé **gastrula**

Pendant la gastrulation, les cellules vont prendre de nouvelles positions, et l'embryon va se transformer en un organisme à plusieurs couches : **3 feuillets embryonnaires fondamentaux** grâce aux **mouvements morphogénétiques** des cellules : mouvements cellulaires coordonnées dans le temps et dans l'espace et qui vont remanier la position des blastomères dans la blastula. Ces mouvements sont à l'origine de la morphogénèse (à l'origine de l'établissement de la morphologie du futur individu).

Les trois feuillets fondamentaux sont : à la périphérie, l'ectoderme ou ectoblaste (à l'origine de l'épiderme et du neuroectoderme) ; au centre, l'endoderme ou l'endoblaste (à l'origine du tube digestif) ; et entre les deux, le mésoderme ou le mésoblaste (à l'origine des muscles)

La gastrulation permet de mettre en place dans l'embryon une nouvelle cavité : l'archentéron qui va être à l'origine du tube digestif (ou intestin) de l'embryon.

2. Les mouvements morphogénétiques

2.1. L'élongation ou épibolie

C'est le mouvement des cellules les plus externes qui vont s'étendre par un mouvement d'ensemble pour entourer les couches les plus profondes de l'embryon.

2.2. L'invagination ou l'embolie

Une région de cellules superficielles s'enfonce peu à peu en profondeur pour devenir internes, tout en restant cohérentes.

2.3. L'involution

C'est le mouvement vers l'intérieur d'une couche cellulaire externe, qui l'amène à s'étendre tout le long de la surface interne des cellules restées à l'extérieur.

2.4. La migration ou ingression

Des cellules individuelles migrent à partir des feuillets de surface vers l'intérieur de l'embryon.

2.5. La délamination

Elle permet le dédoublement d'un feuillet cellulaire, ou la séparation d'un feuillet cellulaire en 2 ou 3 feuillets parallèles.

3. Modalités de la gastrulation

Suivant les modalités des mouvements morphogénétiques, on peut définir 05 types de gastrulation :

3.1. Gastrulation par invagination (ou embolie)

Elle concerne des embryons possédant un blastocèle développé et des cellules endodermiques peu volumineuses et moins chargées en vitellus. Le feuillet de l'hémisphère végétatif s'enfonce dans le blastocèle qui se réduit et tend à disparaître. Il délimite une seconde cavité, l'archentéron (ou intestin primitif) qui s'ouvre à l'extérieur par le blastopore (**Fig. 21 a**). C'est la mise en place d'une ébauche de tube digestif (ex. : Oursins).

3.2. Gastrulation par épibolie (ou recouvrement)

Lorsque les blastomères végétatifs sont trop volumineux pour s'enfoncer à l'intérieur du blastocèle, les cellules de l'hémisphère végétatif deviennent internes de façon passive, par multiplication et recouvrement des cellules de l'hémisphère animal formant un feuillet qui les enveloppe progressivement (**Fig. 21b**). Chez les Amphibiens, ce mécanisme peut se combiner au précédent quand la charge vitelline est de moyenne importance.

3.3. Gastrulation par délamination

Correspond à des multiplications cellulaires perpendiculaires à la couche cellulaire délimitant du blastocèle (**Fig. 22**) et qui aboutit à la libération de cellules filles s'agencant entre elles dans le blastocèle pour former un autre feuillet embryonnaire (ex: les coelentérés).

3.4. Gastrulation par prolifération polaire

Consiste en la multiplication de cellules à l'un des pôles de la blastula (**Fig. 23 b**). Les cellules filles issues de cette prolifération localisée forment les nouvelles structures internes (ex: les oiseaux).

3.5. Gastrulation par immigration

Elle se rencontre chez les oiseaux, des cellules migrent activement du blastodisque dans le blastocèle ; elles y deviennent libres puis s'agencent pour constituer un feuillet interne, l'hypoblaste puis l'endoderme (**Fig. 23a**). Le mésoderme ensuite se forme à partir de la ligne primitive

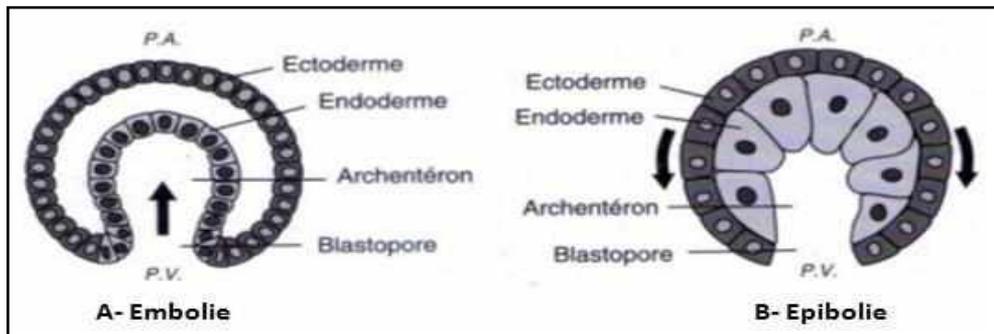


Figure 21. Gastrulation par embolie (A) et par épibolie (B).

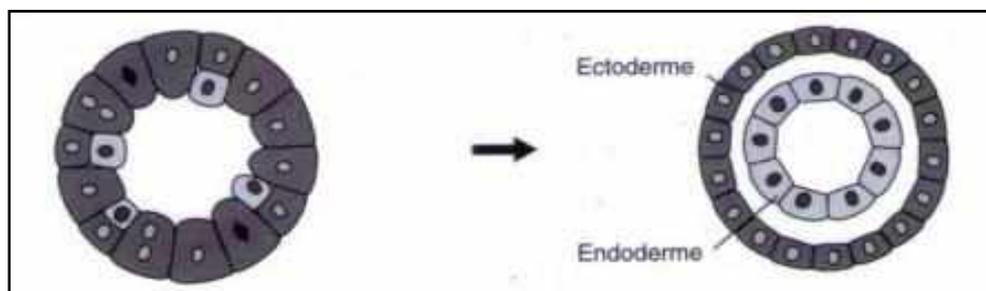


Figure 22. Gastrulation par délamination

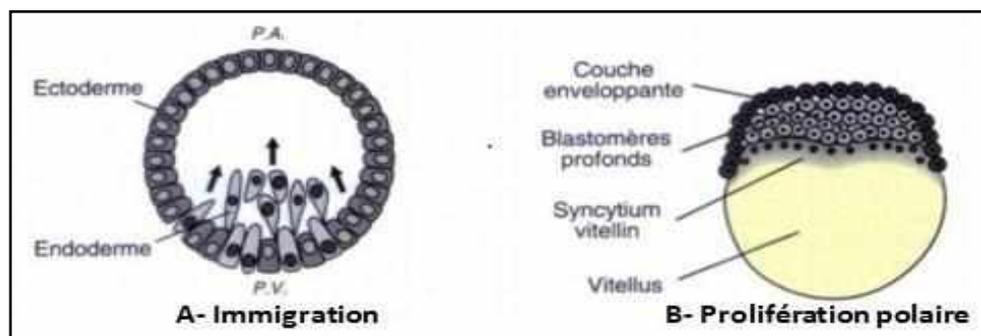


Figure 23. Gastrulation par immigration (A) et par prolifération polaire.
Chapitre. VI : Neurulation et devenir des feuillet

1. La neurulation

C'est la formation du système nerveux. Au stade neurula, l'ébauche du système nerveux se forme dans la région dorsale de l'embryon. en morphologie externe

1.1. Les étapes de la neurulation (Fig. 24)

1. La première étape consiste en l'épaississement de l'ectoblaste qui dessine une plaque neurale bordée par un renflement : les bourrelets neuraux.

2. Dans une deuxième étape, les bourrelets neuraux se soulèvent puis se rapprochent vers le plan

médian. Ces mouvements de rapprochement sont plus rapides dans la région postérieure et plus lents dans la région antérieure. La plaque neurale prend la forme d'une raquette (stade en raquette). On distingue alors deux régions nettement distinctes : la région antérieure ou céphalique large et la région troncale étroite.

3. Durant l'étape suivante, les bourrelets neuraux se soudent sur le plan médian pour former un tube. La soudure prend naissance dans la région troncale et progresse rapidement vers la région postérieure et plus lentement vers la région céphalique.

4. Enfin, la soudure des bourrelets neuraux conduit à la formation du tube neural qui s'internalise sous l'épiderme dorsal. Le tube neural montre la région céphalique antérieure renflée et la région médullaire troncale tubulaire. Elles sont respectivement à l'origine du cerveau et de la moelle épinière et délimitent donc les futures régions de la tête et du tronc.

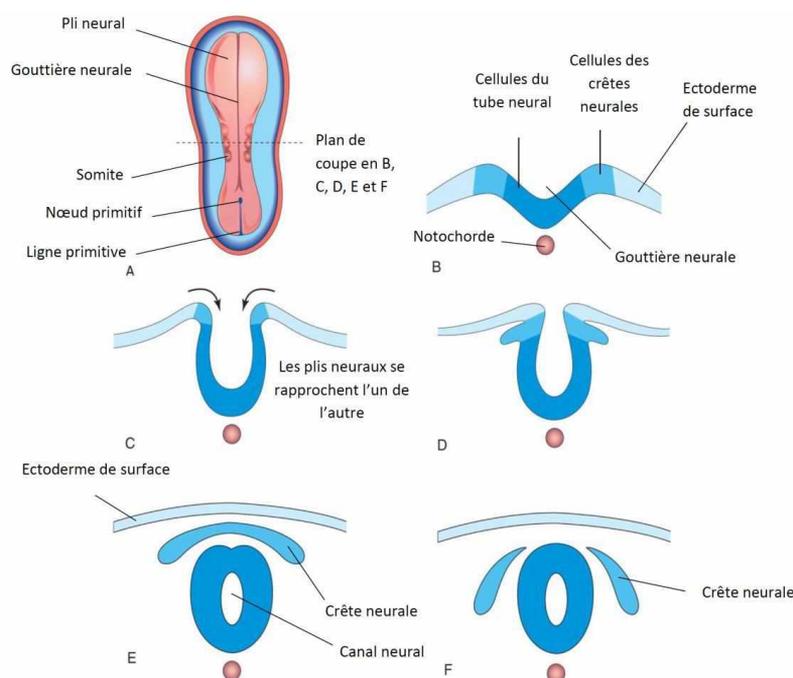


Figure 24. Les différentes étapes de la neurulation

1.2. La chronologie des mouvements de la neurulation

1. épaissement de la plaque neurale
2. soulèvement des bourrelets neuraux,
3. rapprochement des bourrelets neuraux,
4. affrontement des bourrelets neuraux,
5. soudure des bourrelets neuraux.

2. Devenir des feuilletts embryonnaires

Les trois feuilletts embryonnaires constituent l'ébauche de tous les tissus et les organes de l'individu. Cette évolution des feuilletts s'effectue pendant les trois premières semaines de la vie embryonnaire

Tableau 3. Principaux dérivés des feuilletts embryonnaires

Feuilletts	Organes
Ectoblaste	Système nerveux central - Système nerveux périphérique - Epithélium sensoriel - Hypophyse- Epiderme, phanères - Glandes sous-cutanées - Glande mammaire - Email des dents - Médullo-surrénale

Mésoblaste	Squelette (os, cartilage) - Tissu conjonctif - Muscles (striés, lisses) - Système cardio-vasculaire et lymphatique, cellules sanguines- Reins, voies urinaires hautes - Appareil génital (gonades, voies génitales) - Péricarde, plèvre, péritoine - Rate - Cortico-surrénale
Endoblaste	Tube digestif (épithélium) - Foie, pancréas - Appareil respiratoire (épithélium) - Oreille moyenne, trompe d'Eustache - Thyroïde, parathyroïdes (parenchyme) - Thymus, amygdales (parenchyme) - Vessie, urètre (épithélium)

Chapitre. VII : La delimitation – annexes des oiseaux

1. La délimitation

La délimitation de l'embryon est le passage d'un disque triploblastique à un embryon sensiblement cylindrique. Trois plicatures permettent cette délimitation dans un plan transversal (plicature transversale) et dans un plan longitudinal (plicatures crâniale et caudale).

1.1. La plicature transversale

Il y a enroulement des bords latéraux du disque embryonnaire. Les bords du disque embryonnaire sont repoussés vers la face ventrale de l'embryon : les deux bords du disque embryonnaire se rejoignent sur la ligne médiane, et se soudent. L'embryon est entièrement entouré par l'ectoblaste, avec formation de l'ébauche du cordon ombilical (**Fig. 25**).

1.2. La plicature crâniale et caudale

Les extrémités de l'embryon s'enroulent ventralement et l'embryon adopte une forme en C. La région crâniale va prendre une position ventrale. La plicature caudale est un peu plus tardive : la région caudale va s'enrouler ventralement. En même temps que se termine la délimitation il se forme un arc maxillaire et un arc mandibulaire. Au 28^{ème} jour, les ébauches des membres se dessinent, les membres supérieurs avant les membres inférieurs.

Les placodes otiques et les placodes optiques apparaissent. La 5^{ème} semaine est marquée par la croissance de l'extrémité céphalique : la face est presque au contact de l'aire cardiaque. Les segments des membres se différencient. Au cours de la 6^{ème} semaine, la différenciation des segments des membres se poursuit et les sillons interdigitaux se dessinent. Pendant la 7^{ème} semaine, la tête s'arrondit et se redresse. A la 8^{ème} semaine, les différents segments des membres sont bien apparents (**Fig. 26**). L'embryon a un aspect véritablement humain.

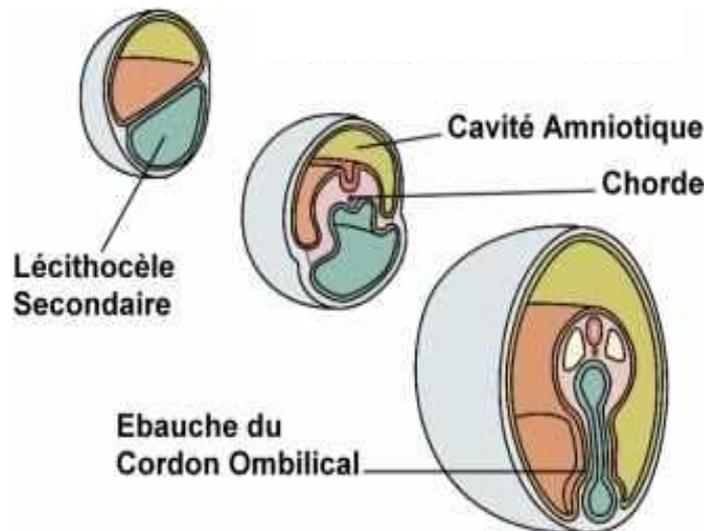


Figure 25. La plicature transversale

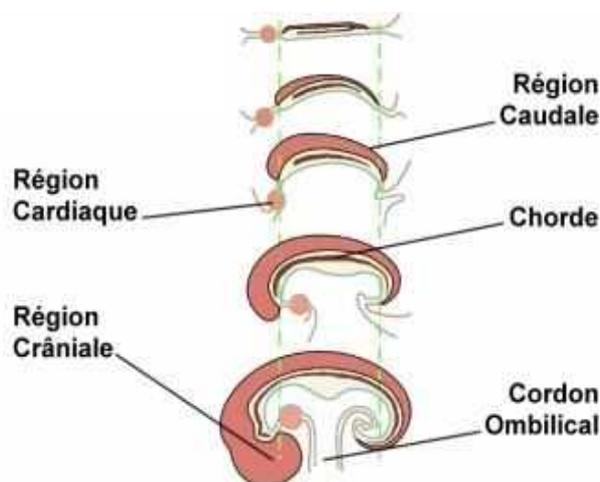


Figure 26. Les plicatures longitudinales

2. Annexes des oiseaux

Les annexes embryonnaires sont des formations d'origine ectoblastique, mésoblastique et endoblastique qui se développent à l'extérieur du corps de l'embryon, assurent sa protection, l'absorption des réserves, la respiration, l'élimination des déchets. Vers 20 à 24 heures d'incubation, le corps de l'embryon commence à se distinguer de la **masse vitelline (Fig. 27)**. Pendant ce temps, les feuilletts embryonnaires s'étendent hors du corps de l'embryon et vont continuer à former les annexes : **vésicule vitelline**, **amnios** et **allantoïde**. La cavité amniotique l'entoure alors complètement.

2.1. Vésicule vitelline

L'**endoblaste** va proliférer hors de l'embryon, et s'étaler à la surface du jaune afin de l'entourer complètement pour constituer la **vésicule vitelline**. La vésicule vitelline est richement vascularisée pour le transfert des réserves vers l'embryon.

2.2. Cavité amniotique

La cavité amniotique se forme à partir de 30 à 33 heures d'incubation. Cette cavité est entourée par une membrane : l'**amnios**, qui contient le **liquide amniotique** dans lequel baigne l'embryon durant tout son développement embryonnaire.

2.3. L'allantoïde

Elle provient de l'**endoblaste** et apparaît à 60 heures d'incubation. Sa croissance est rapide. L'allantoïde entoure l'amnios et la vésicule vitelline en refoulant l'albumen. L'embryon à 14 jours sera entouré d'une double enveloppe : l'amnios et l'allantoïde.

* L'allantoïde a plusieurs fonctions :

- **Respiratoire** : Permet les échanges respiratoires à travers la coquille.
- **Nutritive** : C'est un site d'absorption d'une partie des sels de Ca^{2+} de la coquille à laquelle il est accolé; ils sont utilisés notamment pour la formation du squelette.
- **Excrétrice** : L'allantoïde accumule les déchets éliminés par les reins.

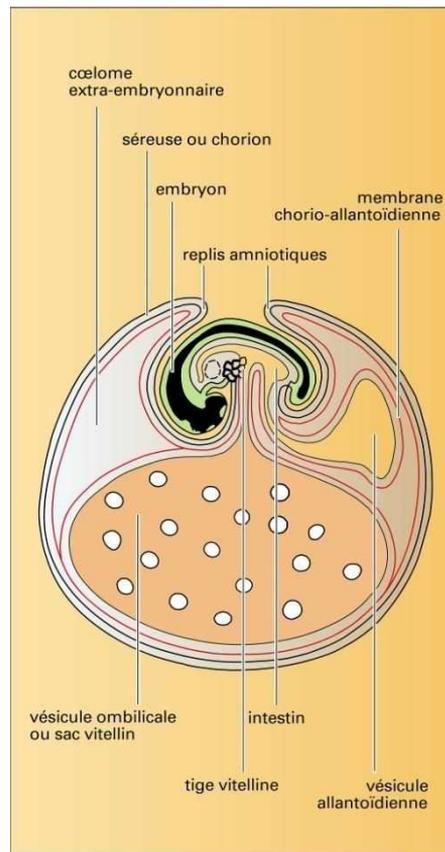


Figure 27. Les annexes embryonnaires des Oiseaux

Références

- Anonyme, 2018. Chapitre 7: La quatrième semaine du développement embryonnaire. <http://www.poly-prepas.com/images/files/La%204eme%20semaine%20de%20developpement.pdf>
 - Carlson, B, 2014. Human embryology and developmental biology. 5th ed. Philadelphia, Pa.: Elsevier/Saunders
 - Catala M, 2000. Chapitre 8 : l'appareil génital masculin, Embryologie Développement précoce chez l'humain. Paris. Masson
 - Dollander A., Fenart R, 1979. Eléments d'Embryologie (embryologie générale), Flammarion médecine-sciences, 4 rue casimir Delavigne 75006 Paris.
 - Encha. Razavi F, Escudier E. 2003. 3^{ème} édition. Chapitre 3 : Gamétogenèse, Embryologie humaine. Paris. Masson
 - Halter S, Reynaud K, Tahir Z, Thoumire S, Chastant-Maillard S , Saint-Dizier M, 2018. L'oviducte de mammifère un organe revisité. <https://www.researchgate.net/publication/251666238>.
 - Hennebicq S, 2012. Chapitre 2 : Ovogenèse, folliculogenèse, fécondation, cours UE2 : Histologie Biologie du développement et de la Reproduction. Université Joseph Fourier de Grenoble. http://unf3s.cerimes.fr/media/paces/Grenoble_1112/hennebicq_sylviane/hennebicq_sylviane_p02/hennebicq_sylviane_p02.pdf
 - Jean Foucrier, Michel Vervoort, Raphaël Franquinet, 2019. Atlas d'embryologie descriptive 4e ÉDITION ISBN 978-2-10-077953-6
 - Marie-Claire Orgebin-Crist, Liliane Boivineau, Y. De Fontaubert, 1962. Recherches expérimentales sur la durée de passage des spermatozoïdes dans l'épididyme du taureau. Annales de biologie 37 animale, biochimie, biophysique, 2 (1), pp.51-108. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal00896164>
 - Messala N., Dr Seddiki-Bougrassa D, 2017. La quatrième semaine du développement embryonnaire. Cours d'embryologie 1 ère année de médecine, Faculté de Médecine, Université d'Oran. http://www.facmed-univ-oran.dz/ressources/fichiers_produits/fichier_produit_1119.pdf
 - Moore, K., Persaud, T. and Torchia, M, 2015. The developing human. 10th ed. Elsevier."
 - Pedron P, Ttraxer O, Haab F, Farres M T, Tligui M, Thibault P, Gattegno B, 1997. Glandes de Cowper : aspects anatomique, physiologique et pathologique. Progrès en Urologie, 7, 563-569.
 - Saint-Dizier M , Chastant-Maillard S, 2014. Edition 4, Chapitre 5 : la spermatogénèse, la reproduction animale et humaine. Paris. INRA
 - Tachdjian G, Brisset S, Courtot A, Schoëvaërt D, Tosca L, 2016. Embryologie et histologie humaines. Elsevier Masson
- <https://www.universalis.fr/encyclopedie/embryologie/3-annexes-embryonnaires/>