

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 الإخوة منتوري قسنطينة
UNIVERSITE DES FRERES
MENTOURI CONSTANTINE



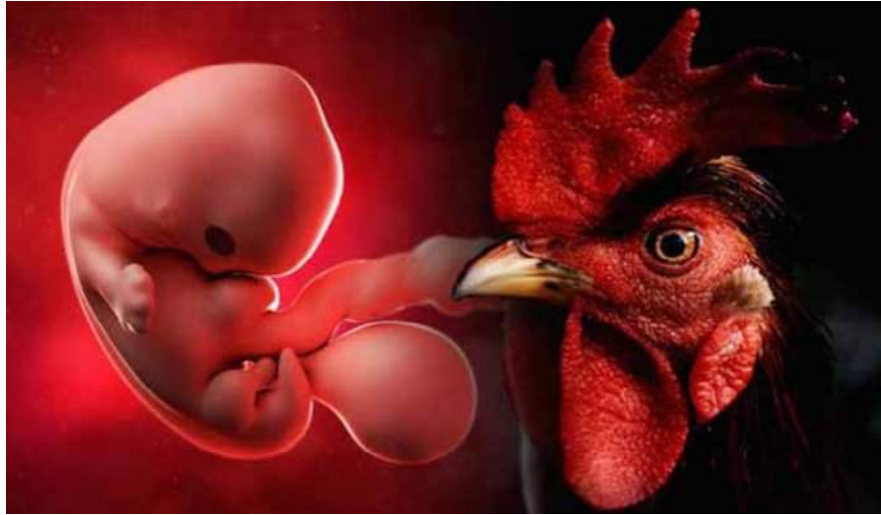
معهد العلوم البيطرية

Institut des Sciences Vétérinaires

Département de préclinique

Polycopié pédagogique

EMBRYOLOGIE GENERALE



D^r Djeffal Samia

Maitre de conférences

Année universitaire 2018-2019

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 الإخوة منتوري قسنطينة
UNIVERSITE DES FRERES
MENTOURI CONSTANTINE



معهد العلوم البيطرية

Institut des Sciences Vétérinaires

Département de médecine et de Préclinique

EMBRYOLOGIE GENERALE

D^r Djefal Samia

Introduction générale

Avant de débiter la lecture du présent document, quelques notions et définitions sont rapportées pour permettre une bonne assimilation du polycopié.

On définit d'abord, l'embryologie par la science qui se consacre à l'étude du développement de l'embryon, c'est-à-dire à la période de la vie comprise entre la fécondation de l'œuf et la naissance. Aussi, c'est l'étude du développement de l'être vivant (Ontogenèse).

Certains termes sont à noter :

- **Spermatozoïde** : gamète mâle.
- **Ovule** : gamète femelle.
- **Zygote**: œuf fécondé.
- **Fécondation**: spermatozoïde+ovule=zygote.
- **Germe** : correspond aux premiers stades du développement tant que la forme externe est plus ou moins sphérique.
- **Embryon**: correspond au stade à partir duquel apparaît une forme d'ensemble reconnaissable. Ce terme s'utilise pendant les 8 premières semaines de développement.
- **Fœtus**: correspond au stade à partir duquel l'embryon commence à ressembler à être vivant (à partir du 60^{ème} jour).Ce terme s'utilise après la 8^{ème} semaine à la fin de gestation.

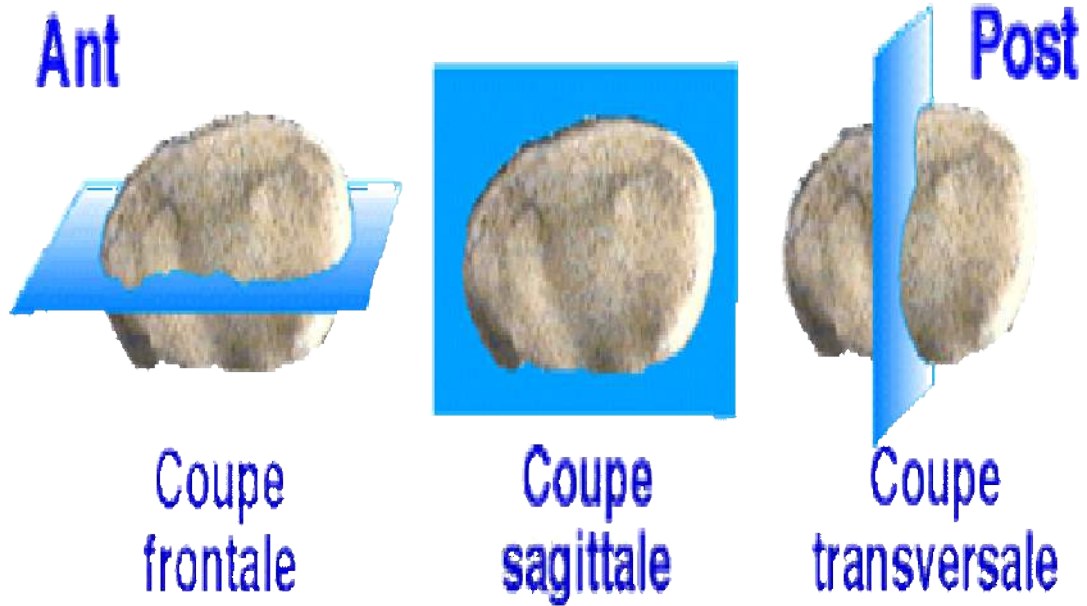
Le présent document est illustré par des figures et des coupes que nous avons jugées importantes à démontrer. Les vues et les coupes en embryologie sont indispensables pour bien comprendre les schémas.

LES VUES ET COUPES EN EMBRYOLOGIE

Lorsque l'embryon est observé extérieurement, on parle de vues.

Il y a trois types de vues : **vue dorsale ou postérieure, vue ventrale ou antérieure, vue latérale ou de profil.**

Les coupes : En embryologie, on décrit aussi 03 types de coupes : **coupe sagittale**, **coupe transversale**, **coupe frontale** (voir schéma).



Chapitre I: Appareil génital mâle

Dans le règne animal et spécialement chez les mammifères, la présence d'un appareil génital est liée à la reproduction sexuée. Pendant la vie embryonnaire et fœtale se développent

- a) Les caractères sexuels primitifs : testicule et ovaire.
- b) Les caractères sexuels primaires : conduits génitaux et organes génitaux externes.

Dans la première période de développement embryonnaire, l'appareil génital est indifférencié et présente la même disposition dans les deux sexes. Par la suite, sous l'influence des substances produites par les gènes sexuels, puis par les gonades elles mêmes, commence une évolution qui conduira l'appareil génital vers sa forme définitive.

I.1 Anatomie de l'appareil génital mâle

L'appareil génital mâle est formé par l'ensemble des organes chargés de l'élaboration du sperme et du dépôt de celui-ci dans les voies génitales de la femelle.

L'appareil génital mâle est constitué de trois sections (figure1)

- Section glandulaire : les deux testicules.
- Section tubulaire: formée par les voies de stockage et de transport, elles sont composées par: l'épididyme; le canal déférent et les glandes vésiculaires.
- Section uro-génitale: l'urètre, la prostate et les glandes de Cowper.

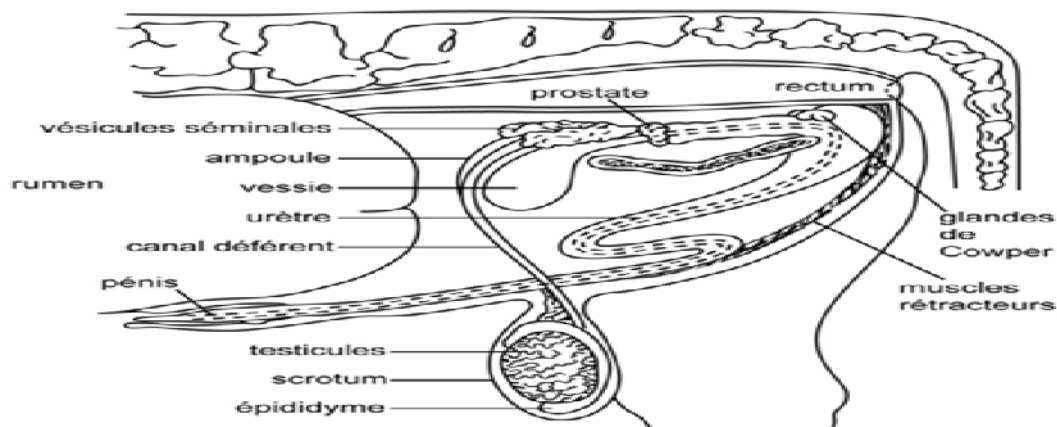


Figure 1 : Appareil reproducteur d'un taureau (Hamilton , 2006)

I.1.1. 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, ils sont constitués de l'extérieur à l'intérieur de 5 tuniques superposées : le scrotum, le dartos, la couche celluleuse, le crémaster et la fibro-séreuse.

-Le scrotum (bourses) forme un sac commun aux deux testicules pourvu d'un sillon médian (raphé). Il a un rôle de thermorégulation permettant à la spermatogénèse de se dérouler normalement.

-Le dartos et le crémaster permettent aux testicules de s'éloigner ou de se rapprocher des bourses selon la température.

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, après la naissance chez les carnivores et les équidés.

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.

I.1.1.1 Fonctions

Le testicule assume deux fonctions

- Une fonction exocrine, gamétogénèse qui assure la production de spermatozoïdes ou spermatogénèse.
- Une fonction endocrine, homogène responsable de la sécrétion d'hormones (principalement la testostérone) qui tiennent sous leur dépendance les caractères sexuels secondaires et l'activité sexuelle du mâle.

I.1.1.2 Histologie du testicule

a. Charpente conjonctive

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 (figure 2).

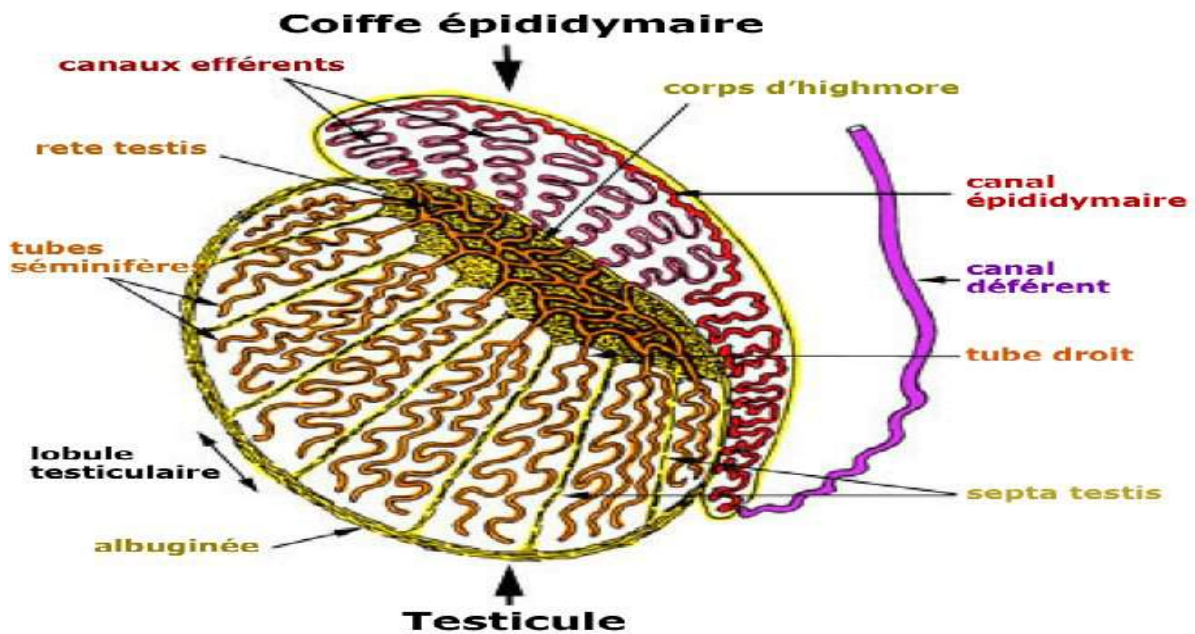


Figure 2 : Histologie des testicules (OPHYS, 2015)

b. Parenchyme testiculaire

Le parenchyme interne des lobules testiculaires est constitué par deux éléments

- Les tubes séminifères occupent 60% à 80% du volume testiculaire selon les espèces, sont très contournés assurent la fonction exocrine. Dans ces tubes, on trouve les différentes couches de cellules germinales représentant les phases de la spermatogénèse qui s'effectuent depuis la spermatogonie située contre la membrane basale jusqu'aux spermatozoïdes libérés dans la lumière.

A l'intérieur des tubes séminifères (figure3), se trouvent des cellules somatiques, cellules de Sertoli qui assurent

- la cohésion de l'épithélium séminifère;
- un rôle nourricier;
- le contrôle du déroulement de la spermatogénèse;
- un rôle endocrinien (ABP et l'inhibine);
- possèdent des récepteurs membranaires à la FSH et cytoplasmique à la testostérone.

Tissu interstitiel: sécrète les hormones mâles (testostérone) c'est la fonction endocrine.

Un tissu interstitiel (l'interstitium) est disséminé entre les tubes séminifères, sécrétant les hormones mâles. Il est constitué d'un stroma conjonctif grêle dans lequel on observe de petits amas de cellules interstitielles : cellules de Leydig qui sont de grande taille et polygonales, souvent regroupées en petites colonies dans le tissu conjonctif lâche entourant les tubes séminifères à l'intérieur des lobules. Elles sont en rapport avec de nombreux capillaires sanguins dans lesquels se trouvent leurs produits de sécrétions. Elles secrètent les androgènes en particulier la testostérone et possèdent des récepteurs membranaires à l'ISH (interstitielle stimulating hormone).

c. Vascularisation et innervation artérielle

L'artère testiculaire (née de l'aorte abdominale) pénètre dans l'organe par son pôle apical, se ramifie dans l'albuginée, le mediastinum testis et les cloisons interlobulaires.

Veineuse: les veinules prennent naissance en regard des capillaires et sont drainées par une veine testiculaire.

Lymphatique : les lobules testiculaires sont drainés par de nombreux vaisseaux lymphatiques.

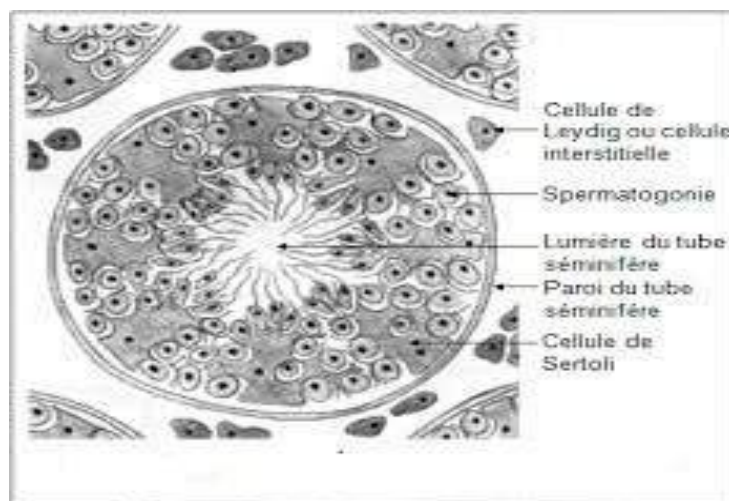


Figure 3 : coupe transversale d'un tube séminifère (Bio Top, 2017)

I.1.2. Epididyme

C'est un organe allongé, coiffant le testicule, lui est relié par le rete testis et comprenant sur le plan histologique 2 portions différentes

- Un système canaliculaire : les canaux efférents qui se jettent dans :
- Le canal épидидymaire étroitement pelotonné, se continuant lui-même par un canal déférent.

D'avant en arrière, l'épididyme présente 3 parties

- Tête : surmonte l'extrémité supérieure du testicule et reçoit les canaux efférents ;
- Corps étroit et allongé ;
- Queue qui se continue par le canal déférent.

Le segment initial et le segment médian assurant la maturation des spermatozoïdes et le segment terminal servant au stockage des spermatozoïdes. Les cellules épithéliales ont un rôle de sécrétion assurant le maintien de vitalité des spermatozoïdes, leur conférant une mobilité et les rendant inaptes à la fécondation par un facteur de décapacitation.

I.1.2.1 Fonctions de l'épididyme

L'épididyme doit remplir plusieurs fonctions afin de s'assurer de la maturation des spermatozoïdes, lesquelles

➤ Transport de l'épididyme

Les facteurs qui conditionnent le déplacement des spermatozoïdes sont mal connus, mais au moins quatre facteurs peuvent intervenir

- L'action des cils vibratiles bordant la lumière des canaux efférents
- Les contractions péristaltiques du canal épидидymaire
- La production constante du fluide testiculaire et des spermatozoïdes par les tubes séminifères
- L'élimination des spermatozoïdes déjà formés selon le rythme des éjaculations

➤ Maturation des spermatozoïdes

Lorsque les spermatozoïdes quittent les testicules, ils sont immatures, c'est en traversant les différents segments de l'épididyme qu'ils acquièrent leur pouvoir fécondant et leur motilité. Le temps nécessaire pour parcourir ce long tubule est d'environ 10 jours chez les différents mammifères et d'environ 2 à 6 jours chez les humains. La maturation des spermatozoïdes est dûe

- A l'influence des sécrétions épидидymaires qui ont un rôle nutritif pour les spermatozoïdes durant leur passage dans l'épididyme.
- Aux modifications morphologiques et biologiques des spermatozoïdes.

➤ Survie et stockage des spermatozoïdes

Le lieu principal de storage du système reproducteur mâle est la queue de l'épididyme, il a été démontré, chez quelques espèces des mammifères que 50% à 80% des spermatozoïdes

sont localisés dans la queue de l'épididyme, après une semaine sans éjaculation, les spermatozoïdes de la queue de l'épididyme sont deux à trois fois plus, leur survie peut-être de 2 mois.

➤ **Résorption des spermatozoïdes dans l'épididyme**

Quand les animaux sont au repos sexuel, ils envisagent l'élimination des spermatozoïdes soit par

- Liquéfaction et dégénérescence
- Résorption par la paroi de l'épididyme
- Par les urines (cas de bélier).
- Dans certains cas pathologiques, des spermiphages géants éliminent les spermatozoïdes.

I.1.3. Canal déférent et glandes accessoires

I.1.3.1. Canal déférent

C'est un conduit qui s'étend de la queue de l'épididyme jusqu'au col de la vessie, il conduit le sperme jusqu'à l'uretère, sa ligature est la vasectomie.

A son extrémité distale, il se dilate en une ampoule déférentielle qui sert de réservoir où s'accumule le sperme dans l'intervalle des éjaculations.

I.1.3.2. Glandes accessoires

Les glandes accessoires de l'appareil génital mâle, régies par les hormones testiculaires et lors de l'éjaculation, par le système nerveux, ont pour fonction de sécréter les substances nécessaires (plasma séminal) à la vie des spermatozoïdes dans les voies excrétrices et de jouer un rôle dans la physiologie de l'acte sexuel.

➤ **Vésicules séminales**

Ce sont deux glandes lobulées, situées au-dessus de la vessie, d'aspect grisâtre en surface, jaune et de consistance ferme à la coupe. Elles sécrètent un liquide gélatineux, visqueux de PH acide, riche en protéines, en potassium, en acide citrique et en fructose, ce liquide constitue 50% du volume d'un éjaculat normal d'un taureau.

Les vésicules séminales, absentes chez les carnivores (chats et chiens), sont grandes, arquées avec surface lobulée chez le rat et la souris.

➤ **Prostate**

Existe chez tous les mammifères. Elle est peu développée chez les ruminants, elle entoure complètement l'urètre chez le taureau, le liquide prostatique est riche en enzymes (dont phosphatases) et en prostaglandines.

➤ **Glande de Cowper**

Glandes muqueuses, de la grosseur d'une noisette chez le taureau, sont plus apparentes chez le bélier par contre absentes chez le chien.

Les produits de sécrétion des glandes de Cowper présentent de grandes variations selon les espèces, chez le taureau elles donnent une sécrétion visqueuse, chez le rat les sécrétions comportent du galactose, de l'acide galacturonique et l'acide sialique, chez le lapin elles sécrètent une grande quantité d'acide citrique. En général, elles sont responsables de la synthèse de diverses enzymes et protéines aux rôles mal connus.

Elles sont aussi impliquées dans diverses fonctions, dont la coagulation du sperme et la défense immunitaire des voies génitales basses.

Les produits de sécrétion de la prostate et des glandes de Cowper sont clairs sans spermatozoïdes. Au cours d'une éjaculation, sa sécrétion précède souvent le sperme proprement dit afin de nettoyer l'urètre et lubrifier le vagin. Ces glandes annexes sont des glandes exocrines, elles fournissent la quasi-totalité du plasma séminal.

I.1.4. Urètre

C'est un long conduit impair qui sert à l'excrétion de l'urine et du sperme. Il comprend deux portions

- Portion intra-pelvienne, dépourvue de formations érectiles et qui reçoit les sécrétions des glandes annexes.
- Portion extra-pelvienne ou pénienne, engainée de tissu érectile.

I.1.5. Pénis ou verge ou organe copulateur mâle

Organe génital externe qui est parcouru par l'urètre, chez les ruminants il présente deux parties

- Une partie fixe qui décrit une double inflexion en forme d'un S (S pénien ou inflexion sigmoïde de la verge)

- Une partie libre, terminée par un gland de morphologie variable selon les espèces (pointe cônica, allongé chez le taureau, recourbé en crochet chez le bélier).

Le pénis contient le corps érectile (corps spongieux et corps caverneux) qui permet son érection au cours de l'acte sexuel.

I.2. Vie sexuelle et puberté

I.2.1. Définitions

- **La vie sexuelle** va de la puberté à la sénilité.
- **La maturité sexuelle** (capacité à se reproduire) survient en même temps que la puberté chez les femelles. Chez les mâles, la possibilité de mener à bien une saillie peut survenir un peu plus tard.
- **Les mâles ont un fonctionnement reproducteur continu** : ils peuvent saillir à tout moment des femelles en chaleur. Leur comportement sexuel ne disparaît pas avec le vieillissement (pas d'andropause) mais la fertilité (pouvoir fécondant des spermatozoïdes) diminue avec l'âge.
- **La puberté** correspond au moment où les organes sexuels deviennent fonctionnels (testicules chez le mâle), aussi c'est l'époque à laquelle la reproduction peut se produire pour la première fois, est antérieure à la complète maturité sexuelle.
Chez le taureau , elle apparait entre 6 et 12 mois, chez le bélier de 4 à 5 mois, les chiens de 7 à 15 mois et chez le chat entre 7 à 10 mois en fonction de la race.

Les principaux facteurs de la puberté sont

- La race;
- Le milieu, notamment le climat et l'altitude;
- L'acclimatation;
- L'hygiène;
- Les conditions d'élevage (tardive en élevage extensif).

I.3. Spermatogénèse

I.3.1. Définition

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.

I.3.2. Déroulement de la spermatogénèse

La spermatogénèse comprend quatre étapes: la multiplication, l'accroissement, la maturation et la différenciation. La succession de ces étapes constitue le cycle spermatogénétique (figure 4).

a. Phase de multiplication

Elle concerne les **spermatogonies**, cellules souches diploïdes localisées à la périphérie du tube, contre la membrane propre. Ces cellules subissent une succession de mitoses (maintien du pool de spermatogonies), dont la dernière aboutit à la formation de spermatocytes primaires, également diploïdes (une spermatogonie donne 4 spermatocytes primaires). Le nombre de spermatocytes produit par spermatogonie (souche initiale), varie d'une espèce à une autre.

b. Phase d'accroissement

Les spermatocytes I à 2N chromosomes subissent une phase de croissance cytoplasmique qui les transforme en **grandes cellules** ou auxocytes: cellules diploïdes.

c. Phase de maturation

Elle correspond à la **méiose** et concerne les deux générations de spermatocytes (primaires I ou secondaires II).

Un spermatocyte I à 2N chromosomes subit la première division de méiose et donne ainsi 2 spermatocytes II à N chromosomes. Chaque spermatocyte II subit la deuxième division de méiose (division équationnelle) et donne 2 spermatides à N chromosomes. Un spermatocyte I a donc donné 4 spermatides à la fin de la méiose.

d. Phase de différenciation

Appelée aussi **spermiogénèse**, 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.

La spermatide se transforme en spermatozoïdes à la suite de modification morphologique, Ces transformations vont intéresser à la fois le noyau et le cytoplasme de la spermatide et consistent en

➤ formation de l'acrosome

L'appareil de Golgi fournit de nombreuses vésicules qui confluent pour donner une vésicule unique dans laquelle apparaît peu à peu une masse granuleuse, dense: la vésicule proacrosomique. Cette dernière, d'abord proche des centrioles, rejoint le noyau (au niveau du pôle antérieur du futur spermatozoïde) et s'étale, en une cape acrosomique. Son contenu devient par la suite homogène; on parle alors d'acrosome.

➤ **formation du flagelle**

L'appareil centriolaire de la spermatide se met en place aux pôles opposés du noyau formant des microtubules ancrés qui commencent à former le flagelle .

➤ **formation de la pièce intermédiaire**

Les mitochondries, regroupées derrière le noyau, se disposent les unes derrière les autres et forment une chaîne enroulée autour de la base du flagelle, dans la pièce intermédiaire ; c'est l'hélice mitochondriale.

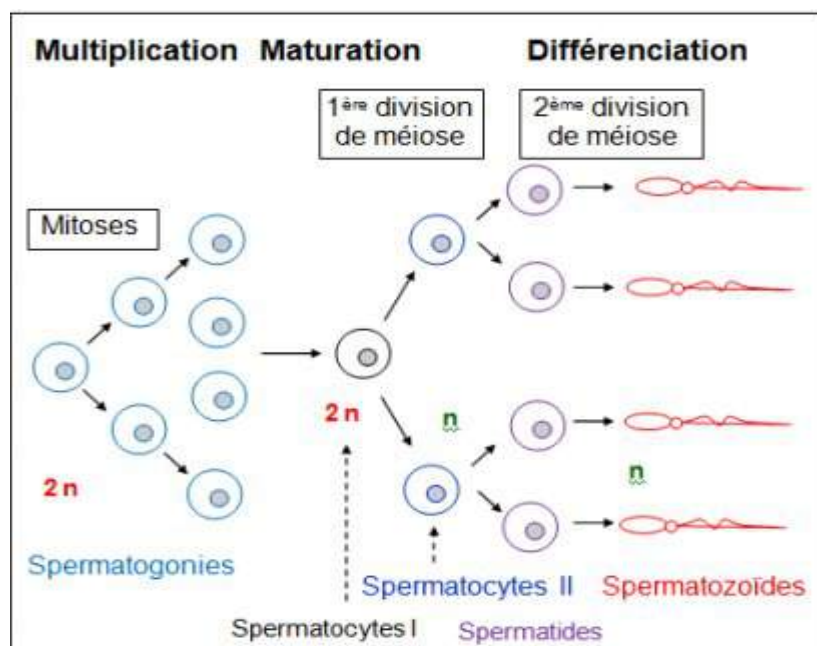


Figure 4 : Etapes de la spermatogénèse

Définition d'un spermatozoïde : c'est une cellule très allongée, pauvre en cytoplasme, comportant un noyau haploïde, composée de 3 parties visibles au microscope optique: la tête, le flagelle assurant sa mobilité, et la pièce intermédiaire, portion étroite réunissant le flagelle à la tête (figure 5).

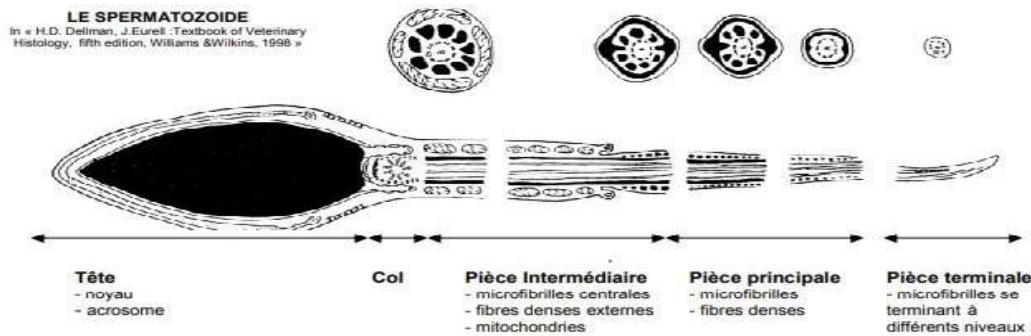


Figure 5 : Spermatozoïde

I.3.3. Anomalies de la méiose

Il arrive qu'à l'anaphase de la première division méiotique, les membres d'une même paire de chromosomes ne se séparent pas et se retrouvent dans une même cellule fille, par suite de cette non disjonction, une cellule aura N+1 chromosome et l'autre N-1 au lieu d'en avoir chacune N à la fécondation, on aura alors

- Soit $N+N+1= 2N+1$: trisomie par 1 chromosome.
- Soit $N+N-1= 2N-1$: monosomie par 1 chromosome.

I.3.4. Spermatozoïdes anormaux: l'anomalie peut porter

- Sur la taille : géant, nain.
- Sur la tête : dédoublée.
- Sur la queue : bifide, courte.

I.3.5. Emission des spermatozoïdes

Les spermatozoïdes sont produits et formés dans les testicules, puis libérés dans l'épididyme. Ils passent d'abord du rete testis vers la tête de l'épididyme, puis dans les cônes efférents qui se poursuivent par le canal de l'épididyme. Les gamètes sont modifiés tout au long de leur trajet dans les voies génitales.

- Dans l'épididyme, sous l'action des androgènes (en particulier de la testostérone) sécrétés par les cellules de Leydig, les spermatozoïdes acquièrent leur mobilité (les spermatozoïdes produits au niveau des testicules sont très peu ou pas du tout mobiles).

- Dans l'épididyme, les protéines responsables de la fixation à l'ovocyte deviennent fonctionnelles : les spermatozoïdes acquièrent leur aptitude à se fixer sur la zone pellucide de l'ovocyte, étape nécessaire à la fécondation.

- C'est également dans l'épididyme que les spermatozoïdes sont décapacités (inaptes à la fécondation), grâce au facteur de décapacitation sécrété par les cellules épидидymaires, les spermatozoïdes s'accumulent dans les ampoules différentielles. Lors de l'éjaculation, ils sont en suspension dans le liquide séminal sécrété par les vésicules séminales, la prostate et les glandes de Cowper.

I.3.6.Facteurs affectant la spermatogénèse

-Température : l'activité spermatogénique ne se déroule efficacement que dans le scrotum, et que si les testicules sont soumis à une t° inférieure de quelques degrés à la température corporelle. Une poussée t (40 °C) peut déclencher chez un malade une azoospermie temporaire. Elle est aussi inexistante dans les testicules intra-abdominaux (cryptorchidie, par anomalie de la descente testiculaire).

-Lumière: chez l'animal, l'exposition à une lumière vive provoque un accroissement de la production des spermatozoïdes.

-Nutrition : une carence en vitamines A et E et en acides gras résulte en une diminution de la spermatogénèse.

-Exposition aux radiations ionisantes : les spermatogonies, qui se divisent très activement, y sont très sensibles. Une exposition à des radiations au dessus d'un certain seuil peut résulter en stérilité définitive.

-Les toxiques: les pesticides ont aussi une action stérilisante.

I.4. Contrôle neuroendocrinien de la reproduction chez le mâle

a. Niveau hypothalamique

Les cellules neuro-sécrétoires de l'**hypothalamus** synthétisent une gonadolibérine la **GnRH** (Gonadotrophine Releasing Hormone), qui est sécrétée de façon discontinue, par décharges ou « pulses ».

b. Niveau hypophysaire

Ces GnRH provoquent la libération par cellule endocrine de l'hypophyse la FSH (Follicule Stimulating Hormone) et l'ISH (Interstiel Stimulating Hormone), qui sont sécrétées de manière continue et régulière. Elles ont comme cellules cibles des cellules du testicule.

c. Niveau testiculaire

Effets des hormones gonadotropes

L'ISH a des récepteurs sur les cellules de Leydig et y induit la synthèse d'hormones stéroïdes, les androgènes, en particulier la testostérone.

La FSH a des récepteurs sur la cellule de Sertoli et y induit la synthèse

- d'une protéine transporteuse de testostérone, l'ABp (Androgen Binding protein), qui stimule la méiose et la spermatogénèse.
- d'inhibine (IB 3), qui inhiberait par rétro action la sécrétion de FSH et ISH qui agirait également sur le tissu germinal pour réduire son activité.

I.5. Systèmes de rétro-contrôle

A tous les étages, les sécrétions endocrines sont contrôlées par leurs propres effets (feed back).

Nous avons trois types de rétro-contrôle (figure 6).

Rétrocontrôle long : la testostérone exerce un rétrocontrôle négatif, mais aussi positif sur les GnRH de l'hypothalamus et un rétrocontrôle négatif sur l'adéno-hypophyse.

L'inhibine a un effet inhibiteur sur la libération de FSH hypophysaire.

Rétrocontrôle court : FSH et ISH exercent un rétro-contrôle négatif sur l'hypothalamus.

Rétrocontrôle ultra-court : les GnRH exerceraient un rétro-contrôle sur leurs propres sécrétions.

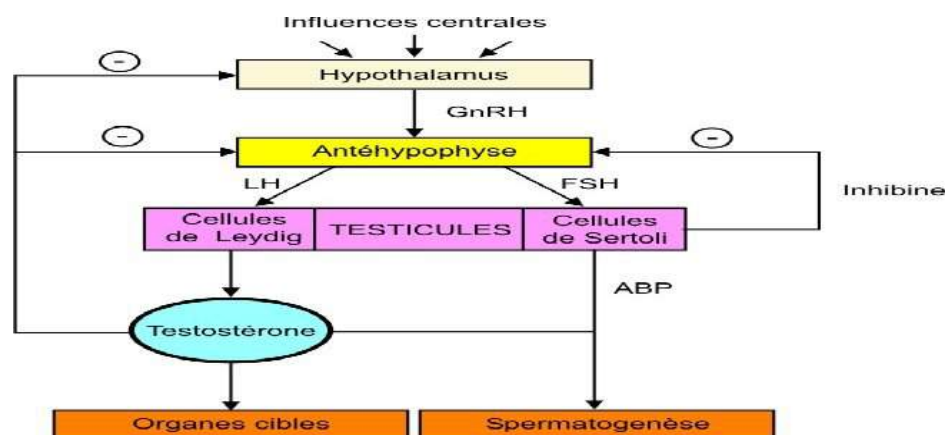


Figure 6 : Rétrocontrôle de la reproduction chez le mâle

Chapitre II: Appareil génital femelle

Contrairement à l'appareil génital du mâle, l'appareil génital de la femelle n'est pas simplement limité à l'élaboration des gamètes et des hormones sexuelles, mais il est également le siège de la fécondation, de la gestation, de la parturition et de la lactation.

II.1. Anatomie de l'appareil génital femelle

Chez les mammifères, 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 œuf à l'utérus.
- Section copulatrice : comprenant le vagin et la vulve (sinus uro-génital), organe impaire recevant l'organe male pendant l'accouplement ou coït et donnant passage au nouveau-né lors de la parturition (figure 7).

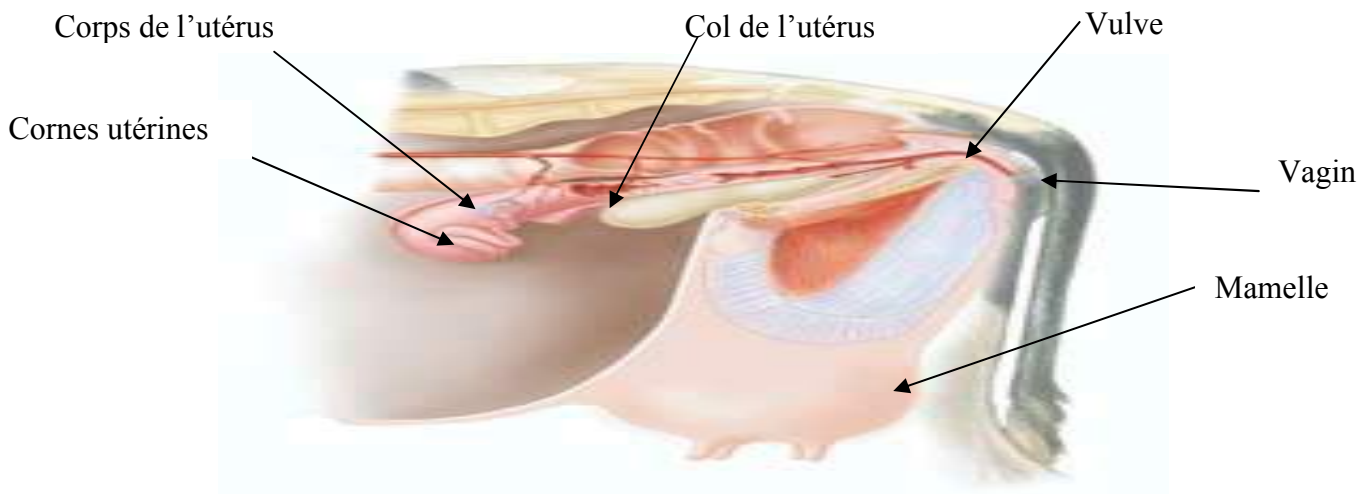


Figure 7 : Aspect général de l'appareil génital femelle

II.1.1. Section glandulaire: Ovaires

Organes paires ovoïdes ou sphériques, en forme de rein ou d'amande, chez la vache, ils sont situés dans les cavités abdominales. L'aspect extérieur et la structure de l'ovaire varient en fonction de l'âge, de la période du cycle sexuel et d'une éventuelle gestation.

II.1.1.1 Fonctions

Les ovaires ont deux fonctions

- Une fonction exocrine, qui est la production de cellules sexuelles qui donneront les ovocytes.
- Une fonction endocrine, qui est la sécrétion d'œstrogènes et de progestérone.

II.1.1.2 Histologie de l'ovaire

a. Structure

Chez toutes les femelles, sauf la jument une section à travers l'ovaire montre que cette gonade comporte essentiellement deux parties

- Une zone périphérique corticale ou cortex ovarien, épaisse située en périphérie comprenant
 - Un épithélium germinatif;
 - Une assise conjonctive (tunique albuginée);
 - Un stroma cortical dans lequel se trouvent de nombreux follicules (figure 8).
- Une zone interne, centrale, dite médullaires, spongieuse, de structure conjonctive, renfermant des nerfs, des vaisseaux sanguins et lymphatiques.

b. Organites ovariens

Suivant leurs évolution, 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 rosé, dits corps jaune : glande endocrine temporaire et cycliques, développées après l'ovulation aux dépens des cellules du follicule de De Graaf.

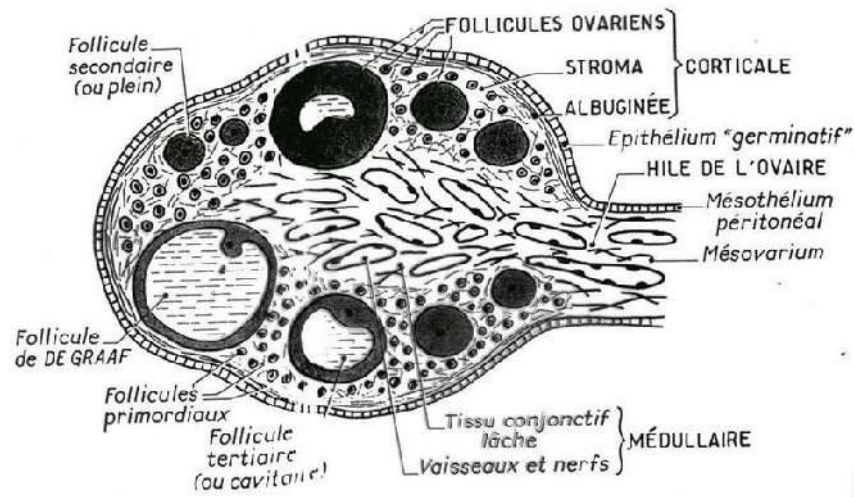


Figure 8 : coupe transversale d'un ovaire (<https://slideplayer.fr/slide/3382711/>)

II.1.2 Section tubulaire

Ces voies génitales comportent les trompes et l'utérus.

II.1.2.1 Trompes

Appelées trompes de Fallope ou salpinx, qui constituent la partie initiale des voies génitales femelles, c'est un conduit flexible, pair et étroit, elles assurent le transit de l'ovule vers la cavité utérine, et également le transit des spermatozoïdes.

Chaque trompe est constituée de

- Pavillon ou infundibulum, en forme d'entonnoir évasé, au contact de l'ovaire, il peut s'appliquer sur le bord libre de l'ovaire pour recueillir la ou les gamètes émis par l'ovaire au moment de l'ovulation.
- l'ampoule, partie la plus large de l'oviducte, l'ovocyte est retenu pendant 2 à 3 jours selon les espèces à ce niveau ; et c'est là qu'aura lieu la fécondation.
- l'isthme est un segment court, plus étroit et sinueux,
- la jonction utéro tubaire.

II.1.2.2 Utérus

Utérus ou matrice est l'organe de la gestation, il reçoit l'œuf fécondé, qui y effectue sa nidation, et abrite la croissance de l'embryon, par ces contractions il expulse le fœtus lors de la mise bas.

C'est un organe creux, impaire et médian qui comprend

- Les cornes utérines dans lesquelles débouchent les oviductes ;
- Le corps utérin ou cavité utérine ;
- Le col de l'utérus appelé cervix, constitué par un fort épaissement de la paroi du conduit génital et qui sépare la cavité utérine de celle du vagin.

a) Histologie de l'utérus

La structure générale de la paroi utérine comporte trois tuniques ainsi de la lumière vers la périphérie

- Une muqueuse ou endomètre qui le lieu d'implantation ;
- Une musculuse ou myomètre qui comporte deux couches musculaires séparées par un espace conjonctif richement vascularisé ;
- Une séreuse, tunique fibreuse qui enveloppe la matrice.

L'endomètre subit des modifications morphologiques et fonctionnelles étroitement liées aux hormones sexuelles durant toute la période d'activité génitale, ces variations ont lieu lors des phases suivante :

- Phase folliculaire ou proliférative : au cours de cette phase la sécrétion d'œstrogène est responsable de la prolifération de l'endomètre, les glandes du stroma endométrial s'allongent et les artères spiralées sont légèrement contournées.
- Phase lutéale ou sécrétoire : sous l'effet de la progestérone l'endomètre atteint sa maturité ; les glandes deviennent tortueuses et les artères sinueuses.

La vascularisation de l'utérus se fait par l'artère utérine, qui s'anastomose à l'artère ovarienne.

b) Histophysiologie

Les glandes utérines s'écritent un mucus que les spermatozoïdes doivent traverser lors de leur passage dans les voies génitales femelles. L'endomètre joue un rôle important dans le processus de nidation et dans la constitution du placenta. Le myomètre, grâce à sa contractilité, intervient au moment de la parturition.

II.1.3 Section copulatrice

a) vagin

Est un conduit cylindrique impair et médian s'étendant du col de l'utérus à la vulve ou sinus urogénital.

b) Vulve (sinus urogénital)

Est le vestibule des voies génito-urinaires ; elle offre à considérer une ouverture et une cavité intérieur.

II.1.4 Glandes mammaires

Les mamelles sont des glandes exocrines, d'origine ectodermique, productrice du lait et caractérisent les mammifères.

- Chez le male, la glande mammaire demeurent à l'état d'ébauche.
- Chez la femelle, elle acquiert un développement considérable, représentant le caractère sexuel secondaire le plus typique. La glande mammaire atteint son plein développement sous l'action conjuguée d'œstrogènes et de progestérone.

A la parturition, grâce à la prolactine, la glande devient pleinement fonctionnelle.

Les différentes parties de l'appareil génital femelle est démontré dans la figure n° 9.

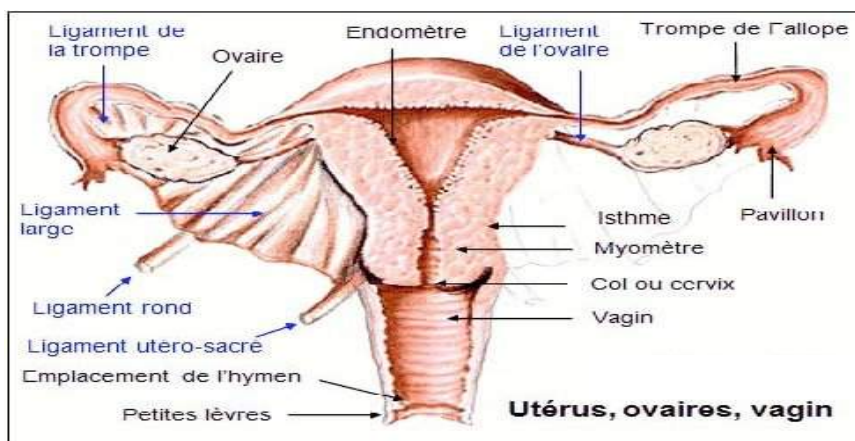


Figure 9 : Différente parties de l'appareil génital femelle

II.2 Ovogenèse, folliculogénèse

II.2.1 Définitions

L'ovogenèse est le processus permettant la production des gamètes femelles, les ovocytes, ainsi que leur maturation en ovules.

La folliculogénèse est l'ensemble des phénomènes qui assure l'apparition puis la maturation des follicules de la sortie de la réserve jusqu'à l'ovulation ou involution (du follicule primaire au stade pré ovulatoire).

II.2.2 phases de l'ovogénèse

L'ovogenèse comporte 3 phases (figure 10)

- Phase de multiplication ;
- Phase de croissance ;
- Phase de maturation.

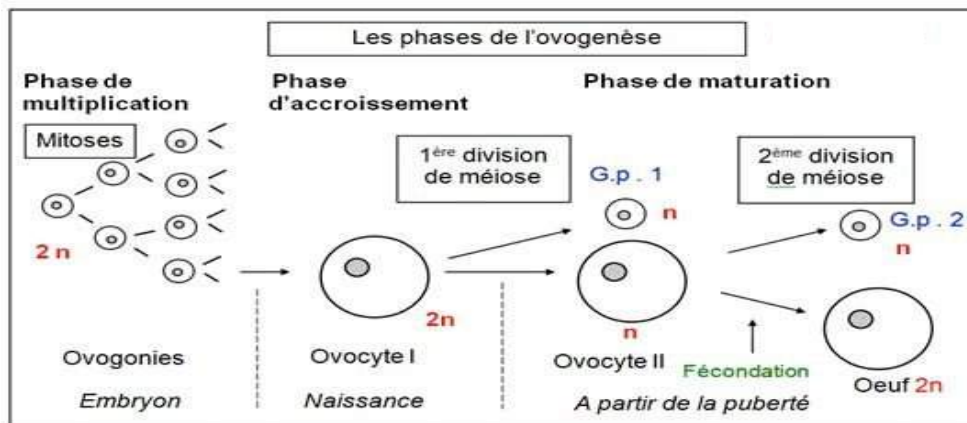


Figure 10 : Phase d'ovogénèse

a) Phase de multiplication

Elle concerne les ovogonies, cellules souches diploïdes, et est caractérisée par une succession de mitoses, qui aboutissent à la production d'ovocytes primaires, diploïdes eux aussi.

b) La phase de maturation nucléaire

Elle concerne les ovocytes, qui subissent deux divisions méiotiques : la 1ère division, réductionnelle, devrait en principe fournir à partir des ovocytes primaires diploïdes des ovocytes secondaires haploïdes ; la 2ème, équationnelle, devrait fournir des ovotides, haploïdes également. Mais cette méiose d'ovogenèse présente 3 particularités

➤ Blocage en prophase I

L'ovocyte primaire entame sa 1^{ère} division, dès qu'il apparaît pendant la vie fœtale, mais il reste bloqué en prophase. Cette phase de blocage dure pendant une très longue période, puisque cette 1^{ère} division ne reprendra et ne se terminera qu'à l'ovulation.

➤ **Arrêt en métaphase II**

La 2ème division, qui ne débute qu'à l'ovulation, reste à son tour bloquée en métaphase, dans l'ovocyte secondaire, qui sera émis tel quel hors de l'ovaire, et elle ne reprendra qu'avec la fécondation.

➤ **Inégalité des divisions**

Lors de la division de l'ovocyte primaire, si la répartition des chromosomes est équitable, celle du cytoplasme ne l'est pas ; l'une des cellules filles, qui sera l'ovocyte secondaire, conserve la quasi-totalité du cytoplasme, tandis que l'autre cellule fille, appelée 1er globule polaire, en est pratiquement dépourvue et sera une cellule abortive. La 2ème division, affectant l'ovocyte secondaire lors de la fécondation, se déroulera de la même façon, en fournissant un 2ème globule polaire. Au terme de cette phase de maturation nucléaire un ovocyte primaire a donc fourni une seule gamète, qui est un ovocyte secondaire.

c) Phase de maturation cytoplasmique

Elle comporte un stade de synthèse d'ARN et un stade de traduction de ces ARN en protéines.

La synthèse des 3 types d'ARN dans l'ovocyte primaire s'effectue pendant la prophase de la 1ère division bloquée au stade diplotène.

La maturation ovocytaire est caractérisée par la synthèse d'un certain nombre de protéines qui rendront l'ovocyte compétent pour reprendre la méiose à 2 reprises (lors de l'ovulation et lors de la fécondation) et pour devenir fécondable.

II.2.3 Folliculogénèse

Au cours de cette phase de maturation, l'ovocyte est étroitement associé à des cellules satellites venant du stroma ovarien, qui s'organisent progressivement en une structure complexe appelée follicule. Ces cellules exercent des fonctions à la fois trophiques et endocrines intervenant dans la maturation ovocytaire et l'ovulation. On ne peut pas dissocier maturation et folliculogénèse.

Le follicule passe par 5 stades successifs, qui recouvre en fait 2 périodes de signification distincte : une période pré-antrale d'abord, dite de croissance basale et une période antrale ensuite, où le follicule devient sensible au contrôle neuroendocrinien. Pendant ce temps l'ovocyte primaire est toujours bloqué en prophase I (figure 11).

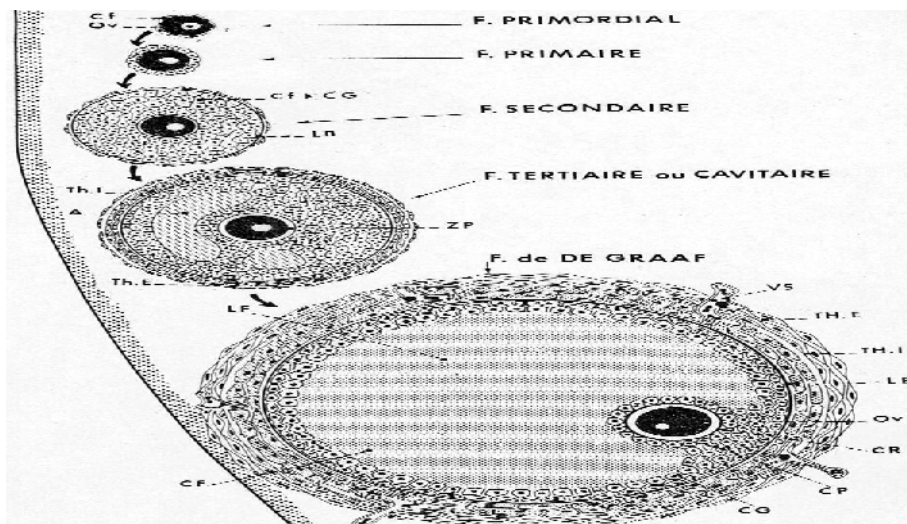
Depuis le 7 mois de la vie fœtale à la puberté les ovocytes entre en atresie folliculaire. A la puberté, les ovaires contiennent environ 400.000 follicules primordiaux constitués d'un ovocyte de

premier ordre, très petits, ils se trouvent à la périphérie de l'ovaire, entourés d'une couche de cellule folliculeuse fusiforme et discontinu.

L'ovocyte grandit, l'épithélium folliculaire devient cubique, et il y'a début de la formation de la zone pellucide ; c'est le follicule primaire ; puis se forme plusieurs couches cellulaires (granulosa, thèque interne) : c'est le follicule secondaire, les cellules folliculeuses commencent à sécréter le liquide folliculaire pour former la cavité folliculaire et constitution de la thèque externe c'est le follicule tertiaire.

- Tous les follicules tertiaires sont d'abords stimulés et contribuent ainsi à la formation d'hormones, ils dégènèrent tous entre le 7^{ème} et le 14^{ème} jour du cycle à l'exception du follicule ovarien qui subira une maturation et deviendra follicule de De Graaf (follicule pré-ovulatoire), sa cavité est remplie d'un liquide opalescent, à un de ces pôles, les cellules folliculeuses restent plus nombreuses et forment une sorte d'avancée dans la cavité appelé cumulus oophorus, à l'intérieur duquel se trouve l'ovocyte. L'ovocyte est entouré de la zone pellucide, elle-même entourée d'une assise cellulaire la corona radiata qui se situe au centre du cumulus oophorus. Le follicule se dilate, et forme un renflement très visible à la surface de l'ovaire.

La dégénérescence des follicules tertiaires entraine une production accrue par les cellules de la granulosa d'œstrogènes, ce pic déclenche dans l'hypophyse une sécrétion de LH qui provoque l'ovulation.



A : antrum ; CF : cavité folliculaire ; CG : cellule de granulosa ; CP :cumulus proliger ; CR : corona radiata ; LB : lame basale ; LF : liquide folliculaire ; OV : ovocyte ; THE : thèque externe ; THI : thèque interne ; VS : vaisseau sanguin ; ZP : zone pellucide.

Figure 11 : Schéma de l'évolution d'un follicule primordial en follicule de De Graaf (Secchi, 1975)

II.3. Ovulation

- A l'ovulation : sous l'influence du pic LH et sous la pression du liquide folliculaire, le follicule de De Graff s'ouvre en un point le stigma.
- L'expulsion de l'ovocyte est suivie d'une reprise de la méiose. Aussitôt que le globule polaire est émis, l'ovulation a lieu. L'ovocyte haploïde est retrouvé dans le tiers supérieur de l'oviducte. La deuxième division a lieu si l'ovocyte est fécondé. En l'absence de fécondation, il dégénère.
- Après l'ovulation
 - En cas de fécondation, la rencontre de l'ovocyte II aïre en métaphase avec un spermatozoïde provoque la reprise de la 2ème division de l'ovocyte.
 - S'il n'y a pas de fécondation l'ovocyte II aïre en métaphase dégénère et il est expulsé à l'extérieur ; c'est les menstruations. Chaque cycle sexuel correspond à la maturation d'un ovocyte. En règle générale, seul l'un des deux ovaires ovule.

II.3.1 Emission des gamètes

Les gamètes ne sont pas émis directement par l'ovaire dans le tractus génital, mais il y a rupture de la paroi ovarienne et libération des gamètes à la surface de l'ovaire, où ils seront ensuite récupérés par le pavillon de la trompe.

Le trajet des gamètes est très court et ils ne seront pas expulsés hors de l'organisme, car ils rencontreront les spermatozoïdes dans la trompe, au niveau de l'ampoule.

II.3.2 Ovocyte

Cellule reproductrice femelle, qui n'a pas terminé sa maturation nucléaire et qui reste entourée de ses enveloppes. Très différente de la gamète mâle, c'est une grosse cellule qui ne contient plus aucune réserve dans son cytoplasme mais est très proche en structure des œufs comportant des réserves.

L'ovocyte est entouré d'une couche de glycoprotéines, la zone pellucide, et de cellules granuleuses (des cellules folliculaires), qui constituent la corona radiata (figure 12).

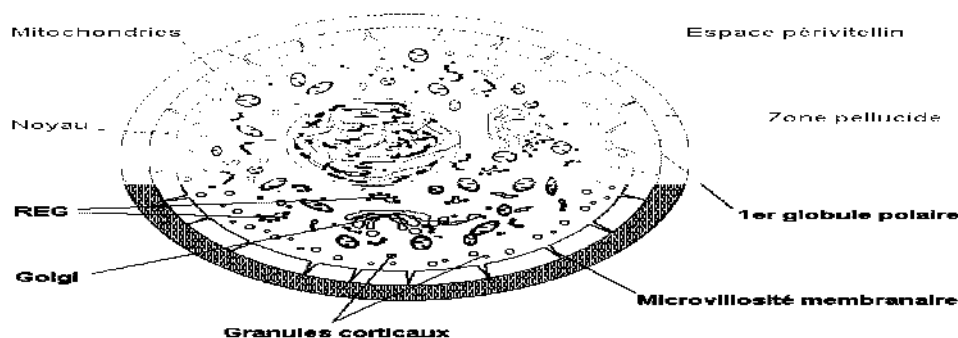


Figure 12 : Ovocyte II

II.4 Principes d'organisation fonctionnelle

II.4.1 Hormones ovariennes

Après l'ovulation les parois du follicule et les thèques s'effondrent et se plient, ils se transforment en corps jaune, structure glandulaire qui s'écrite surtout la progestérone et un peu d'œstrogène.

- Si l'ovocyte est fécondé le corps jaune ne dégénère pas et sous l'effet des HCG dont l'effet est analogue à celui de la LH, il augmente de taille pour former le corps jaune gravidique ou le corps jaune gestatif et accroît sa production hormonale (surtout la progestérone).

- Si l'ovocyte n'est pas fécondé le corps jaune dégénère à la fin du cycle (lutéolyse) ; ce corps jaune de menstruation ou corps jaune cyclique laisse une cicatrice tissulaire dans l'ovaire c'est le corpus albicans ou corps blanc.

- Progestérone

C'est un produit synthétisé en grande partie par le corps jaune (par les cellules de la granulosa; la progestérone a la propriété de provoquer la dentelle utérine et le maintien de la gestation, la synthèse des progestagènes peut également avoir lieu par le placenta et les corticosurrénales.

- Œstrogènes

Les œstrogènes sont un groupe de substance à constitution chimique variée possédant tous la propriété commune de faire apparaître les signes de l'œstrus (chaleurs chez les animaux). Ce sont des hormones sécrétées par les cellules de la thèque interne. Les œstrogènes stimulent la prolifération des cellules de la granulosa et la maturation ovocytaire et leur concertation élevée dans le sang provoque l'apparition du pic de LH.

- Inhibine

Elle est sécrétée par les cellules folliculaires durant la phase folliculaire et par le Corps jaune en phase lutéale. Elle inhibe la sécrétion de FSH.

- Androgènes

Elles sont sécrétées en infimes parties par la thèque interne des follicules.

II.4.2 Régulation de la sécrétion hormonale ovarienne

L'activité sécrétoire des ovaires est modulée par l'adénohypophyse et l'hypothalamus.

➤ **Gonado–Stimulines**

L'adénohypophyse secrète deux gonado stimuline FSH et LH qu'elle libère dans la circulation, et c'est par voie sanguine que celles-ci parviennent aux ovaires.

FSH: c'est l'hormone hypophysaire qui stimule la croissance du follicule ovarien et régit le taux des sécrétion des œstrogènes.

LH: c'est l'hormone qui déclenche l'ovulation entraînant ainsi le début de sécrétion de la progestérone par le corps jaune ovarien et l'inhibition de la maturation d'autres follicules.

➤ **Neuro-Hormones hypothalamique**

L'adéno-hypophyse et elle-même soumise au contrôle de l'hypothalamus, celle-ci secrète une neuro-hormone Gn-RH, qui provoque la libération de la FSH et LH dans la circulation sanguine.

II.4.3 Rétroaction

II.4.3.1 Rétro-contrôle gonado-hypophysaire

- Les œstrogènes ont un effet positif sur la sécrétion de LH;
- La progestérone a un effet négatif sur la production de LH et positif sur la sécrétion de FSH ;
- L'inhibine a un effet négatif sur la sécrétion de FSH.

II.4.3.2 Rétro-contrôle gonado-hypothalamique

Les œstrogènes et la progestérone ont un effet positif ou négatif, en fonction de la durée et de la dose, sur la sécrétion de GnRH.

II.5 Cycle œstrien et cycle menstruel

Le cycle est le résultat de variation hormonale qui influence les tissus sensible aux œstrogènes et à la progestérone.

Chez la femelle le cycle sexuel est interrompu pendant la gestation et la lactation ; il se compose de 2 phases

-Phase folliculaire : au début du cycle le taux d'hormones circulantes (œstrogènes-progestérones) est faible ; la production de FSH et LH est alors stimulée. La FSH agit sur l'ovogenèse donc sur la sécrétion d'œstrogène dont l'augmentation dans le sang provoque une libération massive de LH qui entraîne la rupture du follicule et la ponte.

-Phase lutéal : la LH stimule la transformation du follicule déhiscent en corps jaune. La thèque pénètre dans la granulosa dont les cellules se chargent en lipide, l'ensemble présente alors les caractères d'une glande endocrine en produisant beaucoup de progestérone ainsi que d'œstrogène.

Chez la plupart des mammifères, l'ovulation est spontanée : elle a lieu en l'absence de mâle à des intervalles de temps réguliers caractéristiques de l'espèce. Deux types de cycles sont distingués : le cycle œstral et le cycle menstruel.

- **Cycle œstral** est caractérisé par l'apparition périodique d'un comportement d'œstrus ou d'acceptation du mâle pendant la période qui précède l'ovulation (chez tous les mammifères sauf les primates), le cycle exprime l'intervalle qui sépare deux œstrus donc deux ovulations.
- **Cycle menstruel** : chez les primates et l'espèce humaine, les femelles acceptent de s'accoupler en dehors du moment de l'ovulation, il n'y a pas d'œstrus caractérisé. Au cours de ce cycle, l'activité cyclique des ovaires se manifeste par l'apparition périodique d'un saignement utérin ou menstruation. L'œstrus et la menstruation caractérisent respectivement le début du cycle œstral et le début du cycle menstruel. L'ovulation a lieu au début du cycle œstral et au milieu du cycle menstruel.

II.5.1. Différentes phases du cycle

Au niveau de l'ovaire: 4 phases successives

- **Pré-œstrus:** période de croissance de follicule (phase folliculinaire) FHS+++ et LH+, se traduisant par sécrétion croissante d'œstrogènes.
- **Œstrus:** œstrogène +++, femelle accepte le mâle, fin d'œstrus rupture de follicule de De Graaf, FSH +, LH +.
- **Post œstrus:** épanouissement du corps jaune qui sécrète la progestérone avec installation d'un état pré gravidique de l'utérus.
- **Diœstrus:** phase la plus longue caractérisée par le repos sexuel et la régression du corps jaune.

Au niveau de l'oviducte

- Hyperactivité des cellules glandulaires au moment de l'œstrus.
- Contraction des trompes pour transport des ovocytes vers l'utérus.
- Reconstitution des cellules glandulaire sous l'effet de la progestérone.

Au niveau de l'utérus

- Période sous œstrogène : hypertrophie et congestion des cornes utérines (œdémateuse), endomètre s'épaissit, les glandes s'allongent, volumineuses contournées (sécrétion abondante de glycogène).
- Période sous progestérone : prolifération des cellules épithéliales, endomètre s'épaissit, glandes s'allongent remplis de mucus et de glycogène.
- Au niveau du cervix: à l'œstrus, le mucus cervical plus abondant et plus filtrant .

Au niveau du vagin : cellules épithélial kératinisée, muqueuse sèche.

II.5.2. Durée des cycles sexuels

- Vache : 14-25 jours.
- Brebis : 17 jours (3-35j) souvent saisonnière.
- Chèvre : 15-21 jours.
- Jument : 21 jours (10-37j).
- Truie : 18-24 jours.
- Lapine : 14-16 jours.
- Chienne et chatte en chaleur 3 à 3 fois par an de 4 à 6 mois d'intervalle.

II.6 Rythme de vie génitale

II.6.1 Rythme Discontinu

On l'observe chez les espèces où il n'y a pas de cycle pendant certaines périodes.

- Espèces mono-œstriennes : un seul œstrus par an (loup, renard, sanglier).
- Espèces di-œstriennes : deux œstrus par an (carnivores domestique) .

II.6.2 Rythme Continu

Espèces domestiques poly œstriennes (vache-femme), plusieurs cycles par an.

II.7 L'après ménopause

Après la ménopause, il ne reste plus de follicules en activité au sein des ovaires. Il n'ya plus d'ovulation, la sécrétion de progestérone disparaît avec l'absence d'ostrogénique qui entraîne l'atrophie progressive de l'utérus, de l'épithélium vaginal et de la glande mammaire.

Chapitre III : Transport des gamètes et Fécondation

La reproduction sexuée implique la fécondation, c'est-à-dire l'initiation d'un nouvel être par la fusion de deux cellules germinales : le gamète mâle ou spermatozoïde et le gamète femelle ou ovocyte. 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.

III.1 Préparation des gamètes

- Le gamète mâle, avant de pouvoir féconder l'ovule, doit subir le phénomène de capacitation qui consiste à rendre les spermatozoïdes aptes à la fécondation annulant l'effet du facteur de décapacitation par l'inhibition des enzymes protéolytiques contenues dans l'acrosome et permettant aux spermatozoïdes de traverser la corona radiata et la zone pellucide.

-Au cours de l'ovogénèse, pendant la phase d'accroissement, la prophase méiotique reste bloquée. L'achèvement de la méiose nécessite, dans les conditions normales, la pénétration du spermatozoïde. L'ovocyte de 2^{ème} ordre qui a alors expulsé son 2^{ème} globule polaire prend le nom d'ovotide.

III.2 Rencontre des gamètes

III.2.1 Transport des spermatozoïdes dans les voies génitales femelles

Sa durée diffère d'un mammifère à un autre en fonction de la taille du tractus génital et du lieu de dépôt des spermatozoïdes qui peut être soit au niveau de l'utérus ou du vagin (figure 13).

L'avancée des spermatozoïdes est facilitée par

- La contraction des parties du tractus génital femelle
- La présence du liquide utérin
- La mobilité propre des spermatozoïdes.

- Espèces où le sperme est déposé dans le vagin (femme, vache, brebis, lapine et chatte)

Les spermatozoïdes remontent la quasi-totalité des voies génitales féminines. Déposés dans la cavité vaginale, ils n'y restent que peu de temps, le PH acide du milieu vaginal leur étant néfaste et ils pénètrent aussitôt dans la glaire cervicale, qui occupe le col utérin.

III.2.2 Traversée du col de l'utérus

Ne traversent la glaire cervicale que les spermatozoïdes les plus féconds, c'est-à-dire ceux dont la mobilité est la meilleure, progressive, linéaire et de vitesse suffisante, ainsi que ceux dont la morphologie est la plus typique. La glaire ne laisse passer que 1 à 2% des spermatozoïdes inséminés. Cette glaire est composée de glycoprotéine, de sucre et d'eau.

Les spermatozoïdes ne peuvent traverser la glaire que pendant la courte période péri-ovulatoire, c'est-à-dire le jour de l'ovulation, les deux jours qui la précèdent et le lendemain. Ce n'est qu'à ce moment-là que le col est ouvert, que la glaire est en quantité suffisante et que ses caractéristiques physico-chimiques et morphologiques sont optimales.

La glaire cervicale a plusieurs rôles, à savoir

- Protéger les spermatozoïdes par son PH basique ;
- Constituer un apport énergétique (glucose) ;
- Avoir un rôle antibactérien et anti viral ;
- Éliminer le plasma séminal, donc les facteurs de décapacitation du spermatozoïde.

- Espèces où le sperme est déposé dans l'utérus (truie, jument, rate et chienne)

Chez les espèces où l'insémination a lieu in utero, c'est la relaxation spasmodique du col qui permet le franchissement rapide de celui-ci, cette relaxation a lieu au moment de l'œstrus et sous l'effet des œstrogènes. Le mucus cervical se liquéfie, ce qui facilite la pénétration du pénis dans l'utérus. Les contractions utérines seraient les principales responsables de la remontée des spermatozoïdes, mêmes morts. Les contractions importantes pendant l'œstrus et faibles pendant la phase progestéronique, sont stimulées par la décharge d'ocytocine consécutive à une excitation du col.

III.2.3 Traversée des trompes

Les spermatozoïdes sont encore en grand nombre à la jonction utéro-tubaire qui est difficile à franchir. C'est grâce à leur mobilité que les spermatozoïdes passeraient ce nouvel obstacle. L'isthme contient une substance visqueuse où les spermatozoïdes viennent s'agglutiner par la tête et achèvent la capacitation. Les spermatozoïdes poursuivraient leur progression dans les trompes grâce à des contractions des trompes ainsi que par ses mouvements ciliaires.

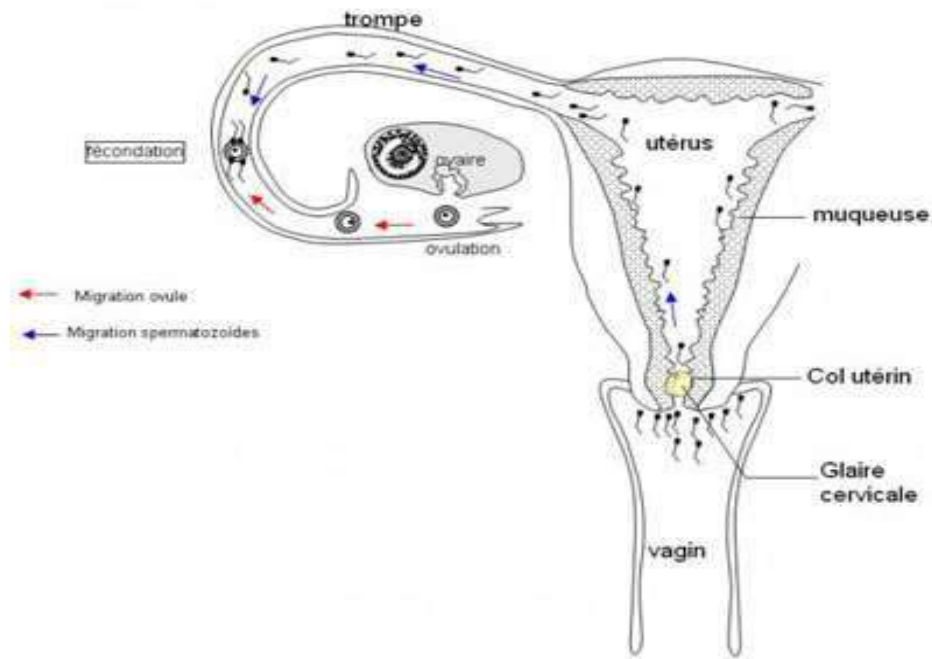


Figure 13 : Transport des spermatozoïdes lors de la fécondation (*Banque de schémas de SVT, académie de Dijon*)

http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=566

III.3 Contact entre les gamètes

Cette étape est complémentaire de la précédente à laquelle elle est dépendante.

Elle comporte la traversée de la corona radiata, la fixation à la zone pellucide, sa traversée et la fusion intergamétique. La durée de cette phase n'est pas connue avec précision, mais elle est brève, de l'ordre d'une heure in vitro.

III.3.1 Traversée de la corona radiata

Alors que plusieurs centaines de millions de spermatozoïdes sont déposés dans les voies génitales femelles, un seul spermatozoïde est nécessaire à la fécondation, les autres spermatozoïdes ont un rôle adjuvant en sécrétant l'hyaluronidase qui aiderait à la dispersion des cellules de la corona radiata c'est la **réaction acrosomiale**, qui consiste en la libération des enzymes contenues dans l'acrosome. Cette réaction se produit lorsque le spermatozoïde capacité, pénètre dans les assises cellulaires péri ovulaires (corona radiata). Elle se caractérise par la fusion de la membrane plasmique et de la membrane acrosomiale externe suivie de l'élimination complète des 2 membranes, ce qui entraîne :

- La libération des enzymes contenues dans l'acrosome et plus particulièrement l'hyaluronidase
- La mise à nu de la membrane acrosomiale interne sur laquelle est localisée l'acrosine qui digère la zone pellucide.

III.3.2 Fixation à la zone pellucide

Dès que les spermatozoïdes sont en contact avec l'enveloppe externe de l'ovocyte ou pellucide, ils y adhèrent par un récepteur à une glycoprotéine de la pellucide:ZP3.

Cette liaison est spécifique car un spermatozoïde ne peut en général, se fixer qu'à un ovocyte de son espèce.

III.4 Fécondation proprement dite

Le terme "fécondation" désigne le processus de rencontre et de fusion du gamète mâle ou spermatozoïde et du gamète femelle ou ovocyte II. Ce processus aboutit à une cellule unique : l'œuf ou zygote et a lieu dans le 1/3 externe de la trompe utérine (c'est-à-dire dans l'ampoule tubaire).

Elle comporte 2 étapes essentielles:

- La pénétration du spermatozoïde dans l'ovule.
- L'amphimixie ou fusion des 2 noyaux mâle et femelle (figure14).

III.4.1 Stades de la fécondation

III.4.1.1 Pénétration du spermatozoïde

La traversée de la zone pellucide se fait obliquement et par la digestion de la zone pellucide par l'acrosine et par la poussée du mouvement flagellaire exacerbée par la réaction acrosomiale, suivie par la pénétration du spermatozoïde, ce qui entraîne une modification potentielle de la membrane de l'ovocyte qui devient imperméable à la pénétration d'autres spermatozoïdes (modification physico chimique de la zone pellucide). Cette modification entraîne une exocytose des granules corticaux (fusion de ces granules à la membrane plasmique ovocytaire): c'est la réaction corticale.

Dès la pénétration, le spermatozoïde laisse sa membrane protoplasmique à la surface de l'ovocyte qui achève sa deuxième division de maturation et ses chromosomes se rassemblent dans un noyau d'aspect vésiculaire : le pronucléus femelle

En se rapprochant du pronucléus femelle, le spermatozoïde perd sa queue et grossit son noyau et devient pronucléus mâle, morphologiquement identique au pronucléus femelle.

III.4.1.2 Amphimixie

Le pronucléus mâle effectue une rotation qui amène le centriole proximal orienté vers le centre de l'œuf. Avant de fusionner, les deux pronucléus gagnent le centre de l'ovule, leurs membranes disparaissent et leurs chromosomes se condensent: c'est l'Amphimixie.

Les N chromosomes maternels et les N chromosomes paternels se mettent en place sur le fuseau puis se clivent au niveau du centromère.

Comme une mitose, les demi-chromosomes migrent vers les pôles opposés de la cellule. Un profond sillon apparaît à la surface de la cellule et divise le cytoplasme en deux : chaque cellule aura donc un nombre diploïde de chromosome et un capital normal d'ADN.

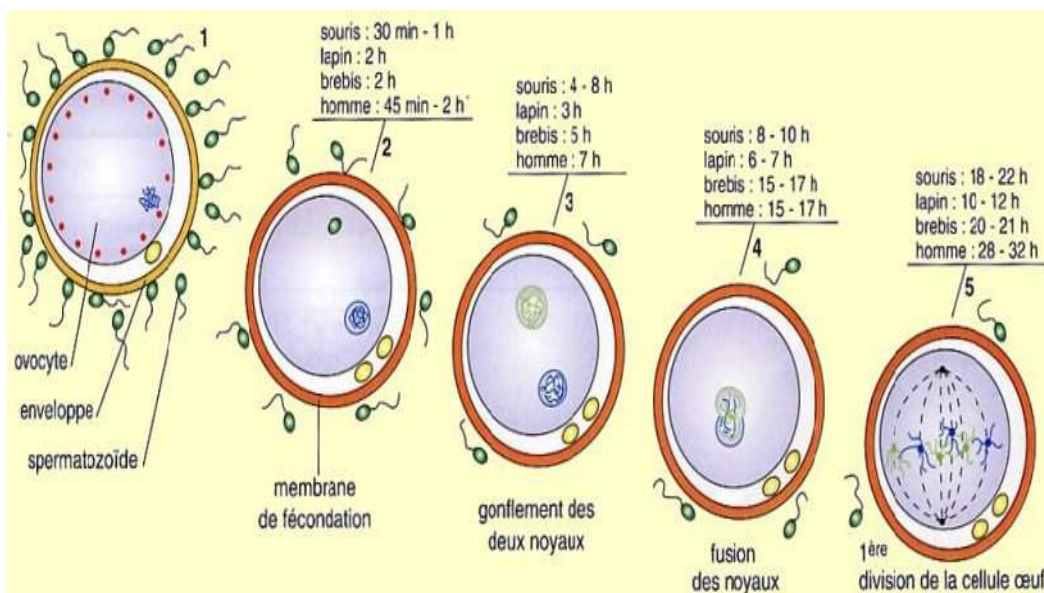


Figure 14 : Etapes de la fécondation (<https://www.maxicours.com/se/fiche/2/4/410642.html/ts#>)

III.4.2 Conséquences de la fécondation

- Restauration d'un nombre diploïde de chromosomes.
- Détermination du sexe du nouvel être au moment de l'amphimixie (Le sexe du zygote dépend du chromosome sexuel contenu dans le spermatozoïde fécondant).

III.5 Anomalies de la fécondation

Elles surviennent si :

- L'un des gamètes est porteur d'une anomalie chromosomique (translocation, monosomie, trisomie, etc.): celle-ci sera transmise au zygote; le cas de la Digynie est où il y'a fécondation d'un ovule diploïde par un spermatozoïde normal (non expulsion du 2ème globule polaire ou un ovocyte diploïde) ;
- Plusieurs spermatozoïdes entrent ensemble dans l'ovocyte : Polyspermie ; ce phénomène rare est à l'origine d'un œuf triploïde (3 Nchr) qui conduit à des avortements ;
- Une erreur de réplication de l'ADN des pronucléus survient au moment de l'amphimixie ; cela aboutit à une polyploïdie.

III.6 Durée de gestation et retour des chaleurs après le pâtre

La durée de gestation et le retour des chaleurs varient d'une espèce à une autre :

- Vache 280 ,retour des chaleurs 20-40j
- Brebis 150J, retour des chaleurs 2 mois
- Jument 336J, retour des chaleurs 7J-14Jj
- Chienne 63j
- Chatte 58J

Références Bibliographiques

- Anonyme1. Cours embryologie chapitre 2 : la spermatogenèse.

[www.poly-prepas.com/images/files/La%20spermatogenese%20\(L1%20SANTE\).pdf](http://www.poly-prepas.com/images/files/La%20spermatogenese%20(L1%20SANTE).pdf)

- Anonyme 2. Chapitre 4. La fécondation. [http://www.poly-prepas.com/images/files/La%20f%C3%A9condation%20\(L1%20SANTE\).pdf](http://www.poly-prepas.com/images/files/La%20f%C3%A9condation%20(L1%20SANTE).pdf)

- Bio Top, 2017. Chapitre 5 : La gamétogenèse.

https://www.bio-top.net/Transmission_vie/5_gametogenese.htm

- Bourgès-Abella N. Le testicule, Module Sciences morphologiques HISTOLOGIE- Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. Module Sciences morphologiques HISTOLOGIE-

https://eddirasa.com/wp-content/uploads/univ/ENSV/veto_histologie-testicule.pdf.

- Craplet G. Reproduction normale et pathologique des bovins, 1952, Vigot frères éditeurs, Paris, 7-39PP.

- Hamamah. Spermatogenèse, ovogenèse, fécondation, 2010-2011. UE2 Embryologie séance1.

www.lafed-um1.fr/statique/archives/2010-2011/UE2.../UE2embryoPPTseance1.pdf.

- Halter S, Reynaud K, Tahir Z, Thoumire S, Chastant-Maillard S, Saint-Dizier M. L'oviducte de mammifère un organe revisité.

https://www.researchgate.net/publication/251666238_L'oviducte_de_mammifere_un_organe_revisite [consulter en Oct 06 2018].

- 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.

- Marie-Claire Orgebin-Crist, Liliane Boivineau, Y. De Fontaubert. Recherches expérimentales sur la durée de passage des spermatozoïdes dans L'ÉPIDIDYME DU TAUREAU. Annales de biologie

animale, biochimie, biophysique, 1962, 2 (1), pp.51-108. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00896164>

- Pedron P, Ttraxer O, Haab F, Farres M T, Tligui M, Thibault P, Gattegno B. Glandes de Cowper : aspects anatomique, physiologique et pathologique, 1997. Progrès en Urologie, 7, 563-569.

www.urofrance.org/fileadmin/documents/data/PU/.../TEXF-PU-1997-00070563.PDF.

- Santé publique éditions. L'ovogénèse.

www.santepublique-editions.fr/objects/l-ovogenese.pdf

- Seddiki-Bougrassa; Messala; Bouabdellah, 2017. Fécondation. Université d'Oran, Faculté de médecine, Service d'Histologie-Embryologie.

facmed-univ-oran.dz/ressources/fichiers_produits/fichier_produit_822.pdf.

- Serakta A. Cours Embryologie première année médecine vétérinaire, Institut des sciences Vétérinaires, Université Mentouri, Constantine1.

- Tahlaïti. La fécondation, Cours d'embryologie, faculté de médecine, Université de Mostaganem.

<https://docplayer.fr/24221071-Cours-d-embryologie-faculte-de-medecine-universite-de-mostaganem-mme-tahlaiti-la-fecondation.html>

- Vaissaire J.P. Sexualité et reproduction des mammifères domestique et de laboratoire, 1977, Maloine S.A Editeur, Paris, 81-332PP.

- V.L.C research- OPHYS, 2015. Testicule.

<https://bloglophys.wordpress.com/2015/06/18/testicule>