

SUPPORT
PÉDAGOGIQUE



Université de
Larbi Ben M'hidi
Oum El-Bouaghi

EMBRYOLOGIE humaine



Elaboré par:

Dr. DJEMIL Randa



@djemilranda@yahoo.fr

Module : D'EMBRYOLOGIE HUMAINE

COURS

I. Introduction.

II. Les Appareils génitaux.

- L'appareil génital chez l'homme.

- L'appareil génital chez la femme.

III. La Gamétogénèse.

- Introduction. -

La spermatogénèse.

- L'ovogénèse.

IV. Le Cycle Menstruel.

V. La Régulation Hormonale.

VI. Le Développement Embryonnaire.

1- La 1ère semaine :

- Fécondation.

- Segmentation et migration tubaire.

2- La 2ème semaine :

- Pré gastrulation.

- Œuf humain de 8 jours.

- Œuf humain de 10 jours.

- Œuf humain de 13 jours.

- Œuf humain de 15 jours.

3- La 3ème semaine :

Gastrulation

. - Processus chordal.

- Formation des ébauches des annexes.

4- La 4ème semaine :

- Devenir de l'ectoblaste :
neurulation.

- Devenir de l'entoblaste :
Ebauchage du tube digestif primitif.

- Devenir de mésoblaste : métamérisation.

- Plicature de l'embryon.

- Evolution des trois feuilletts
embryonnaires.

VII. Le Placenta

VIII. Les Examens Embryonnaires.

IX. Tératologie Et Tératogénèse.

TRAVAUX DIRIGES :

I. Les Appareils Génitaux.

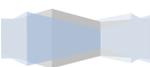
II. La Gamétogénèse.

III. Cycle Menstruel Et Régulation
Hormonale.

IV. Première Et Deuxième Semaines Du
Développement Embryonnaire.

V. Troisième Et Quatrième Semaines Du
Développement Embryonnaire.

VI. Placenta et Annexes Embryonnaires.



1-Quelques définitions

1-1.L'embryogenèse : désigne l'ensemble des étapes de développement qui permettent ainsi à un œuf fécondé (zygote) d'aboutir à un organisme pluricellulaire autonome. Ce développement se réalise dans un environnement protégé (au sein de l'organisme maternel chez les hommes).

1-2. l'embryologie causale ou expérimentale : étudie les mécanismes du développement et son déterminisme au niveau des structure et ultrastructure cellulaires et au niveau moléculaire

1-3. L'embryologie pathologique ou tératologie (teratos=monstre ; logos=étude) étudie les anomalies de l'embryon (malformations et monstruosités) dues à des facteurs tératogènes

1-4. L'embryologie comparée Il s'intéresse à l'étude de la différence et à la similitude du développement embryonnaire chez différents groupes d'animaux

1-5.Germe correspond aux premiers stades du développement tant que la forme externe est plus au moins sphérique. le germe ne présente aucune orientation (impossible de distinguer la région ventrale de la région dorsale et la région céphalique de la région caudale

1-6. Embryon est le stade à partir duquel apparait une forme très facile de distinguer l'orientation de l'embryon (région céphalique, une région caudale, une région dorsale et ventrale)



1-7. **Fœtus** est un mot latin synonyme du mot grec embryon cependant on ne l'emploie pour les mammifère que à partir que l'embryon prend la forme du nouveau né.

2- Les grandes lignes de développement

Le développement embryonnaire s comprend la succession de 04 phénomènes principale :

- **Fécondation** est l'union d'un gamète femelle (ovule) et d'un gamète mâle (spermatozoïde) Le résultat de cette union est un zygote ou un œuf fécondé
- **Segmentation** est une série de division mitotique (méiose) du la cellule œuf fécondé lui permettent de passage de l'état unicellulaire (zygote) a l'état pluricellulaire (embryon)
- **Gastrulation** est une ensemble de mouvement cellulaire qui se produise pour deux butes : La formation d'un tube digestif appelé « achontéron » Mise en place de trois feuilletts embryonnaire de base ; un feuillet externe (ectoderme), un feuillet interne (endoderme) et un feuillet moyen (mésoderme). Ces feuilletts sont l'origine de tous les tissus qui compose le corps.
- **Organogenèse** après la gastrulation Les mouvements morphogénétiques qui suivent la gastrulation mettent en place, selon le plan d'organisation de l'espèce, les ébauches d'organes qui se différencient.

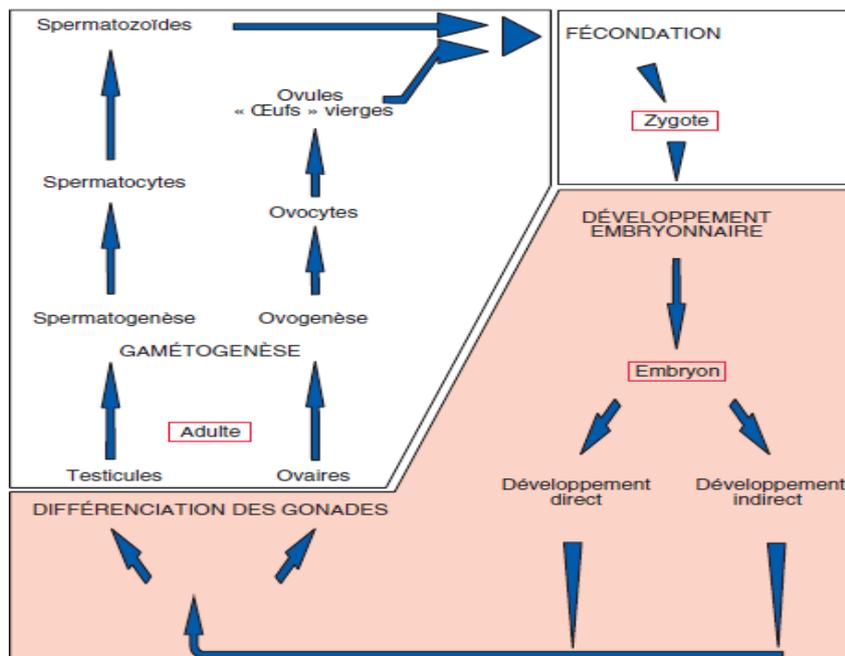
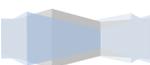


Figure 1. Les grandes lignes de développement de développement embryonnaire



Remarque 1. Avant d'étudier le développement embryonnaire, il est indispensable de définir les étapes de formation des cellules germinales (gamétogenèse)

3- Formation des cellules sexuelles

Cette étape est appelée « gamétogenèse », c'est la formation des gamètes mâle et femelle haploïde à partir de cellule germinale spécialisée diploïde. Elle se déroule dans les organes sexuels « les gonades ».

Si les gamètes formés sont des **spermatozoïdes** donc c'est la **spermatogenèse**, elle se déroule dans les gonades mâles appelées « testicules »

Si les gamètes formés sont des **ovocytes** donc c'est l'**ovogenèse**, elle se déroule dans les gonades femelles appelées « ovaire ».

Remarque 2. Pour passer de l'état diploïde à l'état haploïde, les cellules passent par une série de divisions appelée « méiose ».

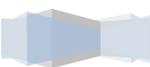
La division sexuelle (La méiose): La méiose est un phénomène unique de division cellulaire, propre à la **gamétogenèse**, au cours de laquelle elle joue un rôle capital en assurant la réduction du nombre de chromosomes et le brassage des informations génétiques maternelles et paternelles.

Elle peut être segmentée en deux divisions successives :

- La 1^{ère} division méiotique ou la **division réductionnelle** : pendant laquelle les **chromosomes homologues** de la cellule mère se séparent et se répartissent dans deux cellules filles (réduction du nombre des chromosomes de la moitié ; $2n \rightarrow n$). Cette phase passe par 5 étapes :

Prophase I . c'est l'étape la plus longue, elle se déroule en 5 stades (*leptotène, zygotène, pachytène, diplotène, diacynèse*), **Métaphase, Anaphase, Télophase, Intercinèse**.

- La 2^{ème} division méiotique ou la **division équationnelle** pendant laquelle les **chromatides** de chaque chromosome se séparent et se répartissent équitablement dans deux nouvelles cellules filles (le nombre des chromosomes reste préservé ; $n \rightarrow n$). Elle se déroule en 5 étapes **Prophase II, Métaphase II, Anaphase II, Télophase II, cytosinèse**.



En conclusion une cellule diploïde donne 4 cellules haploïdes.



Figure 2 : A Mitose * B . méiose



II. LES APPAREILS GENITAUX

1- L'appareil génital chez l'homme

L'appareil génital mâle est formé par un ensemble de structure anatomique qui participe aux fonctions de la reproduction. Il formé de 2 gonades, de voies génitales externes et internes et de glandes annexes.

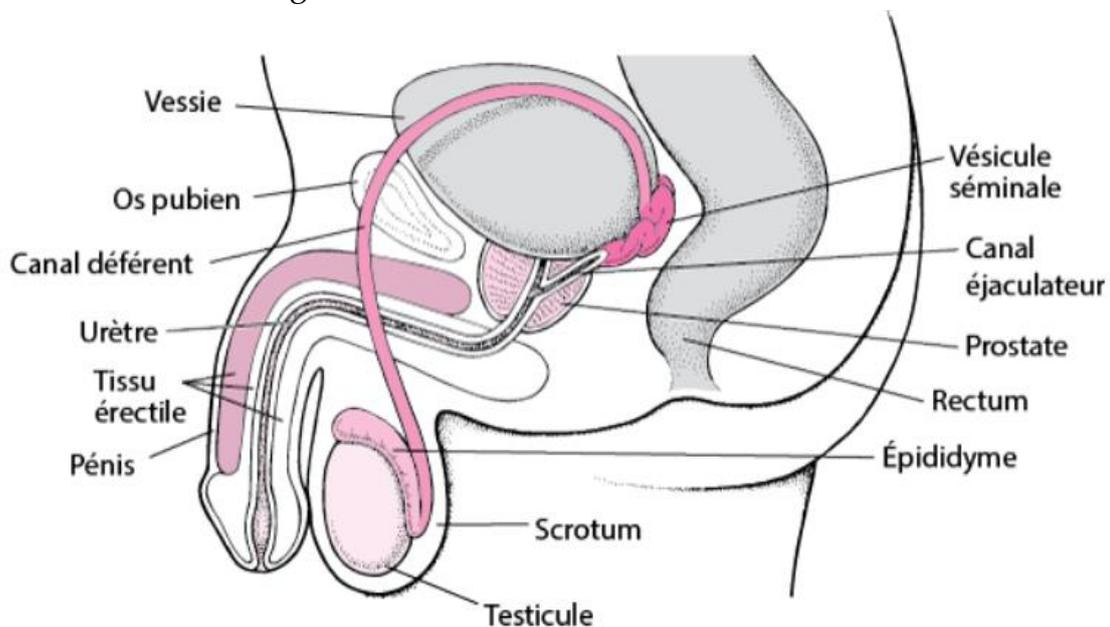


Figure 3. Appareil de reproduction masculin .coupe sagittale

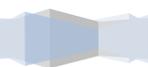
1-Anatomie de l'appareil reproducteur masculin

1-1 Les gonades

Elles sont constituées de **2 testicules**, de formes ovoïdes, coiffé par l'**épididyme** et logé dans le **scrotum** qui produisent :

- Les *gamètes* : les spermatozoïdes.

Les *hormones mâles* : les androgènes dont la **testostérone**

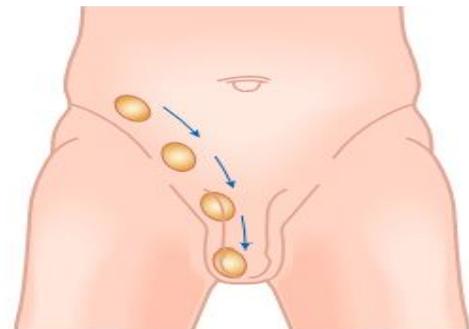


Les testicules contiennent des lobes chaque lobe contient des tubes regroupés sont les **tubes séminifères** qui sont le site de formation des spermatozoïdes : La **spermatogénèse**.

1-1-1 génialité

Ce sont des organes pairs situés dans le scrotum, Au terme de leur développement dans la cavité abdominale, les testicules migrent vers le canal inguinal

qu'ils franchissent entre le 5^{ème} et le 6^{ème} mois de la vie intra-utérine. Ils sont alors suspendus dans le *scrotum*, hors de la cavité abdominale, par le *cordon spermatique* au pôle supérieur et par le *gubernaculum testis* au pôle inférieur. Chaque testicule est revêtu par une enveloppe dérivant du péritoine, la *vaginale*. Chez l'homme adulte, chacun des testicules est ovoïde et mesure environ 4 cm de long, 3 cm d'épaisseur et 2,5 cm de largeur et pèse 10 à 15g.



Le trajet des testicules lors du développement fœtal chez le garçon.

Le bord postéro-supérieur est coiffé sur toute sa longueur par l'*épididyme*. Les tuniques qui ensèrent les testicules sont recouvertes par la peau du scrotum pigmentée et riche en follicules pileux, glandes sébacées et glandes sudoripares. Le scrotum joue un rôle important car permet de maintenir les testicules à une température inférieure (**environ de 2-3°**) à celle de la cavité abdominale, ce qui est essentiel au déroulement normal de la spermatogénèse.

1-1-2 la structure générale des testicules



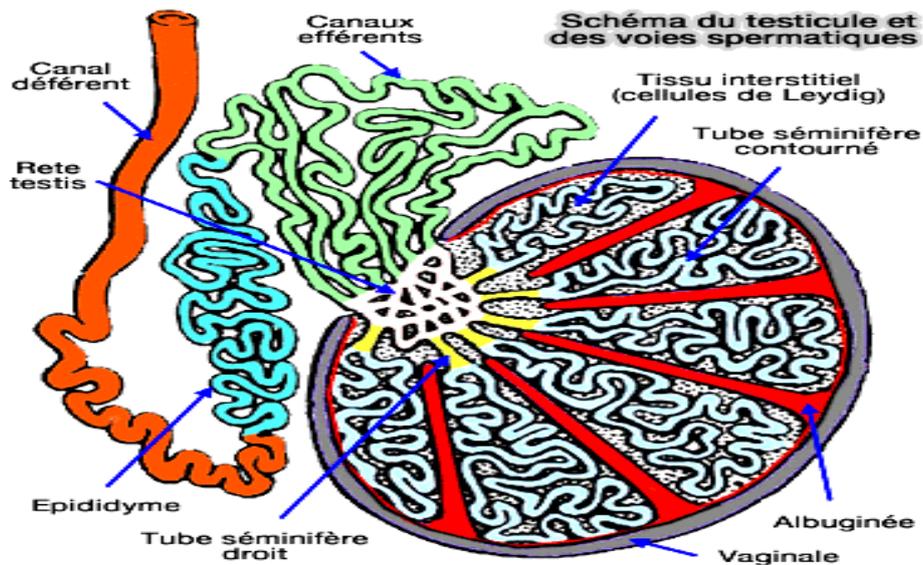
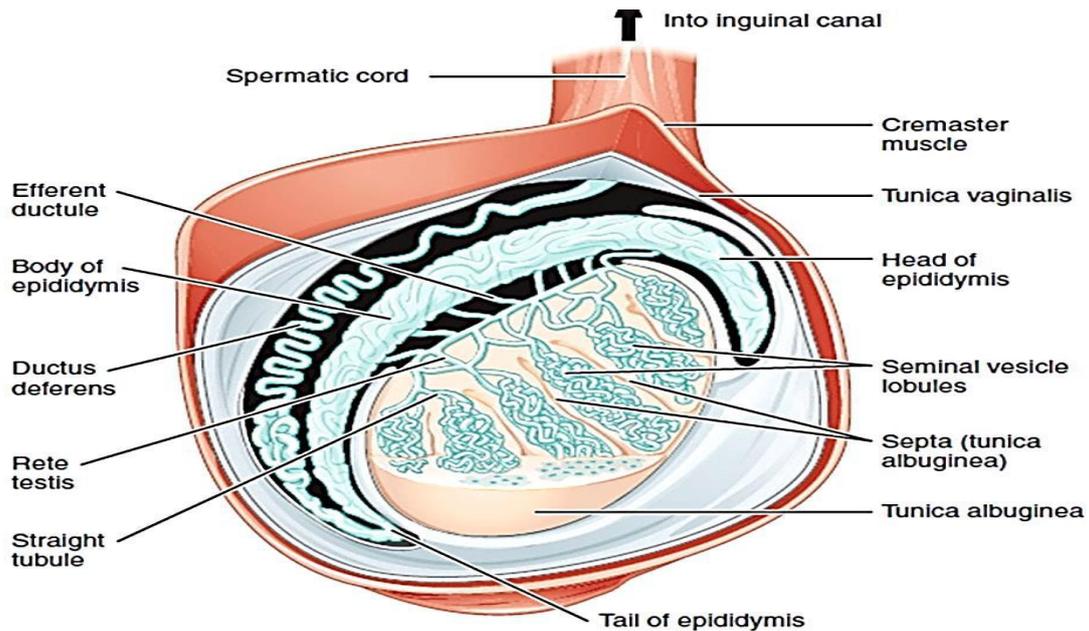
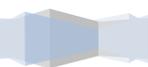


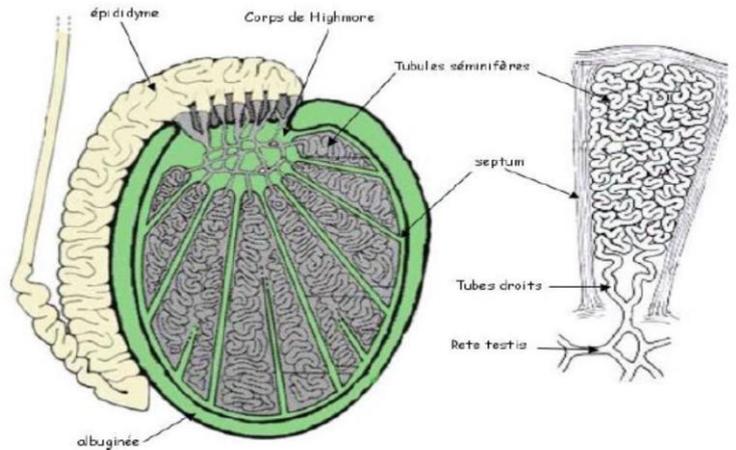
Figure 4 . Schéma d'un testicule humain

A- L'albuginée testiculaire

Chaque testicule est enveloppé par une membrane fibreuse ; fort ; résistante, d'un blanc nacré et qu'on nomme albuginée ; qui, en regard du pôle supérieur du testicule, possède un épaissement portant le nom de *corps de Highmore*.



De la face profonde de l'albuginée, se détachent des cloisons conjonctives, dirigées vers le corps de Highmore, qui délimitent 200 à 300 *lobules testiculaires*. Dans chaque lobule sont disposés 10 à 12 *tubes séminifères*, repliés sur eux-mêmes. Les tubes séminifères sont constitués par les cellules de *Sertoli* et les cellules *germinales*.



B- Les tubes séminifères

Le tube séminifère est limité par une gaine tubulaire mince formée de la lame ou membrane basale, de fibroblastes. La gaine tubulaire est appelée membrane propre du tube séminifère. Ces tubes sont entourés de tissu conjonctif et aussi de tissu interstitiel formé de *cellules de Leydig* qui sont des cellules endocrines sécrètent essentiellement de la *testostérone*; elles constituent la glande interstitielle du testicule. La paroi du tube séminifère est formée d'un épithélium comprenant deux types de cellules :

- Les cellules de la *lignée germinale* disposées sur 4 à 8 couches (spermatogonies)
- Les cellules de *Sertoli*, cellules hautes s'appuyant sur la membrane basale et atteignant

la lumière du tube par leur pôle apical. Elles soutiennent et nourrissent les spermatogonies et qui sont donc indispensables à la spermatogenèse.



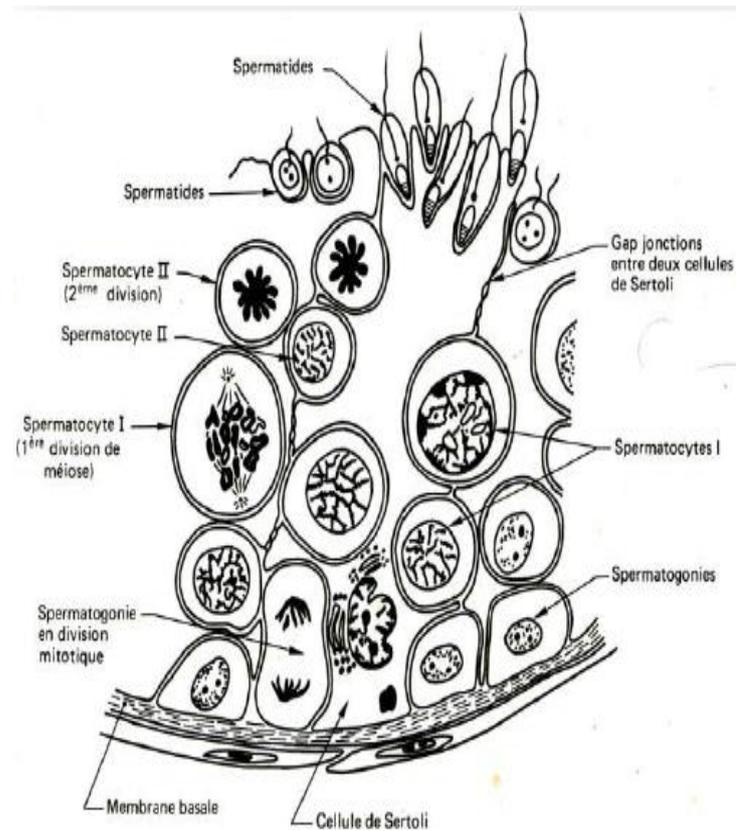
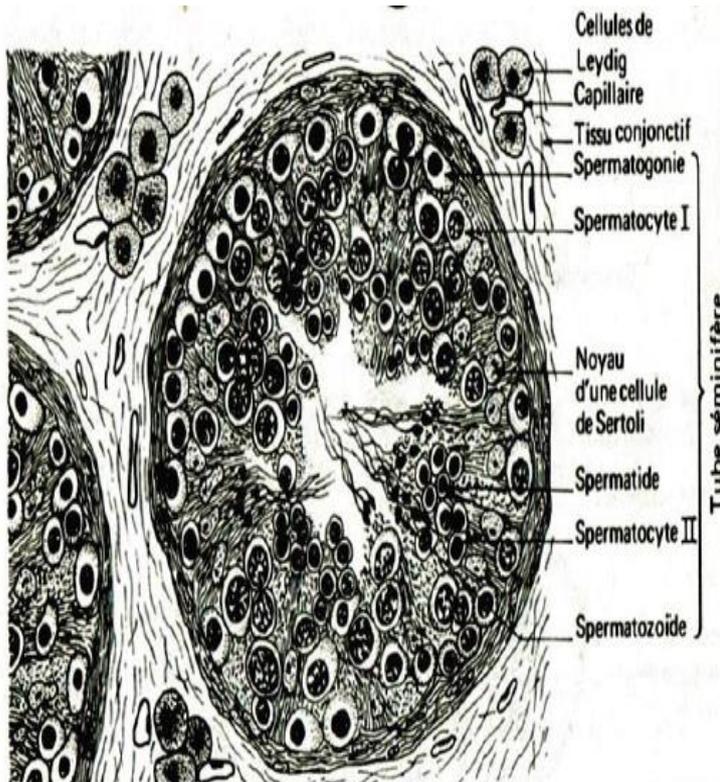


Figure 6. L'épithélium séminal.

1-1-2les cellules de la lignée germinale

Présente 33% du volume testiculaire, leur évolution au cours de la spermatogénèse se fait dans l'épaisseur de l'épithélium avec une migration de la périphérie vers la lumière du tube.

Elles comprennent successivement

- les cellules souches ou spermatogonies (Sg) : ce sont les plus périphériques. Elles se divisent en donnant d'une cellule évoluant vers le spermatogénèse.
- les spermatocytes primaires (SI), puis secondaires.
- les spermatides(SP)
- les spermatozoïdes (Spz)

1-1-2-Cellules de Sertoli

- Cellules de Sertoli : Les cellules de Sertoli sont des cellules cylindriques s'étendant de la lame basale jusqu'à la lumière du tube séminifère, Les membranes plasmiques apicales et latérales des cellules de Sertoli ont un contour irrégulier car elles forment des cryptes pour héberger les cellules spermatogènes en développement. Au niveau de leur domaine basolatéral,

-En microscopie électronique: on retrouve, Un cytoplasme pale, riche en organites (REG, REL, appareil de Golgi, mitochondries), microtubules, microfilaments. La présence de nombreux lysosomes, d'enclaves lipidiques, et de glycogène.

Différents types de différenciations de la membrane plasmique: jonctions communicantes, desmosomes, et des jonctions serrées qui entourent complètement les cellules dans leur Tiers inférieur.

R.. Histophysiologie: Le déclenchement de la spermatogenèse à la puberté ne peut avoir que si les cellules de Sertoli sont différenciées, elles assurent :

a. Le support, la **protection** et la **nutrition** des cellules germinales: la cellule de Sertoli assure:

- Elle assure des **cohésions** entre les éléments de la lignée germinale : d'actine (surtout au niveau des jonctions), des filaments intermédiaires filaments (vimentine). -La **protection** des cellules sexuelles contre agressions immunologiques qui sont situées dans le compartiment adluminal, en particulier en les isolant de la circulation et donc en les protégeant des cellules immunocompétentes

- La **nutrition**: Elle produise à partir du glucose, le lactate et le pyruvate, qui sont essentiel pour le développement et la différenciation des cellules.

b. La spermiation: sous la dépendance d'une protéase (activateur du plasminogène) sécrétée par la cellule.

c. La phagocytose: élimination des corps résiduels et des cellules de la lignée germinale dégénérées.

d. La sécrétion et la synthèse de substances dont: -Un liquide tubulaire (transport des spermatozoïdes). -L'inhibine et l'activine. -Des facteurs de croissances. -l'ABP ou Androgen Binding Protein assurant le transport de la testostérone vers les cellules germinales et la lumière du tube séminifère.

e. l'AMH est produite par les cellules de Sertoli dès la différenciation de la gonade, puis pendant toute la vie foetale et ce jusqu'à la puberté.

-L'inhibition de la synthèse de l'AMH au moment de la puberté est essentiellement due à l'augmentation de la concentration de testostérone dans le testicule, et dans une moindre mesure, à l'entrée en méiose des spermatocytes qui bloque la synthèse d'AMH dans les tubes séminifères.

NB : La FSH a un effet inverse, elle stimule la transcription de l'AMH, mais son action n'est visible que si l'effet contraire des androgènes est annulé, par exemple en cas d'insensibilité aux androgènes

f. la stéroïdogénèse: elle est capable de métaboliser la testostérone à partir de l'androstènedione et de la convertir en œstradiol.



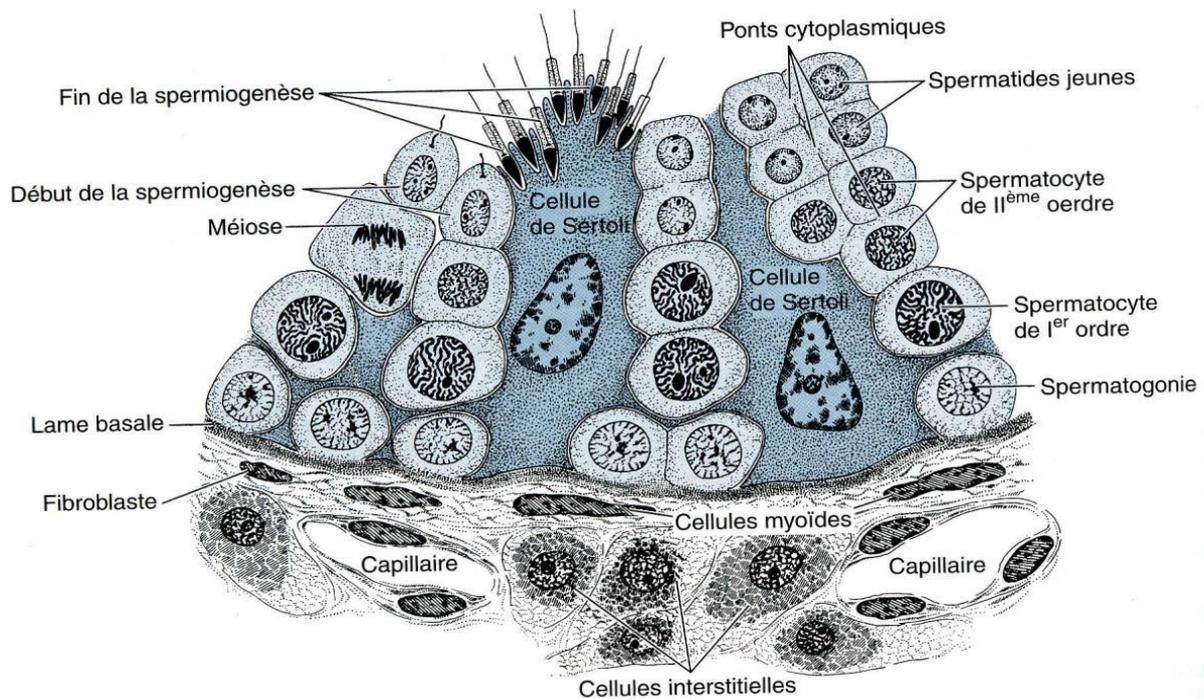


Figure 7 : les cellules de Sertoli et cellules germinales.

2. Les voies génitales (Le canal déférent)

Long de 45 cm environ, prolonge celui de l'épididyme et assure le transit des Spermatozoïdes jusqu'à l'urètre.

2.1- Le **canal de l'épididyme** : coiffe le testicule et présente à partir du pôle supérieur trois parties d'épaisseur décroissante : la tête, le corps et la queue Il permet la maturation et le stockage des spermatozoïdes. .

2.2- Le **canal déférent** fait suite aux canaux de l'épididyme. Il passe derrière la vessie pour se rejoindre au niveau de la prostate et de la vésicule séminale.

2.3- L'**urètre** : canal commun pour l'évacuation du sperme et de l'urine.

3. Les glandes annexes

3-1- **Les glandes séminales** , deux glandes débouchent dans la portion terminale du canal déférent, une de chaque côté, le rôle de cette glande c'est la fourniture de fructose pour la nourriture des spermatozoïdes éjaculés .

3-2- **La prostate** : entoure complètement l'urètre elle sécrète un liquide clair et alcalin qui neutralisé la sécrétion acide de vagin et déclenche la coagulation grâce à laquelle le sperme reste dans le voie génitale femelle après l'éjaculation.

3.3- **Les glandes bulbo-urétrales** (glande de Cowper) débouchent dans l'urètre, une de chaque côté, libèrent un mucus avant le sperme dont le rôle est de nettoyer l'urètre de l'acidité de l'urine avant le passage du sperme.

II . LES APPAREILS GENITAUX

2. L'appareil génital chez la femme

L'appareil génital femelle est constitué par deux gonades (ovaires) et par le tractus génital : trompe de Fallope ou oviducte, utérus, vagin

l'appareil génital femelle est constitué de trois sections

- ✓ Section glandulaire : comportant deux gonades : les ovaires.
- ✓ Section tubulaire ou voies génitales, constituée par : les oviductes qui captent l'ovule et si il y'a fécondation, conduisent l'ovule fécondé ou oeuf à l'utérus.
- ✓ Section copulatrice : comprenant le vagin et la vulve

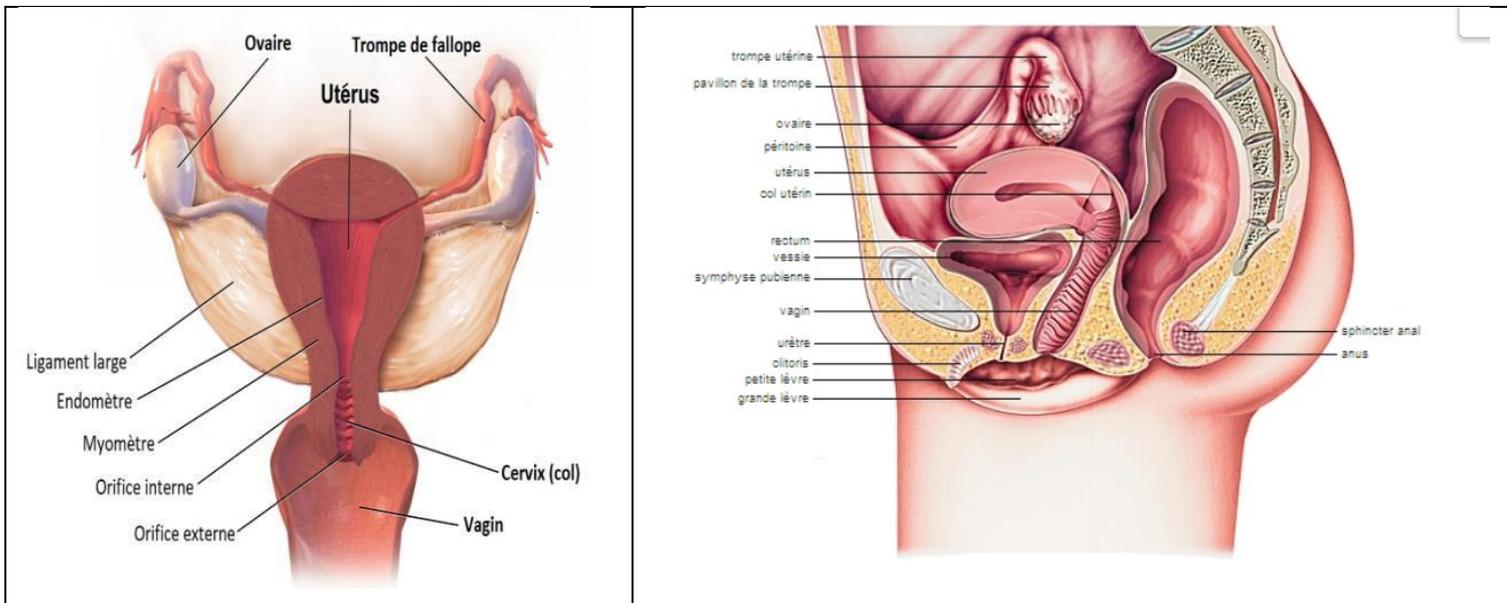


Figure8. Appareil reproducteur féminin

2.1. Les gonades

Elles sont formées de 2 **ovaires** intra-abdominaux, situés de part et d'autre de l'utérus auquel ils sont fixés par des ligaments. Ils produisent des ovocytes et des hormones sexuelles féminines : œstrogènes et progestérone.

Sur une coupe longitudinale de l'ovaire présent 2 zones : .

- une **zone corticale** : centrale et très vascularisée, qui a un rôle **endocrine**.
- une **zone médullaire** : périphérique. Elle contient les **follicules** en formes de sacs arrondis. Les follicules assurent le développement progressif de l'ovocyte. Lorsque le follicule est mûr, il libère l'ovocyte et forme le corps jaune.

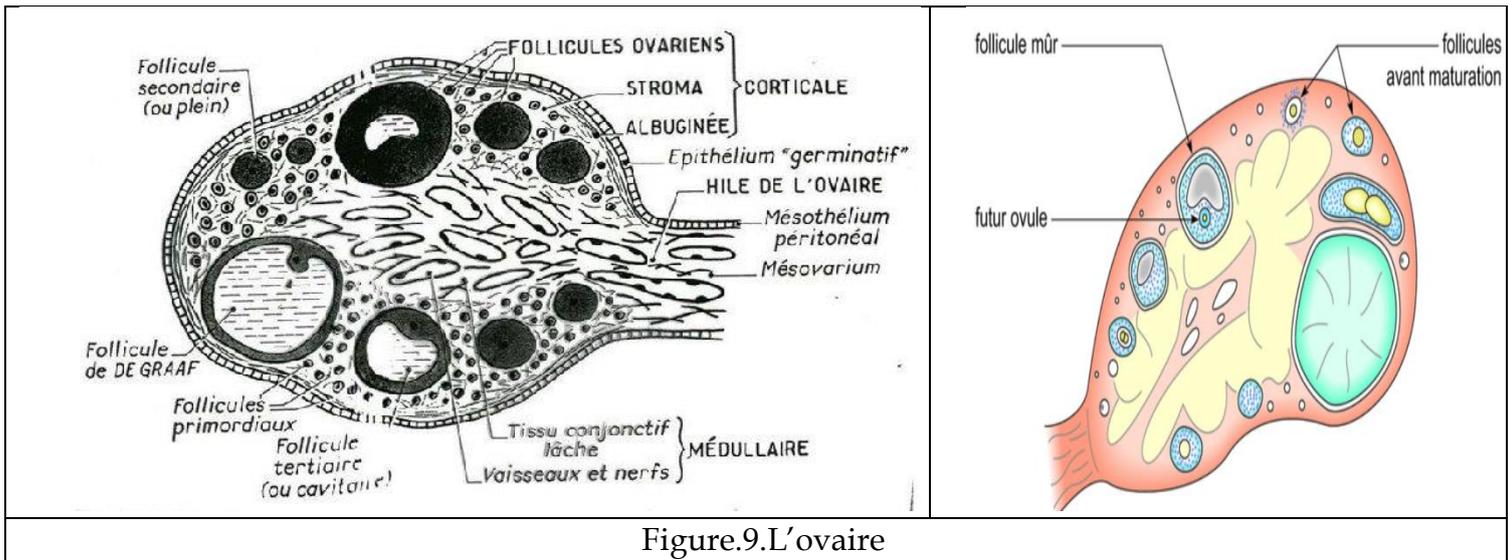


Figure.9.L'ovaire

2.2 Les voies génitales

Les trompes de Fallope : sont deux conduits étroits d'environ 10 cm, qui partent du fond de l'utérus pour se diriger vers chaque ovaire sans cependant entrer directement en contact avec eux. La partie des trompes près de l'ovaire s'élargit pour former un cône frangé, le pavillon. Au moment de l'ovulation, les franges viennent saisir l'ovule pour l'aider à passer dans le pavillon. Puis l'ovule remonte la trompe jusqu'à l'utérus. Les trompes sont le lieu où l'on peut effectuer aussi la stérilisation de la femme; cette opération s'appelle ligature des trompes. La trompe est constituée de quatre portions: le pavillon, l'ampoule, l'isthme et la portion interstitielle

-Le **vagin** :est un conduit musculéux, de 6 à 10cm de long. Dans sa partie supérieure, il débouche au niveau du col de l'utérus, et dans la partie inférieure, il s'ouvre vers l'extérieur au niveau de la vulve. Ce vagin sécrète l'acide lactique pour se protéger contre les infections.

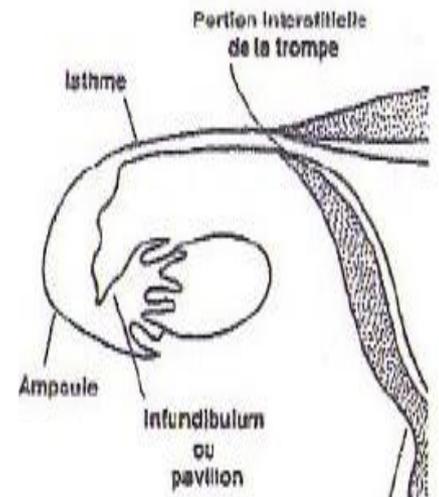


Figure10..trompe de Fallope

L'utérus : . Utérus L'utérus est un organe creux d'environ 7,5 cm de longueur et 5 cm de largeur, en forme de poire renversée, situé au-dessus de la vessie et solidement ancré par des ligaments. L'utérus se divise en trois parties : le fond d'où partent les deux trompes, le corps, partie supérieure fortement musculée et capable d'augmentation de volume important pendant la gestation et le col, partie plus étroite qui fait saillie dans le vagin et qui sécrète un mucus appelé la glaire cervicale. L'orifice du col est une petite ouverture qui permet l'entrée des spermatozoïdes dans l'utérus, la sortie du sang menstruel et qui peut s'agrandir à plus de dix

centimètres lors de l'accouchement. C'est dans le corps de l'utérus que s'implante l'œuf fécondé et que se formera par la suite le placenta qui assure les échanges entre le fœtus et le corps de la mère. La paroi utérine comporte 3 tuniques: - la muqueuse (endomètre) comporte un épithélium simple prismatique avec des cellules ciliées et des cellules sécrétrices - la musculuse (myomètre) Constitué de faisceaux de fibres musculaires lisses. - la séreuse de nature conjonctivo-élastique.

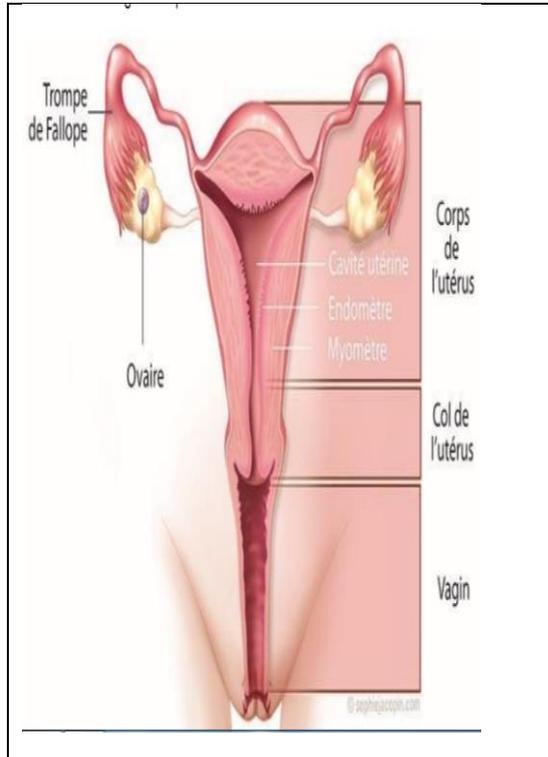


Figure11. Les parties de l'utérus

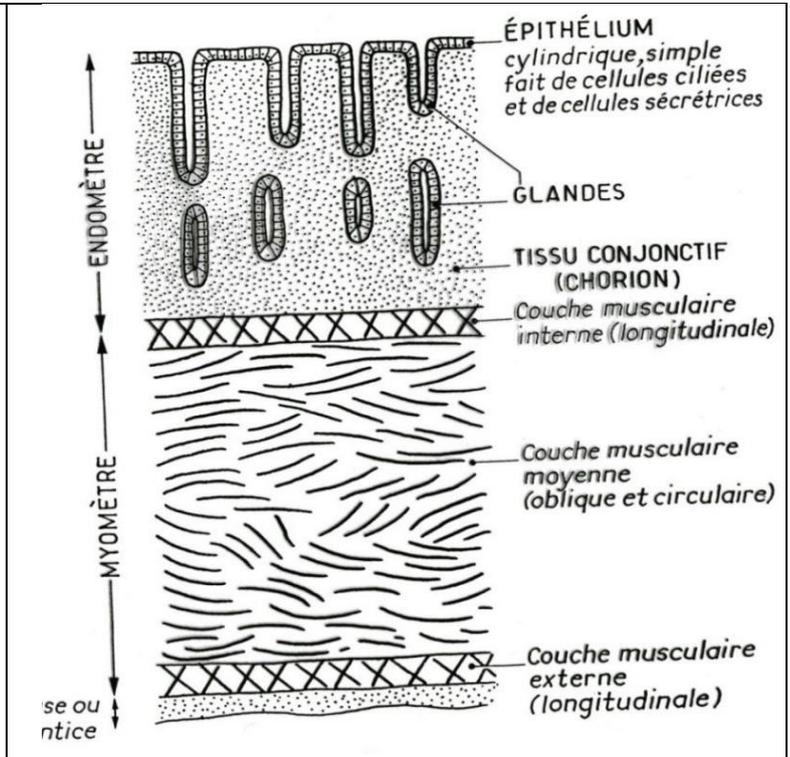


Figure12. La structure histologique de l'utérus

2.3. Les organes génitaux externes

La partie externe est la vulve et comporte :

2.1.1. Grandes lèvres : deux replis de peau généralement plus pigmentée que le reste du corps et recouverts de poils à partir de la puberté. Elles recouvrent l'ouverture des conduits urinaire et vaginal.

2.1.2. Petites lèvres : deux replis cutanés de couleur rosacée, se situant à l'intérieur des grandes lèvres. Elles gonflent et rougissent par afflux de sang lors de stimulations sexuelles. Elles contiennent deux ouvertures: l'une minuscule, l'urètre pour évacuer l'urine, l'autre qui correspond à l'entrée du vagin.

2.1.3. Hymen : c'est une petite membrane qui ferme partiellement l'orifice vaginal, à 1 cm environ de l'entrée de celui-ci. L'obturation n'est que partielle pour permettre l'écoulement des règles. L'hymen n'a aucune utilité physiologique : il s'agit du vestige embryonnaire de la membrane qui sépare à l'origine les deux parties du vagin d'origine embryonnaire différente. ferme en partie l'entrée du vagin. C'est une mince membrane qui peut rendre le premier rapport sexuel plus ou moins douloureux et même provoquer un écoulement sanguin lorsqu'il est perforé.



2.1.4. Clitoris : petit bourgeon de tissu externe, l'équivalent du gland du pénis. Il est situé à la jonction des petites lèvres vers l'avant et recouvert d'un capuchon (équivalent du prépuce), formé en partie par les petites lèvres.

2.1.5. Glandes de Bartholin : au nombre de deux, situées de part et d'autre de l'orifice vaginal, sécrètent quelques gouttes d'un liquide lubrifiant au moment de l'excitation sexuelle. Elles sont l'équivalent des glandes de Cowper de l'homme.

III. La Gamétogénèse.

1-La spermatogénèse.

- Introduction

C'est un processus cellulaires qui produisent des cellules sexuelles (les gamètes) chez les deux sexes (l'ovogénèse chez la femelle et la spermatogénèse chez le mâle). Elle concerne une lignée cellulaire particulière ; la lignée germinale (les cellules germinales = les cellules souches).

La gamétogénèse se déroule dans les glandes génitales, ou les gonades ; les testicules chez le sexe masculin et les ovaires chez le sexe féminin. Ces gonades peuvent avoir un rôle des glandes endocrines (glandes endocrines = glandes à sécrétion dans le sang), d'où leurs nomination « glandes génitales ». Elles sécrètent les hormones sexuelles. C'est le cas chez les vertébrés.

1. Les étapes de la gamétogénèse

Les gonades sont formées de :

- *Des cellules somatiques* assurant la nutrition des gamètes.

- *Des cellules germinales (gonocytes primordiaux =les cellules mères).* qui vont donner ndans les deux sexes les gamètes les stades communs à la spermatogenèse et à l'ovogenèse de toute espèce :

1. *phase de multiplication* les cellules germinales se divisent par mitoses et augmentent leur nombre, puis les divisions cessent.

2. *phase d'accroissement* c'est l'augmentation de volume de cellule germinale

3. *phase de maturation:* marquée par la méiose. Pendant cette phase se produit aussi une cyto-différenciation conduisant à la formation de gamètes fonctionnels mâle: spermatozoïde, et femelle: œuf.



1. GENERALITE

C'est l'ensemble des phénomènes de division et de différenciation aboutissant à la formation du spermatozoïde (cellule germinale mature).

- chez le mâle à partir des cellules souches appelées : les spermatogonies.
- Elle est déclenchée à la puberté par les hormones hypophysaires sous influence de l'Hypothalamus
- Elle est permanente et non cyclique comme l'ovogenèse.

Les spermatozoïdes sont fabriqués en millions par jour. Elle se déroule dans les glandes génitales mâles ; les testicules, plus précisément dans les tubes séminifères

2- Les Etapes de la spermatogenèse

La spermatogenèse se déroule dans les tubes séminifères et comporte 3 étapes :

La phase de multiplication

- Les spermatogonies sont les seules cellules qui existent dans les tubes séminifères pendant la période pré-pubaire
- A partir de la puberté, les spermatogonies commencent à se diviser par mitose pour augmenter leur nombre
- Chez l'homme, les cellules souches de réserve sont plaquées contre la lame basale du tube et constituent les spermatogonies Ad (d pour « dense » ou « dark »), Par division, elles donnent naissance à des spermatogonies Ap (p pour « pale ») et/ou des spermatogonies Ad
- Les spermatogonies Ap prolifèrent un nombre limité de fois et donnent des cellules de transit engagées dans la différenciation spermatogénétique. Chacune de celles-ci donne deux spermatogonies B qui en se divisant seront à l'origine des spermatocytes I.

La phase d'accroissement

Après la dernière division mitotique, les **spermatogonies B** entrent en division méiotique. Pendant l'interphase I, les cellules germinales dupliquent leur ADN, augmentent leur taille et deviennent des **spermatocytes I** qui sont en prophase de méiose



3.3 La phase de maturation

- Après la première division de méiose, les 2 **spermatocytes II**, haploïdes, de taille deux fois plus réduite, se divisent rapidement en 4 **spermatides**.
- Elles subissent une série de transformations pour former les **spermatozoïdes** : celle-ci constitue la spermiogenèse qui s'achève près de la lumière des tubes qui contient les spermatozoïdes mûrs libérés des cellules de Sertoli.

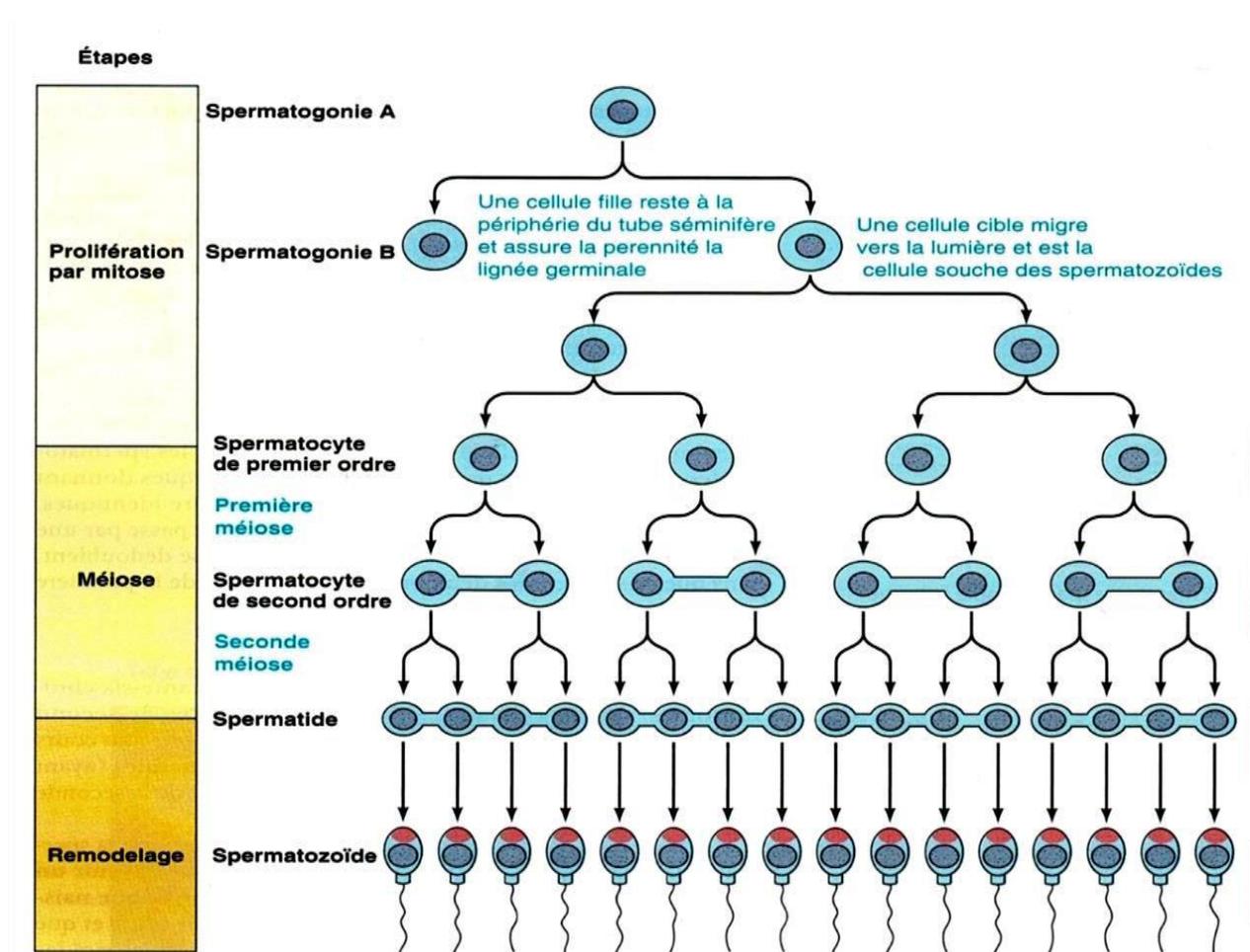


Figure 13. les étapes de spermatogenèse

3.4. La spermiogenèse

- Les 4 spermatides sont des cellules haploïdes qui vont subir uniquement un processus de différenciation cellulaire, ou spermiogenèse, pour donner des spermatozoïdes. Il n'y a en effet plus de division cellulaire pendant la spermiogenèse.
- La spermiogenèse est l'ensemble des transformations que subit la spermatide pour

donner le spermatozoïde. (par perte de cytoplasme et développement du flagelle)

- au cours de cette transformation on assiste au passage d'une cellule arrondie et immobile en un spermatozoïde, allongé et très mobile, hautement différencié dans le sens de l'aptitude morphologique à la fécondation.

Quatre événements caractérisent la spermiogénèse : la condensation du noyau, la formation de l'acrosome, le développement du flagelle et de la pièce intermédiaire, la résorption du surplus cytoplasmique.

la condensation du noyau : Elongation du noyau, les protéines d'histone de la chromatine sont éliminées et remplacées par des protéines riches en **arginine** (les protamines), ces protéines contribuent à la stabilisation de l'ADN.

la formation de l'acrosome : Au début de la spermiogénèse, le dictyosome migre au pôle antérieur du noyau, des granules apparaissent dans les **vésicules golgiennes**, puis ces vésicules confluent pour former la vacuole acrosomiale à l'intérieur, la vacuole s'étale ensuite et recouvre progressivement la moitié antérieure de la surface du noyau, à ce stade porte le nom de capuchon céphalique, capuchon acrosomial ou **encore acrosome**.

le développement du flagelle et de la pièce intermédiaire : Au pôle opposé du noyau, se situent les centrioles proximal et distal, ce dernier sert de base au flagelle caractérisé par la convergence des mitochondries vers la base du flagelle qui sont accolées autour de lui en s'allongeant en une spirale continue appelée manchon mitochondrial

la résorption du surplus cytoplasmique. : Glissement de la masse cytoplasmique vers la partie postérieure de la cellule, à la manière d'un écoulement sur le pourtour du noyau, ne laissant persister finalement autour du capuchon céphalique et du noyau qu'une très mince couche de cytoplasme, et élimination du corps résiduel.



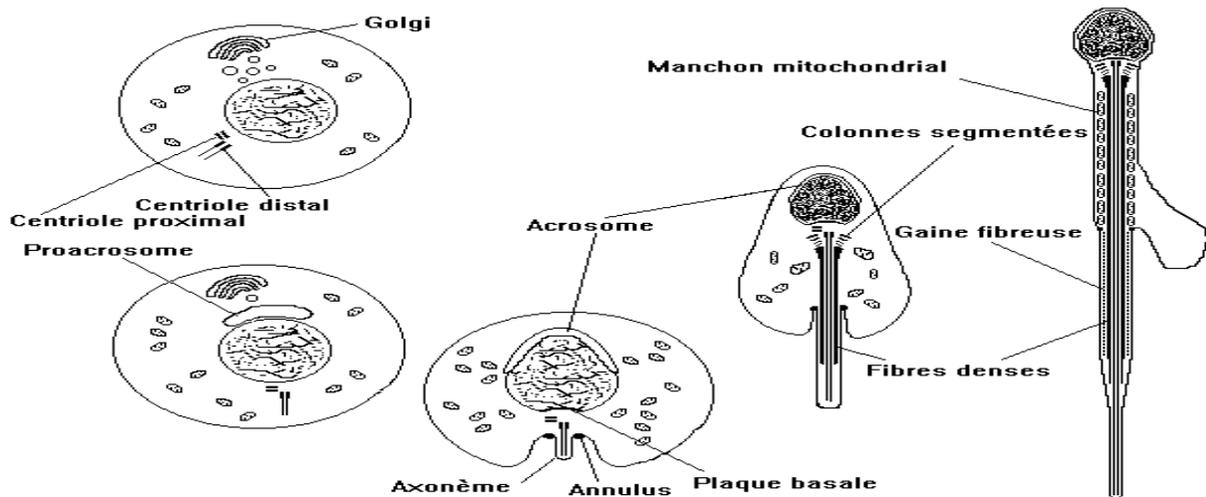


Figure14. Les étapes de spermiogènèse

4. Structure du spermatozoïde

Le spermatozoïde humain mesuré environ 60μ de long et peut être divisé en 5 parties:

- **La tête:** (8 à 10μ de long) en forme de spatule, l'acrosome coiffe les 2/3 antérieurs du noyau et contient de nombreuses enzymes (notamment l'hyaluronidase qui facilite la pénétration du spermatozoïde dans l'ovule).
- **Le cou:** (1μ de long) étroite constriction comprenant le centriole proximal.
- **La pièce intermédiaire:** (4 à 5μ de long) s'étend du centriole distal au disque terminal, elle comprend le flagelle en position axiale avec ces $9 + 1$ doublets, et l'hélice mitochondriale, interviennent dans la motilité du flagelle.
- **La pièce principale:** partie la plus longue du spermatozoïde (40 à 50μ de long) contient la spermosine peu différente de la myosine et la flactine semblable à l'actine, elle contient également l'ATP permettant l'utilisation de l'énergie.
- **La pièce terminale:** (5 à 10μ de long) est uniquement constituée des tubules de flagelle



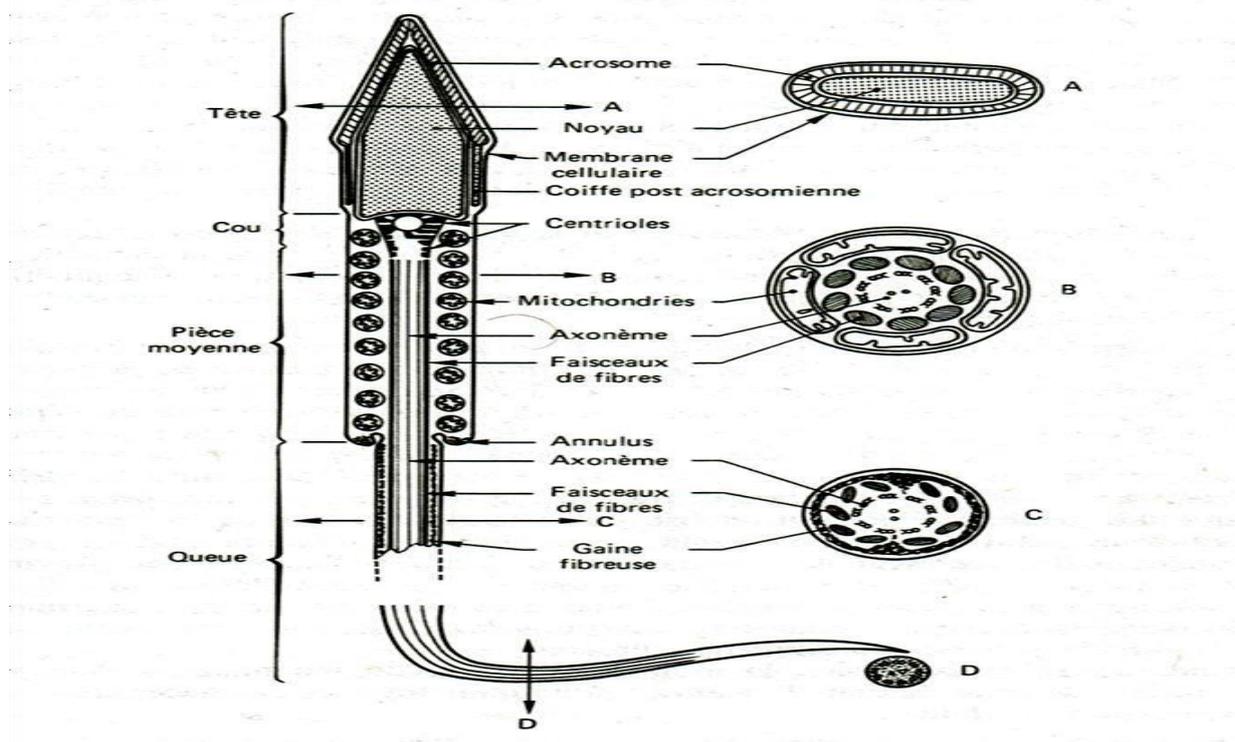


Figure 15. Ultra structure d'un spermatozoïde humain

5. maturation des spermatozoïdes

Lorsque la spermiogenèse est terminée, chaque cellule spermatique est libérée par les cellules de Sertoli dans la lumière du tube séminifère par un processus appelé **spermiation**. Les spermatozoïde migre le long du tube vers le rete testis et dans la tête de l'épididyme. Les spermatozoïdes qui quittent le tube séminifère sont immatures: ils ne sont capables ni de féconder un ovule, ni de se déplacer. Les spermatozoïdes libérés dans la lumière du tube séminifère sont en suspension dans un liquide produit essentiellement par les cellules de Sertoli. En raison de légères modifications du milieu ionique du rete testis, du sperme concentré en suspension dans ce liquide s'écoule en permanence depuis les tubes séminifères jusque dans l'épididyme par les canaux efférents. L'épididyme est un tube unique très enroulé



(5 à 6 mètres de long) dans lequel les spermatozoïdes séjournent 12 à 21 jours (chez l'homme). Dans l'épididyme, les spermatozoïdes acquièrent progressivement leur motilité et leur pouvoir fécondant, peut-être en raison d'un changement de nature du liquide contenant la suspension qui se trouve dans l'épididyme. C'est-à-dire que, au fur et à mesure que les cellules mûrissent, l'épididyme absorbe les composants du liquide contenant les sécrétions des cellules de Sertoli (la protéine liant les androgènes, par exemple), ce qui augmente la concentration en spermatozoïdes. L'épididyme apporte également ses propres sécrétions au liquide, dont la glycérylphosphorylcholine et la carnitine, qui sont des substances chimiques.

La morphologie du spermatozoïde continue de se transformer dans **l'épididyme**. La gouttelette cytoplasmique est éliminée et le noyau du spermatozoïde se condense encore plus. Si l'épididyme est le principal réservoir de stockage des spermatozoïdes jusqu'à l'éjaculation, environ 30% des spermatozoïdes d'un éjaculat étaient stockés dans le canal déférent. Des éjaculations fréquentes accélèrent le passage du sperme dans l'épididyme et peuvent augmenter le nombre de spermatozoïdes immatures (stériles) dans l'éjaculat

A la fin de la spermatogenèse la membrane du spermatozoïde présente des molécules intervenant dans la fixation du gamète mâle à la zone pellucide. Ces molécules deviennent fonctionnelles seulement après la traversée de l'épididyme.

La maturation des spermatozoïdes s'achève dans les voies génitales femelles grâce :

- **Capacitation.**

- **Réaction acrosomique.**

L'ovogénèse

L'ovogénèse correspond à un ensemble de phénomènes qui conduit à la formation de cellules aptes à être fécondées, les « ovules ». Elle se déroule dans les ovaires « gonades femelles » et s'achève lors de la fécondation.

L'ovogénèse comprend les phases de multiplication, d'accroissement et de maturation. La phase d'accroissement et le début de la maturation s'effectuent à l'intérieur du follicule ovarien et sont liées à l'évolution de ce follicule

1-Les phases de l'ovogénèse

1.1.Phase de multiplication: Elle intéresse les ovogonies, cellules souches diploïdes et elle est caractérisée par une succession de mitoses qui va aboutir à la formation d'ovocytes I (de premier ordre), également diploïdes. Cette phase a lieu, chez la femme, au cours de la vie embryonnaire et fœtale. Les ovogonies sont observées dans

la zone corticale de l'ovaire embryonnaire, ont une forme sphérique et sont de petite taille (15µm), dégénèrent, pour la plupart, vers le 7ème mois de la vie intra-utérine (atrésie), donnent des ovocytes I (2n chromosomes, 2q ADN), cellules plus grandes (20 à 40 µm), qui immédiatement après leur formation s'entourent de cellules folliculaires et d'une membrane périphérique qui les sépare du reste du stroma ovarien, l'ensemble désignant le follicule primordial, ensuite elles amorcent la première division de méiose, laquelle se bloque au stade de prophase. L'ovocyte entre alors dans un état quiescent dans lequel il peut demeurer pendant de nombreuses années (ovocyte I bloqué en prophase de première division de méiose jusqu'à la puberté). Ainsi, à la fin de cette phase de multiplication (naissance), un stock non renouvelable d'ovocytes I (environ un million) est constitué, contenu chacun dans un follicule primordial.

1.2.Phase d'accroissement: cette phase commence à la vie embryonnaire et s'achève lors de chaque cycle menstruel, et plus tard, la ménopause correspond à l'interruption définitive de l'ovogenèse et des cycles sexuels, au cours de la phase d'accroissement le diamètre de l'ovocyte humain passe de 30 à 140 µ environ, les mitoses cessent, les ovogonies deviennent des ovocytes I, ces ovocytes I vont rester ainsi bloqué jusqu'au début de la phase de maturation (chez la femme 10 à 12 ans au moins et 45 à 50 ans au plus).

Les follicules primordiaux régressent en grand nombre entre la naissance et la puberté

- il en restera seulement 400 000 au moment de la puberté ;
- moins de 500 se développeront jusqu'à l'ovulation au cours de la vie génitale de la femme.

1.3. Phase de maturation: Chaque mois, au moment de l'ovulation, l'ovocyte I (2n chromosomes, 4q ADN) achève la première division de la méiose et donne un ovocyte II (n chromosomes, 2q ADN) avec émission du 1er globule polaire. Immédiatement après, commence la 2ème division de méiose. Mais le processus se bloque encore une fois (en métaphase de 2ème division de méiose) 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 au bout de 24 heures. s'il y a fécondation, l'ovocyte II achèvera sa maturation et se transformera en ovule mûr(ovotide) avec émission du 2ème globule polaire.

NB. La méiose d'ovogenèse présente 3 particularités.

Blocage en prophase I Arrêt en

métaphase II

Inégalité des divisions



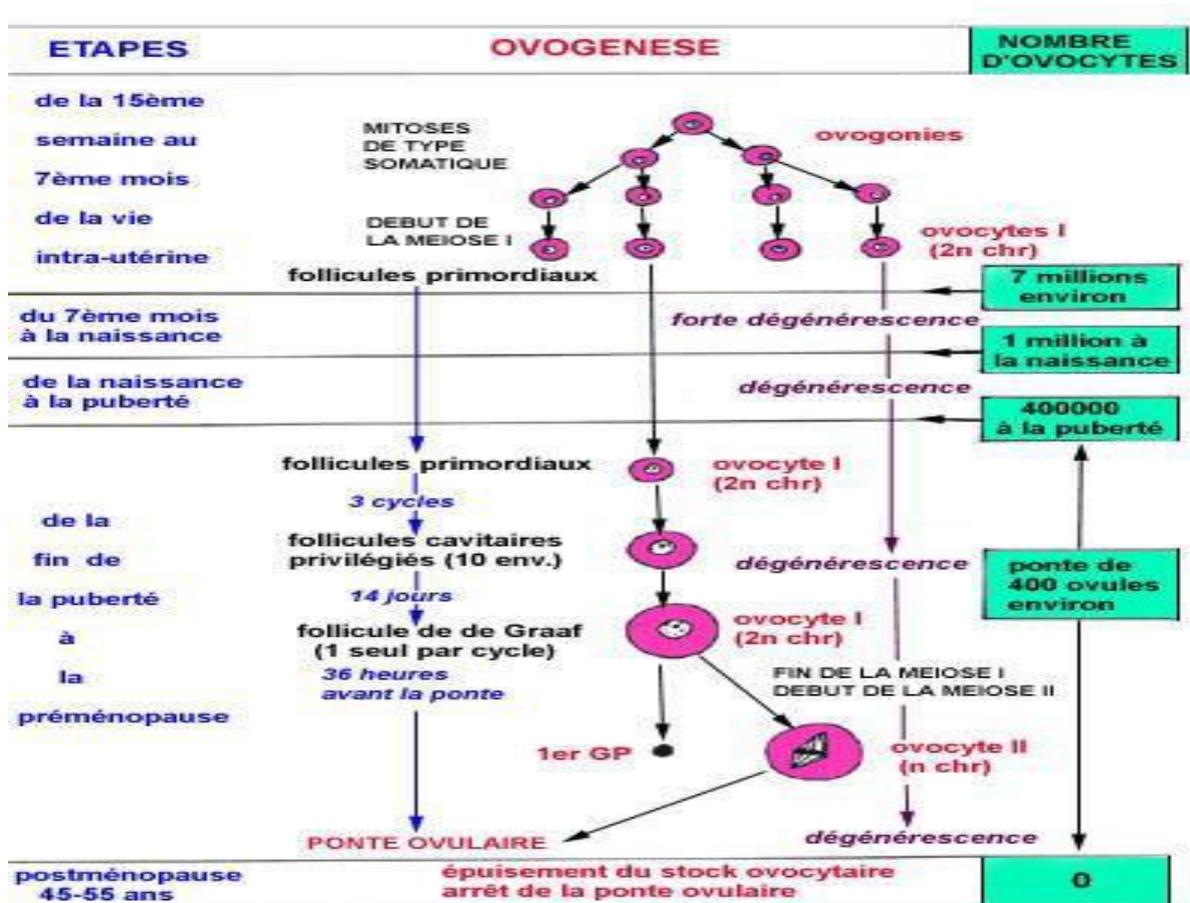


Figure 16. Étapes de l'ovogenèse

2-Folliculogénèse

La maturation des gamètes féminins se fait dans les follicules du cortex ovarien. Elle se réalise de façon cyclique et représente le **cycle ovarien**.

Folliculogénèse c'est l'ensemble des processus par lesquels un follicule primordial va évoluer vers un follicule mûr. Se fait à partir du stock des follicules primordiaux constitué pendant la vie intra utérine. Associée à l'ovogenèse

- n'est complète qu'à partir de la puberté.

L'accroissement de taille des follicules qui arrivent successivement à maturité est dû surtout, chez les Mammifères vivipares, à la multiplication des cellules somatiques sous contrôle hormonal.

2.1 Les follicules primordiaux : Les ovocytes des ovaires embryonnaires, de petite taille, s'entourent des premières cellules folliculeuses en une mince couche aplatie, ces ensembles cellulaires constituant les follicules primordiaux qui se retrouvent en

position périphérique dans l'ovaire mature.

2.2. Les follicules primaires : Les cellules folliculeuses se multiplient et forment un épithélium unistratifié de cellules cubiques entouré d'une fine lame basale. L'ovocyte a augmenté de volume (environ 20 à 30µ de diamètre) et son noyau est déjà au stade diplotène. Les premiers follicules primaires apparaissent vers l'époque de la naissance.

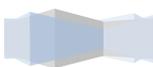
2.3 Les follicules secondaires : La taille de l'ovocyte continue à s'accroître, atteignant 60 à 80µ de diamètre, dans les follicules secondaires jeunes qui sont entourés de 2 à 3 rangées de cellules folliculeuses. Au total, le volume de l'ovocyte aura augmenté d'environ quelques centaines de fois suivant les espèces. Cette période correspond à des synthèses actives d'ARN, chez les Mammifères.

Les couches les plus internes, sont disposées de façon radiale autour de l'ovocyte et constituent la **corona radiata**. Des contacts persistent entre la membrane ovocytaire et les villosités issues de la première couche de cellules folliculeuses sous la forme de jonctions adhérentes et de jonctions communicantes. Les couches externes disposées moins régulièrement portent le nom de **granulosa**. Les cellules folliculeuses sont limitées extérieurement par une lame basale épaisse ou **membrane de Slavjanski**. Les tissus conjonctifs de l'ovaire forment à la périphérie une enveloppe supplémentaire qui se différencie en une **thèque interne** vascularisée par des capillaires reliés aux vaisseaux ovariens, et en une **thèque externe** formée de tissu conjonctif fibreux.

Des cellules sécrétrices d'hormones stéroïdes se différencient dans la thèque interne.

2.4. Les follicules tertiaires (ou cavitaires) : Tout le long de la vie sexuelle, dès la puberté, un lot de follicules secondaires évolue en follicules tertiaires à chaque cycle oestrien. Dans un follicule tertiaire, les cellules de la granulosa se multiplient tant que le follicule n'a pas atteint sa taille maximale. Une cavité se creuse dans la granulosa, résultant de la fusion d'espaces intercellulaires élargis, où s'accumule du sérum qui diffuse à partir des capillaires de la thèque interne. Ce sérum contient des hormones stéroïdes sécrétées par les cellules de la granulosa, essentiellement sous la forme d'oestradiol.

2.5. Les follicules de De Graaf : À la fin de la croissance folliculeuse, la cavité ou antrum occupe presque tout le volume du follicule. Un massif cellulaire fait saillie dans cet antrum, le cumulus oophorus, constitué par l'ovocyte I entouré par la zone pellucide et les quelques couches de cellules folliculeuses dont celles de la corona radiata. Le noyau de l'ovocyte est en fin de stade diplotène. Les chromosomes se condensent et la diacinèse commence. À la maturation, la première division de méiose s'achève, avec émission du premier globule polaire; l'ovocyte est devenu un ovocyte secondaire ou ovocyte II. La seconde division de méiose s'arrête en métaphase. C'est alors que se produit l'ovulation vers le 14^e jour du cycle oestrien chez la femme.



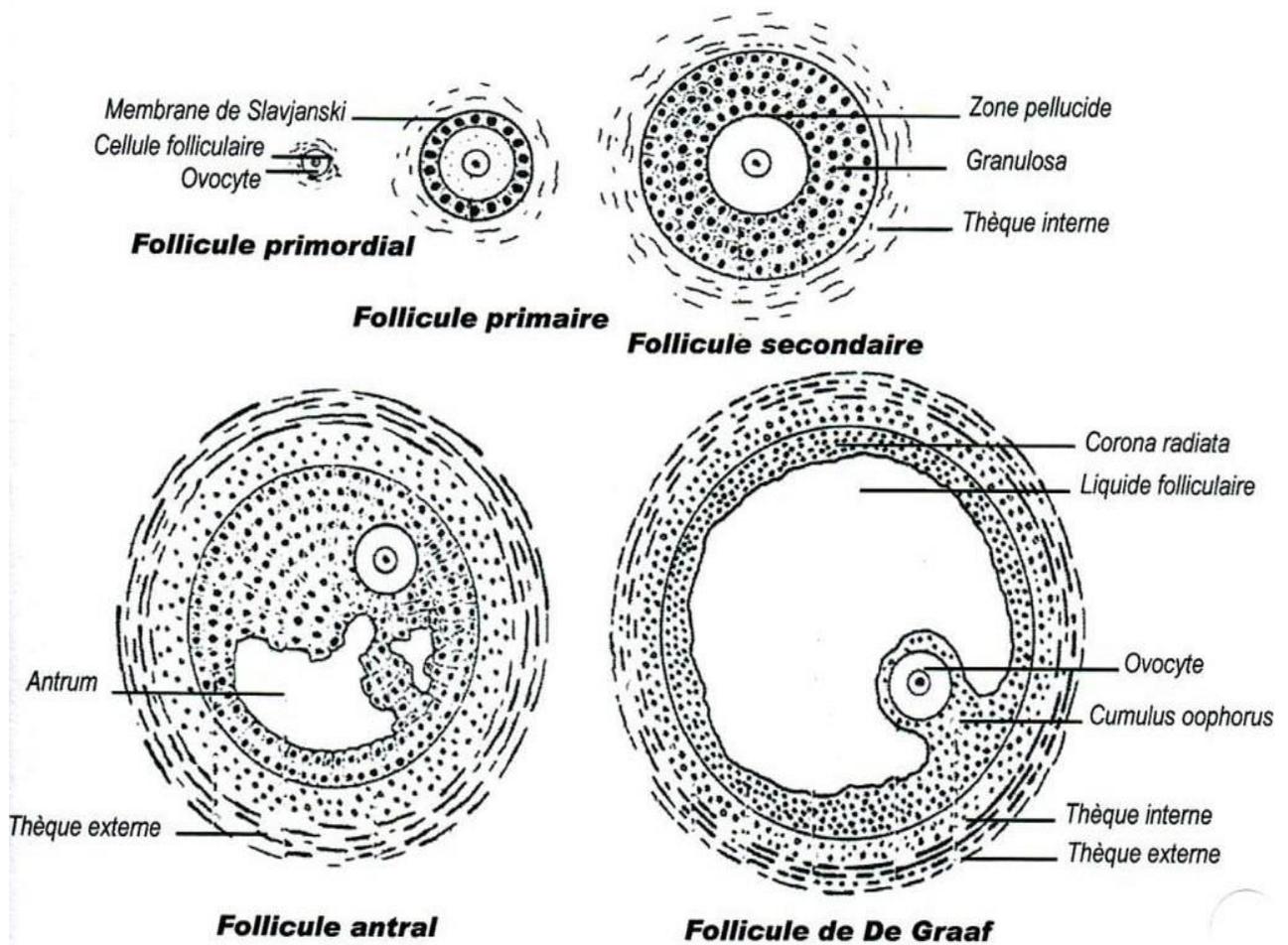


Figure 17. les différents étapes de la croissance d'u follicule évolutif.

ovulation

Au 12^e au 13^e jour du cycle, la LH est libérée en grande quantité. Cette libération provoque des mouvements cellulaires à l'intérieur du follicule de grande taille. L'ovocyte et certaines cellules du cumulus oophorus se détachent et sont expulsées dans la trompe provoquant l'ovulation au 14^e jour du cycle

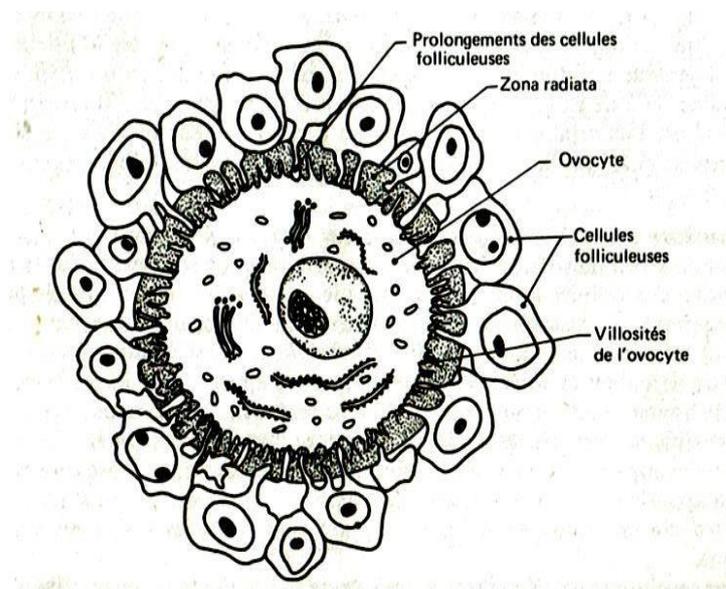


Figure 17. ovocyte

- **Follicule déhiscent** Après l'ovulation le reste du follicule de Graaf constitue, dans l'ovaire, le follicule déhiscent.
- **Corps jaune** Le follicule déhiscent se cicatrise formant ainsi une glande endocrine temporaire dite corps jaune. Les cellules de la granulosa du corps jaune deviennent lutéales, capables de synthétiser la progestérone. Les cellules de la thèque interne synthétisent toujours les œstrogènes. Le corps jaune peut évoluer de deux manières différentes à savoir :
 - en l'absence de fécondation : le corps jaune est dit progestatif, sa durée de vie est de 14 jours ; et
 - en cas de fécondation : le corps jaune est dit gestatif, sa durée de vie est de 3 mois. Ensuite, il dégénère et le relais de la synthèse des stéroïdes est pris par les cellules du syncytiotrophoblaste du placenta.
- **Corps blanc (corpus albicans)**
Dans l'ovaire le corps jaune dégénère et forme le corps blanc, qui sera phagocyté par les cellules phagocytaires de l'ovaire.

