

PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION

1. [Anatomie de l'appareil génital féminin](#)
2. [Formation des ovocytes et ovulation](#)
3. [Anatomie de l'appareil génital masculin](#)
4. [Formation des spermatozoïdes et éjaculation](#)
5. [Fécondation](#)
6. [Développement embryonnaire précoce et nidation](#)

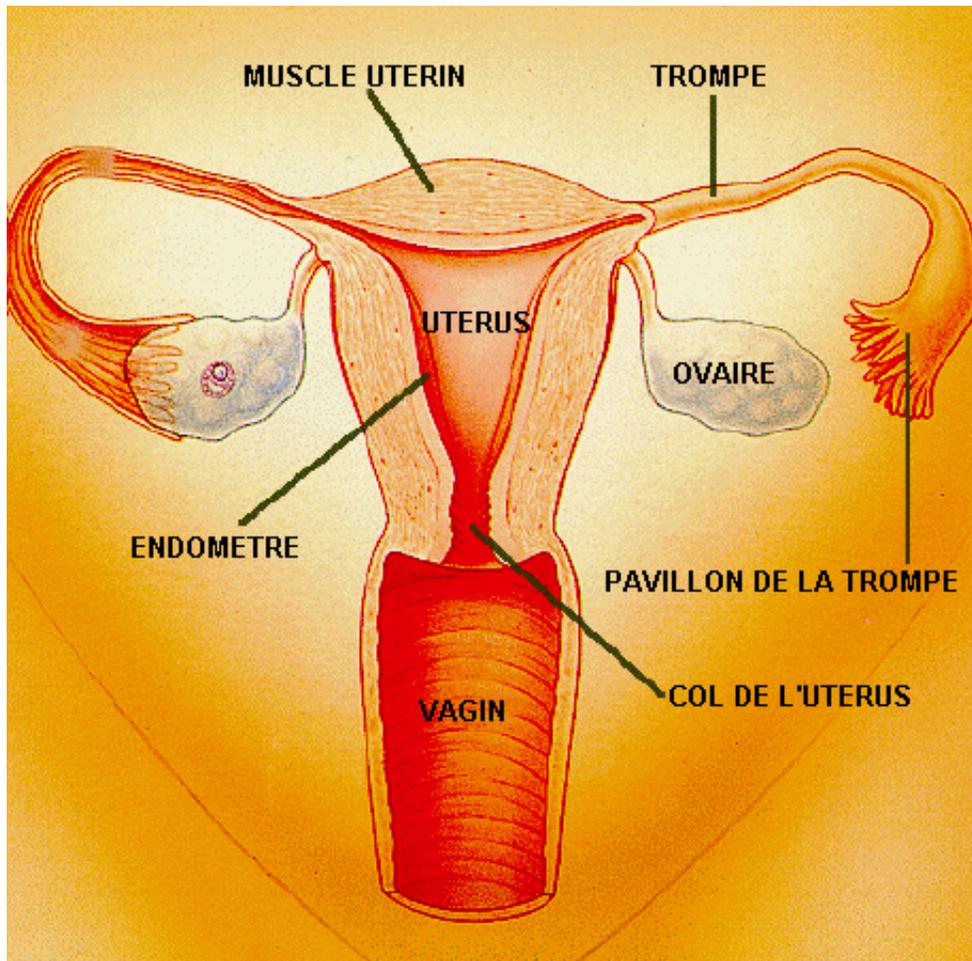
Avertissement:

les données présentées ici sont volontairement simplifiées et ne constituent pas un cours de biologie de la reproduction

Introduction

La reproduction humaine consiste en la fusion de deux cellules, appelées **gamètes** (ovocyte et spermatozoïde), contenant chacune 23 chromosomes. Cette fusion va permettre la formation d'un **embryon** contenant 46 chromosomes, dont la moitié proviennent de la mère et l'autre moitié du père. Cet embryon a donc une identité génétique propre et il s'agit plus d'une **procréation** (formation d'un nouvel être) que d'une reproduction (à l'identique). La procréation nécessite donc une phase préparatoire de formation des gamètes (gamétogenèse: [ovogenèse](#) pour les [ovocytes](#), [spermatogenèse](#) pour les [spermatozoïdes](#)), puis la fusion de ces gamètes ([fécondation](#)). Lors de la gamétogenèse, les cellules vont subir une réduction du nombre de chromosomes pour passer de 46 chromosomes (nombre spécifique de l'espèce humaine) à 23 chromosomes lors de la méiose. La **méiose**, qui ne concerne que les cellules de la gamétogenèse, est constituée de deux divisions cellulaires successives, appelées mitose réductionnelle et mitose équationnelle.

1. Anatomie de l'appareil génital féminin

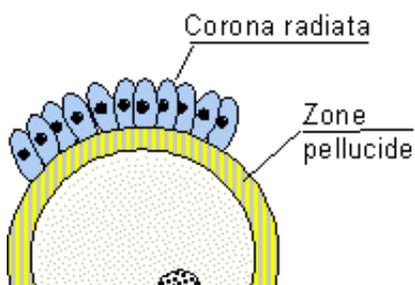


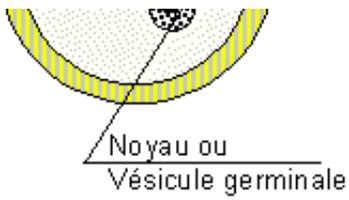
2. Formation des ovocytes et ovulation

2.1. L'ovocyte

Il s'agit d'une grosse cellule sphérique, immobile, mesurant environ 140μ de diamètre en fin de phase de croissance. Elle est entourée d'une enveloppe translucide, formée de protéines: la **zone pellucide**. A l'extérieur de la zone pellucide, l'ovocyte est inclus dans une masse cellulaire, appelée **cumulus oophorus**, dont la couche en contact avec la zone pellucide est nommée **corona radiata**.

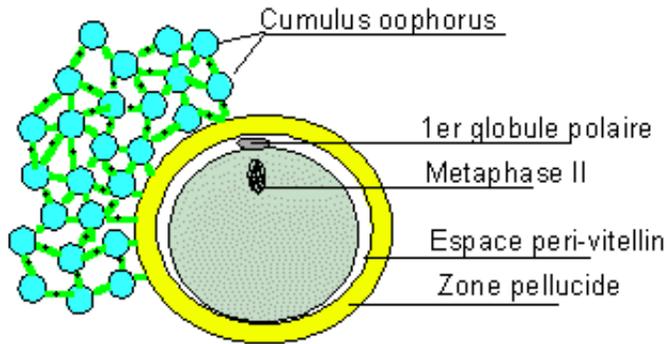
On distingue deux types d'ovocyte: l'**ovocyte I**, ou ovocyte immature, dont le noyau est bloqué en prophase de 1ère division de la méiose (vésicule germinale) et qui n'a pas de globule polaire,



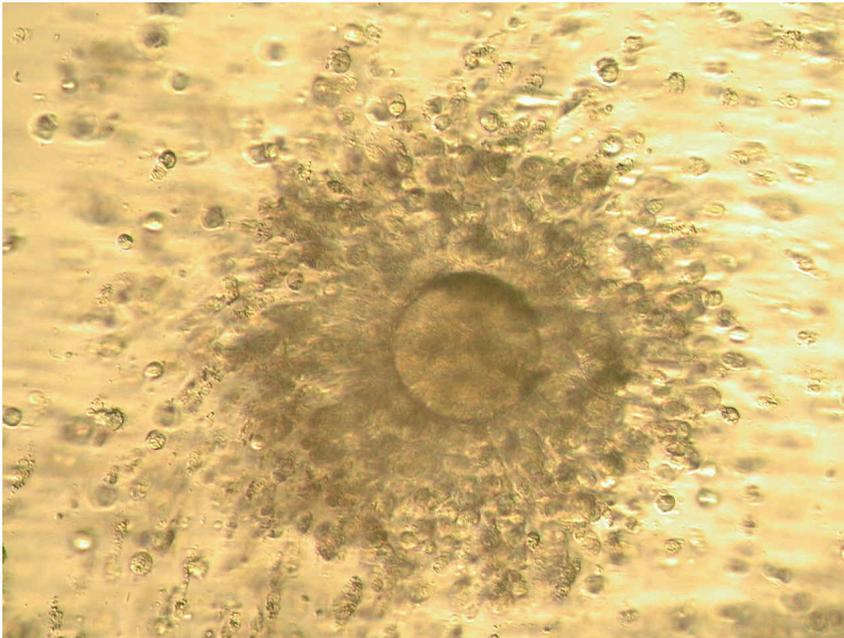


Ovocyte I

et l'**ovocyte II**, ou ovocyte mature, dont le noyau est bloqué en métaphase de 2ème division de la méiose et qui possède un **globule polaire** dans l'espace séparant la zone pellucide et l'ovocyte (**espace péri-vitellin**).



Ovocyte II



Ovocyte II entouré du cumulus oophorus





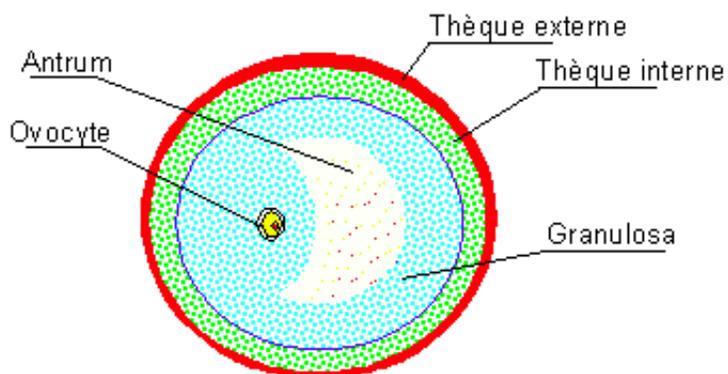
Ovocyte II

2.2. L'OVOGENÈSE

L'ovogenèse ([schéma général](#)), ou formation des ovocytes, se déroule au sein des follicules situés dans l'ovaire et débute lors de la vie embryonnaire. A la naissance, il y a un stock d'environ 200.000 ovocytes I. A partir de la puberté et jusqu'à la ménopause, chaque mois une vague d'environ 600 ovocytes démarrent leur croissance. Cette croissance dure 21/2 mois au terme de laquelle il ne reste qu'un seul ovocyte (les autres ayant dégénéré). Pendant cette phase de croissance, l'ovocyte va acquérir le matériel cellulaire nécessaire aux premières étapes du développement embryonnaire. A cette croissance, fait suite une étape de maturation, d'une durée de 36 heures, permettant la formation d'un ovocyte mature ou ovocyte II. La maturation de l'ovocyte est déclenchée par le pic de LH. Elle va permettre à l'ovocyte de devenir fécondable par un spermatozoïde.

2.3. Le follicule

Les follicules sont des formations sphériques situées en périphérie des ovaires contenant les ovocytes. Ils sont formés de 3 couches cellulaires concentriques: la thèque externe, la thèque interne et la granulosa qui délimitent une cavité liquidienne ou antrum. Cette dernière, n'absorbant pas les ultra-sons, pourra être mesurée par [échographie](#).



Follicule

Les follicules subissent une phase de croissance et leur diamètre va passer de 40 μ à 22mm. Cette croissance est strictement parallèle à la croissance ovocytaire, tant au point de vue de la durée que de la cinétique.

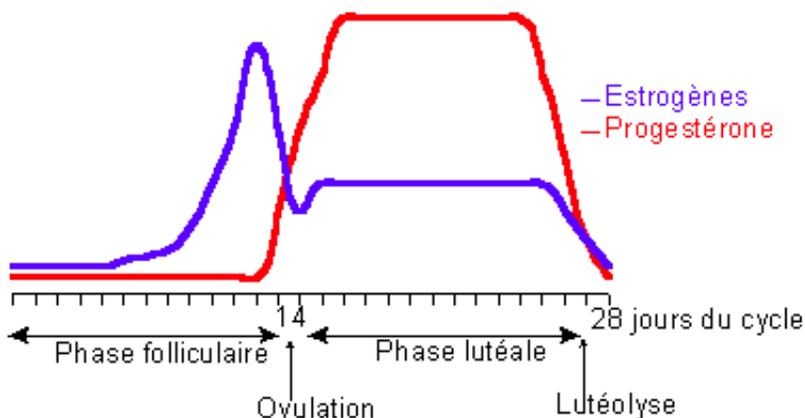
En fin de croissance, sous l'effet du pic de LH, le follicule va se rompre à la surface de l'ovaire et va expulser l'ovocyte dans la trompe: c'est l'**ovulation** (en moyenne au 14ème [jour du cycle](#)). Après l'ovulation, le follicule se transforme en **corps jaune** dont la durée de vie est d'environ 12 jours. S'il y a grossesse, le corps jaune va persister pendant le 1er trimestre. Dans le cas contraire, il va devenir fibreux (corps blanc) puis disparaître complètement: c'est la lutéolyse.

2.4. Sécrétions hormonales de l'ovaire

L'ovaire a une activité très importante de synthèse hormonale. Le follicule, lors des 14 derniers jours de sa croissance, synthétise des estrogènes et plus particulièrement de l'**estradiol**. Cette synthèse augmente progressivement jusqu'à l'ovulation. Cette phase est appelée phase folliculaire.

Après l'ovulation, la synthèse d'estradiol diminue et le corps jaune sécrète essentiellement de la **progestérone**. On appelle cette phase la phase lutéale. La synthèse de progestérone va durer pendant toute la vie du corps jaune et va chuter lors de la formation du corps blanc.

Le fonctionnement de l'ovaire étant cyclique, une nouvelle phase folliculaire va succéder à la phase lutéale.



Sécrétions hormonales des ovaires

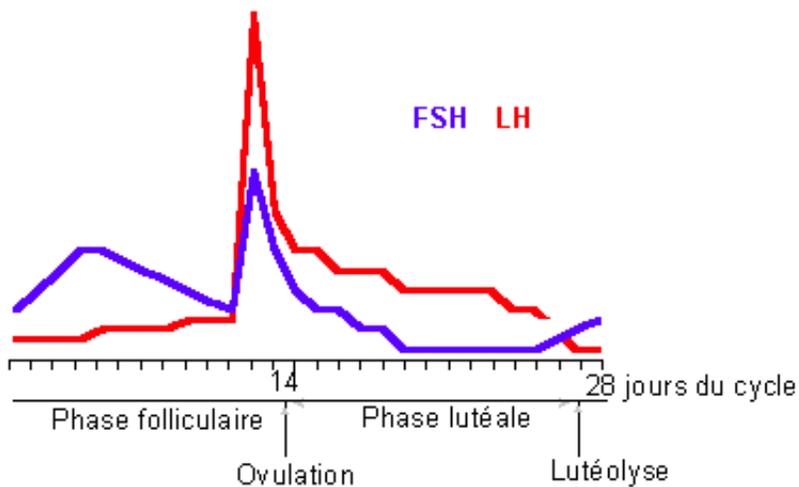
2.5. Contrôle du fonctionnement ovarien

Le fonctionnement des ovaires est contrôlé par deux formations situées à

la base du cerveau: l'hypothalamus et l'hypophyse. L'**hypothalamus** sécrète une hormone, le **GnRH** (Gonadotrophin Releasing Hormone) qui va stimuler l'hypophyse.

En réponse, l'**hypophyse** va sécréter deux hormones (gonadotrophines), la **FSH** (Follicle Stimulating Hormone) et la **LH** (Luteinizing Hormone) qui vont à leur tour agir sur les ovaires. Par leurs sécrétions hormonales les ovaires vont réguler le fonctionnement de l'hypothalamus et de l'hypophyse (rétro-contrôle). Les modalités du contrôle varient en fonction du stade de développement des follicules.

- En phase folliculaire, la FSH stimule la croissance des follicules et la synthèse d'estradiol. En retour, l'estradiol va réguler la sécrétion de FSH.
- En fin de phase folliculaire, les fortes quantités d'estradiol secrétées par l'ovaire vont stimuler l'hypothalamus et l'hypophyse ce qui va entraîner une décharge brutale et très importante de LH (**pic de LH**) qui va induire l'ovulation et la maturation ovocytaire.
- En phase lutéale, c'est la LH qui va stimuler le corps jaune qui en réponse synthétise de la progestérone. En fin de phase lutéale, la LH va chuter, entraînant la lutéolyse. S'il y a grossesse, l'embryon secrète l'**hCG** (human Chorionic Gonadotropin) qui a le même effet que la LH et qui va donc stimuler le corps jaune et empêcher la lutéolyse.



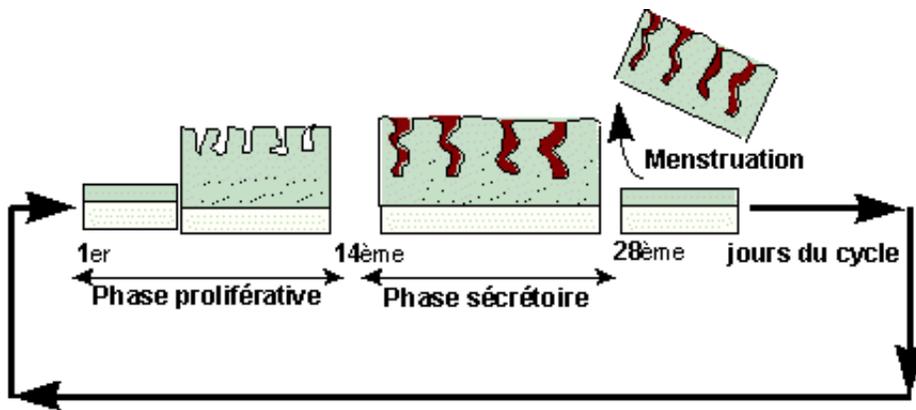
Evolution des hormones hypophysaires pendant le cycle

2.6. Rôle des hormones ovariennes

Les hormones ovariennes (estrogènes et progestérone) passent dans le sang et vont venir agir sur leurs organes cibles.

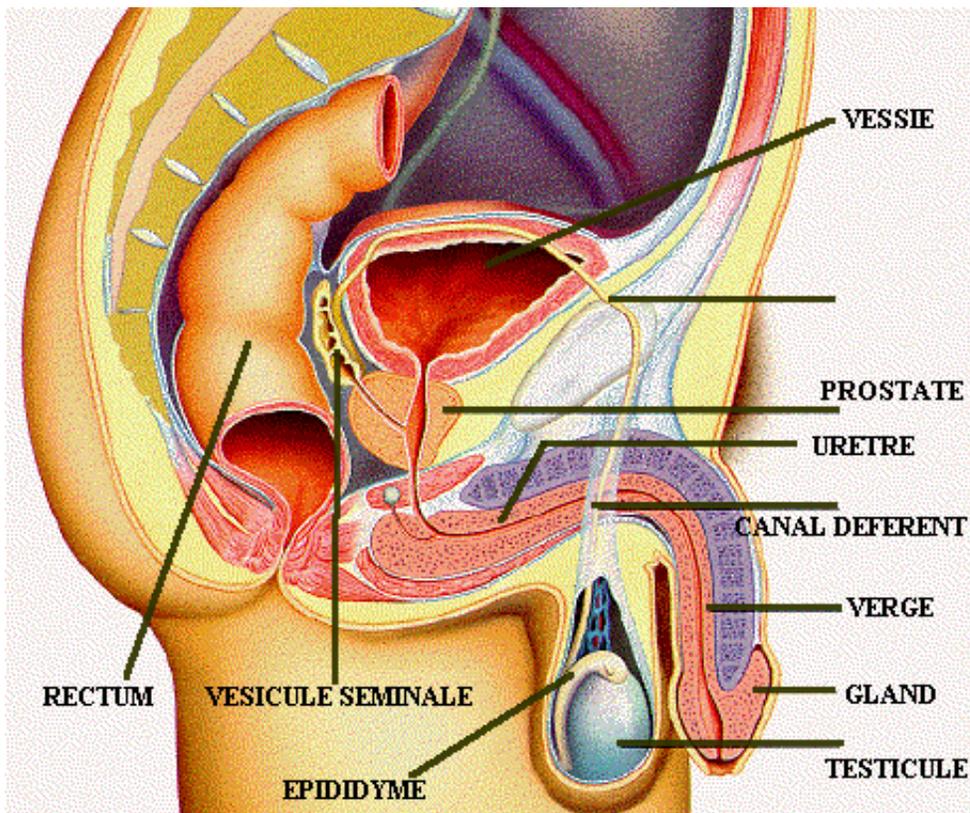
- **Sur la glaire cervicale:** les estrogènes vont stimuler la sécrétion de glaire cervicale et augmenter sa perméabilité aux spermatozoïdes. A l'opposé, la progestérone diminue la sécrétion et la rend imperméable aux spermatozoïdes.
- **Sur l'endomètre (muqueuse qui tapisse l'intérieur de la cavité utérine):** sous l'action des estrogènes, l'endomètre va s'épaissir (**phase proliférative**). La progestérone stoppe le développement de l'endomètre mais stimule la sécrétion des glandes de l'endomètre (**phase sécrétoire**) (ces deux phases successives sont indispensables à la nidation de l'embryon). En fin de vie du corps jaune, lors de la chute de la progestérone, la partie de l'endomètre qui avait proliféré sous l'effet des estrogènes va se détacher de la paroi utérine: c'est la menstruation (règles). En cas de grossesse,

le maintien de la sécrétion de progestérone par l'hCG va empêcher l'apparition des règles. Il y a donc un fonctionnement cyclique de l'endomètre que l'on appelle **cycle menstruel**. Ce cycle est tout à fait superposable à celui des ovaires et par définition on considère que le 1er jour des règles correspond au 1er jour de la phase folliculaire (1er jour du cycle).



Cycle menstruel (endomètre)

3. Anatomie de l'appareil génital masculin

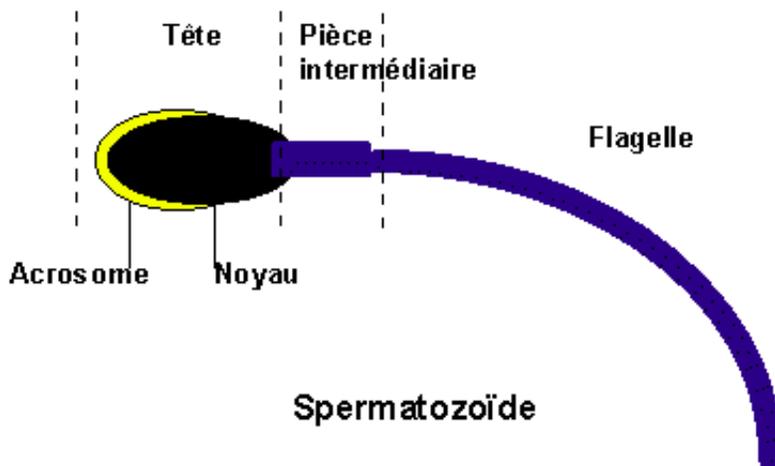


4. Formation des spermatozoïdes et éjaculation

4.1. Les spermatozoïdes

Les spermatozoïdes, ou gamètes mâles, sont de petites cellules (3μ de large et 60μ de long) très mobiles dont la structure a pour but d'amener les chromosomes paternels à l'intérieur de l'ovocyte. Ils sont formés de 3 parties:

- La **tête** composée du **noyau** (contenant les chromosomes) et de l'**acrosome** (sac contenant les enzymes nécessaires à la pénétration dans l'ovocyte).
- La **pièce intermédiaire**: très riche en mitochondries qui fournissent l'énergie nécessaire au mouvement.
- Le **flagelle** qui est l'organe de propulsion du spermatozoïde



4.2. La spermatogenèse

La spermatogenèse, ou formation des spermatozoïdes, se déroule au sein des **tubules séminifères** situés dans les testicules. Elle s'effectue à partir de cellules souches, les spermatogonies, qui se multiplient par simple division cellulaire. Les spermatogonies se transforment ensuite en spermatocytes I

qui vont subir la mitose réductionnelle de la [méiose](#) pour donner les spermatocytes II. Ces spermatocytes II vont donner les spermatides

après avoir subi la mitose équationnelle. Les **spermatides**, qui sont en réalité des spermatozoïdes immatures, vont subir une phase de maturation, appelée **spermiogenèse**, pour donner naissance aux spermatozoïdes. Cette dernière phase permet au spermatozoïde d'acquérir les outils nécessaires à la fécondation (acrosome, flagelle) et de modifier son noyau.

La spermatogenèse débute à la puberté et est permanente. Il faut environ 72 jours pour qu'une spermatogonie donne naissance à un spermatozoïde.

4.3. Les testicules

Les testicules, situés dans les bourses, contiennent les tubules séminifères, très fins tubes sous forme de pelote au sein desquels se fait la spermatogenèse. Ces tubules contiennent également des cellules nourricières, appelées cellules de Sertoli. Entre les tubules séminifères se trouvent les cellules qui fabriquent les hormones mâles ou androgènes (testostérone): ce sont les cellules de Leydig.

4.4. Formation du sperme

Les spermatozoïdes, après leur maturation, sont libérés à l'intérieur des tubules séminifères et vont être stockés dans l'épididyme où ils vont terminer leur maturation (acquisition de la mobilité). Lors de l'éjaculation, les spermatozoïdes (ainsi que les sécrétions de l'épididyme) vont passer dans les canaux déférents, se mélanger avec les sécrétions des vésicules séminales puis de la prostate ce qui permet la formation du sperme. Le sperme passe ensuite dans l'urètre et est éjaculé vers l'extérieur au niveau du gland.

4.5. Régulation du fonctionnement des testicules

Tout comme les ovaires, les testicules sont sous le contrôle des hormones [FSH](#) et [LH](#) qui vont stimuler la spermatogenèse et la synthèse des androgènes. Par contre, ici le fonctionnement n'est pas cyclique mais continu.

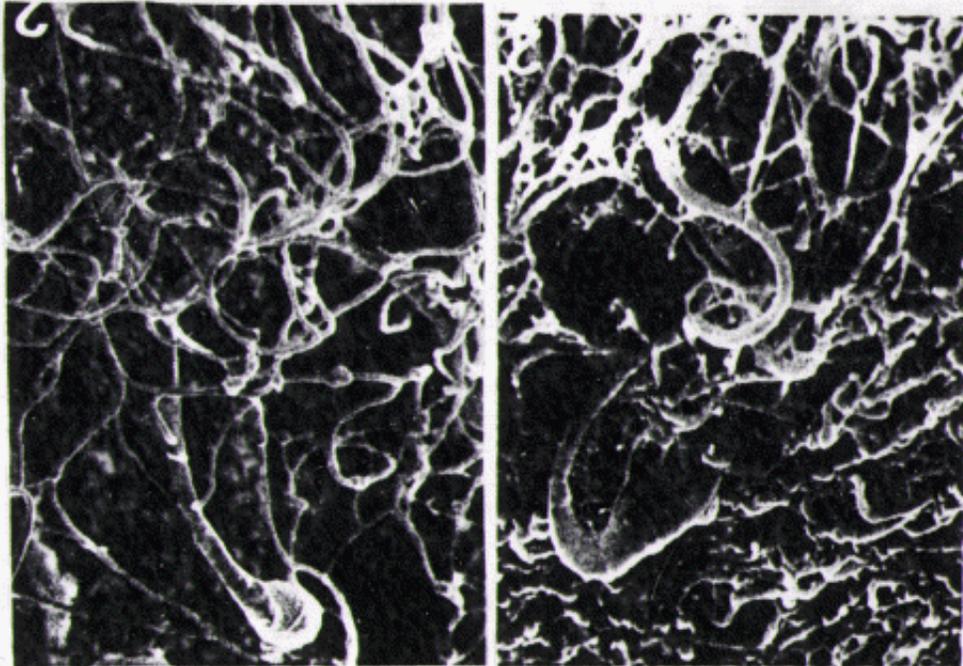
De plus, les testicules sont contrôlés par la température. En effet, la position externe des bourses permet de maintenir les testicules à une température d'environ 35° et non de 37° comme le reste du corps. Cette faible température est indispensable à la spermatogenèse et toute élévation thermique peut bloquer celle-ci.

5. Fécondation

5.1. Migration des spermatozoïdes dans l'appareil génital féminin

Lors d'un rapport sexuel, des millions de spermatozoïdes sont

éjaculés dans le vagin. pour atteindre l'ovocyte et le féconder, il vont devoir migrer vers les trompes. Pour cela, la première étape est la traversée de la glaire cervicale. La **glaire cervicale**, sécrétée par les glandes endocervicales du col de l'utérus, forme un réseau de mailles ressemblant à un filet. Les spermatozoïdes vont se faufiler à travers ce filet pour atteindre l'utérus puis les trompes grâce à leur mobilité. Cette traversée de la glaire cervicale joue un rôle essentiel dans les processus de fécondation. En effet la glaire est un milieu très favorable pour la survie des spermatozoïdes contrairement au vagin (sécrétions très acides). Les spermatozoïdes vont donc être stockés là. La glaire joue également un rôle de filtre (seuls les spermatozoïdes normaux et mobiles peuvent la franchir). Enfin, les spermatozoïdes n'acquièrent leur pouvoir fécondant qu'après la traversée de la glaire par des processus que l'on appelle **capacitation** (modifications de la membrane des spermatozoïdes). Au terme de leur périple, seulement quelques centaines de spermatozoïdes atteindront les trompes, lieu de la fécondation.

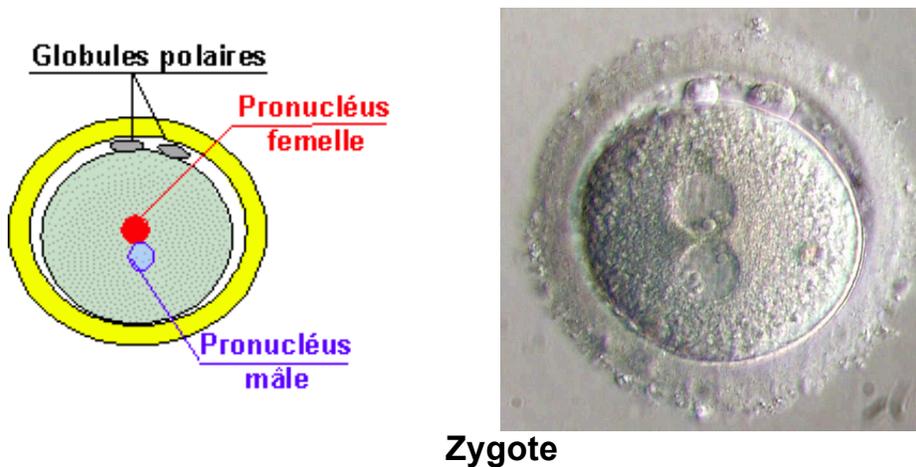


Glaire cervicale en microscopie électronique

5.2. Fécondation

Pour pouvoir déposer leur noyau à l'intérieur de l'ovocyte, les spermatozoïdes vont devoir traverser auparavant le [cumulus oophorus](#) et atteindre la [zone pellucide](#). Ils se fixent ensuite sur la zone pellucide qu'ils vont traverser à l'aide des enzymes contenues dans l'[acrosome](#) (réaction acrosomique). Ils pénètrent alors dans l'espace péri-vitellin et vont fusionner avec la membrane de l'ovocyte. La totalité du spermatozoïde va pénétrer à l'intérieur de l'ovocyte. L'ovocyte, par une réaction chimique (réaction corticale), modifie sa zone pellucide de façon à ce qu'elle ne puisse plus être traversée par un autre spermatozoïde. Il n'y a donc ainsi qu'un seul spermatozoïde qui va pénétrer dans

l'ovocyte. Après la fécondation, l'ovocyte termine la méiose pour donner un ovule et le 2ème globule polaire. Cet **ovule** contient alors deux noyaux, appelés **pronuclei**, l'un provenant de l'ovule, l'autre du spermatozoïde, et est nommé **zygote**.



Ce zygote va ensuite se diviser pour donner naissance à un **embryon** à 2 cellules identiques. Lors de cette division cellulaire, ou mitose, les 2 pronuclei vont fusionner, mélangeant ainsi les chromosomes maternels et paternels pour former le génome embryonnaire.



Embryon à 2 cellules

7. Développement embryonnaire précoce et nidation

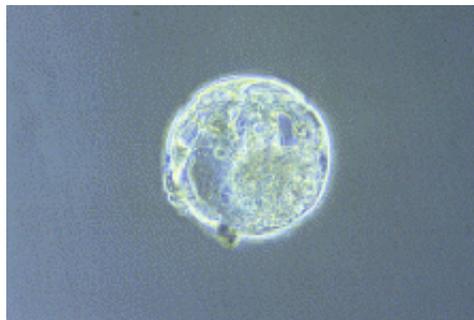
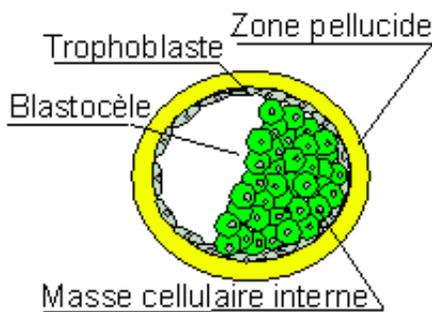
7.1. Développement embryonnaire

Les embryons vont se diviser, au rythme d'environ une division toutes les 10 heures. On va donc avoir des embryons à 4, puis 8, 16.....cellules. Au stade 16 cellules l'embryon est appelé **morula** (petite mure).



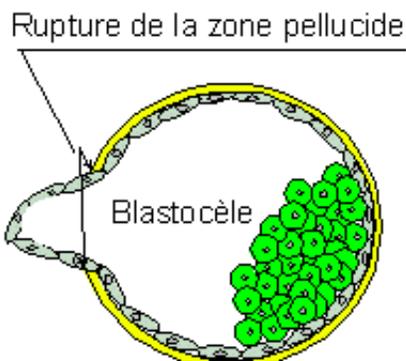
Morula (3ème jour)

A 64 cellules, une cavité liquidienne se creuse au sein de l'embryon qui est alors appelé **blastocyste**. A ce stade, l'embryon est formé de 2 types de cellules: les cellules de la périphérie ou cellules du trophoblaste qui donneront les annexes de l'embryon (placenta) et les cellules de la masse cellulaire interne qui donneront l'embryon lui-même. Jusque là, l'embryon est resté dans la zone pellucide et sa taille n'a pas bougé; c'est la taille des cellules qui a diminué.

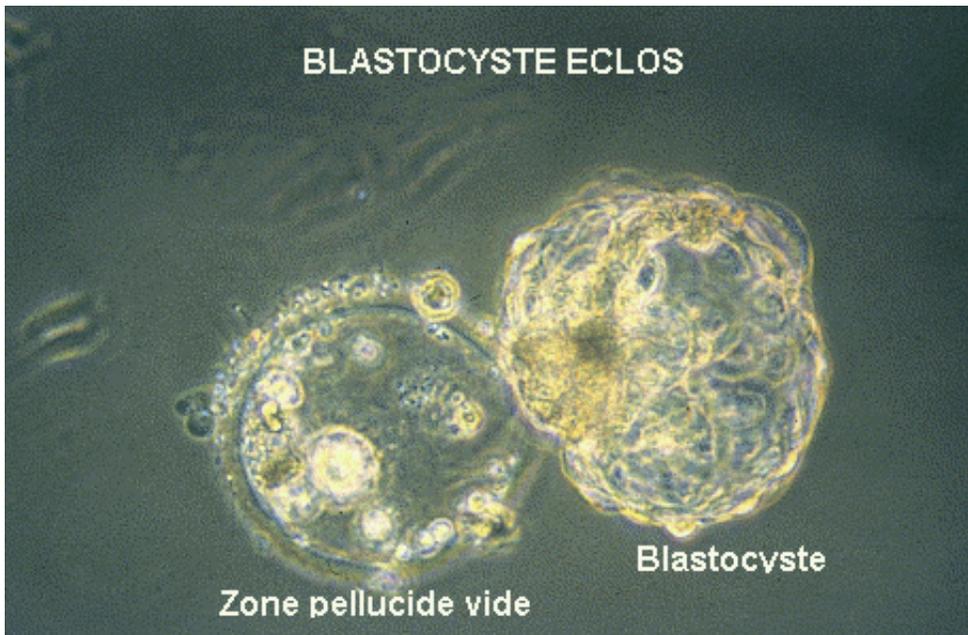


Blastocyste (4ème jour)

A partir du stade blastocyste, l'embryon va grossir et sortir de la zone pellucide: c'est l'**éclosion** du blastocyste (5ème jour après la fécondation).



Eclosion du blastocyste

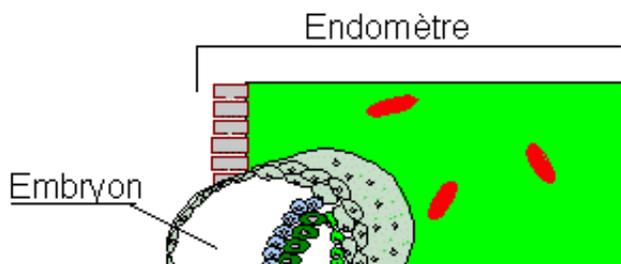


7.2. Migration de l'embryon

Pendant son développement, l'embryon va se déplacer dans la trompe pour se diriger vers l'utérus. Ce déplacement s'effectue grâce à des cils placés sur la paroi de la trompe qui par leur mouvement vont balayer l'embryon et le pousser vers l'utérus. L'embryon arrive dans l'utérus vers le 4ème jour après la fécondation.

7.3. Nidation

Après son éclosion dans l'utérus, le blastocyste va venir se fixer sur l'[endomètre](#) et va pénétrer celui-ci. Il va s'enfouir à l'intérieur de la muqueuse: c'est la nidation. L'embryon va ensuite se connecter aux vaisseaux sanguins de l'utérus (placenta) ce qui lui permettra d'obtenir les substances nutritives nécessaires à son développement. La nidation nécessite que l'endomètre ait eu une bonne [phase proliférative](#) et soit en [phase sécrétoire](#).





Vaisseaux sanguins
maternels

Nidation (8ème jour)