

**Partie 2 :  
reproduction**

**Chapitre 1 : Les principales  
étapes de la reproduction**

La capacité à se reproduire est une des caractéristiques des systèmes vivants. Pour cela, il existe deux stratégies qui consistent soit à peupler rapidement un milieu avec des individus tous identiques, soit à créer des individus en plus petite quantité mais tous différents les uns des autres. Le premier cas est assuré par la mitose et le deuxième par la reproduction sexuée que nous allons étudier ici en prenant comme exemple l'espèce humaine.

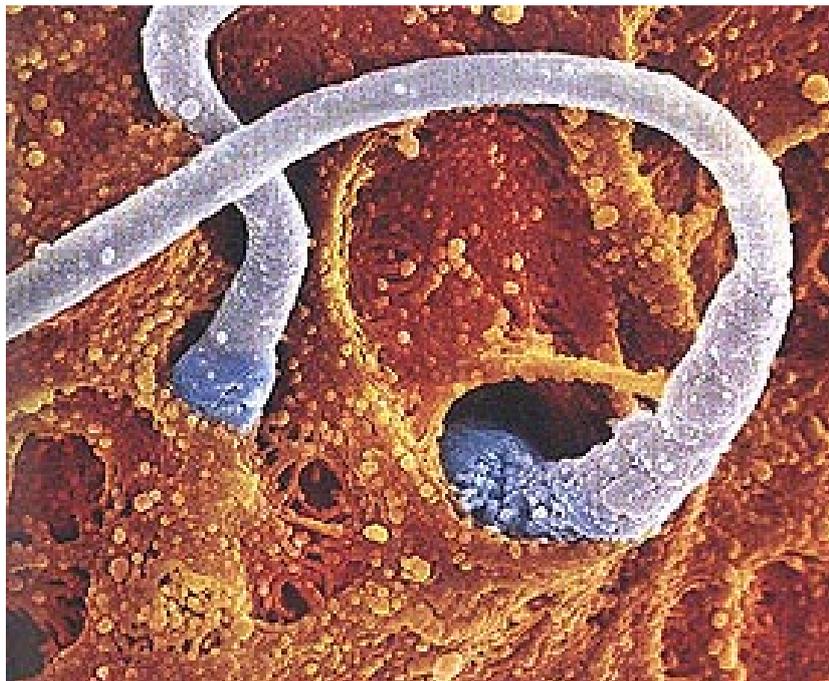
**I - Organisation générale de l'appareil génital de l'homme et de la femme**

**II - Les gonades et la formation des gamètes**

- 1- La méiose : division cellulaire spécifique aux cellules sexuelles
- 2- Les testicules et la formation des spermatozoïdes
- 3- Les ovaires et la formation des ovocytes

**III- Fécondation et développement de l'embryon**

- 1- Les étapes de la fécondation
- 2- Migration et nidation de l'embryon



## I - Organisation générale de l'appareil génital de l'homme et de la femme

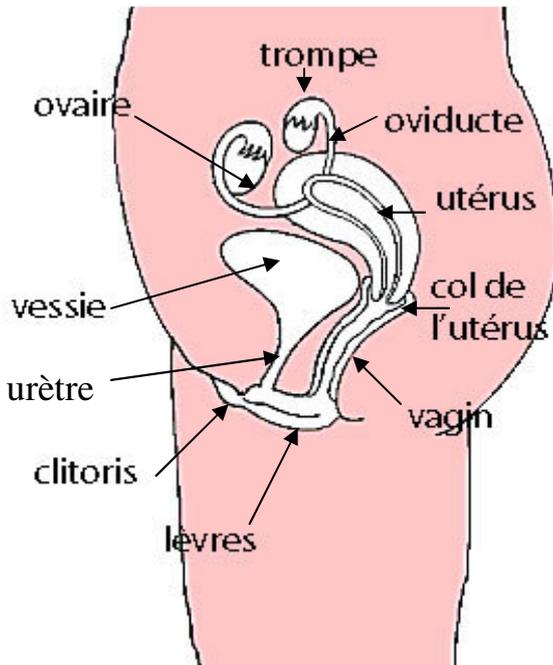


Figure 1 : appareil génital de la femme

L'appareil génital de la femme est formé de deux **gonades**, les **ovaires**, dans lesquelles se forment les **cellules sexuelles ou gamètes (ovocytes)** et de conduits génitaux dans lesquels se déplacent ces gamètes : **trompes, oviductes, utérus et vagin.**

L'utérus est aussi l'organe dans lequel s'implante l'embryon. Le vagin intervient lors de l'accouplement.

L'orifice génital débouche dans **la vulve**, fermée par les **lèvres**. C'est à ce niveau que débouche également le conduit urinaire. Le **clitoris**, considéré comme un pénis embryonnaire, se trouve sur la face antérieure de la vulve.

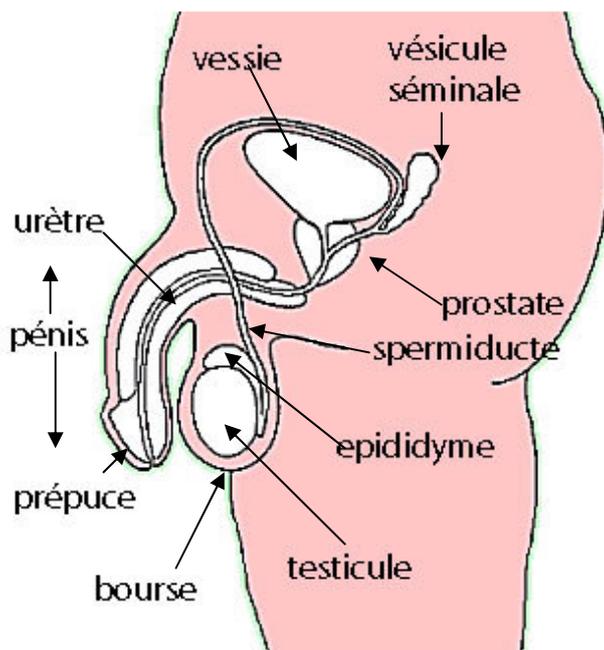


Figure 2 : appareil génital de l'homme

L'appareil génital de l'homme comprend aussi des gonades, les **testicules**, qui forment les **gamètes mâles ou spermatozoïdes**. Les testicules sont coiffés par l'**épididyme** qui se prolonge par les conduits génitaux : **spermiducte et urètre.**

**La prostate** et les **vésicules séminales** sont des glandes qui sont à l'origine du sperme et qui permettent la maturation des spermatozoïdes.

**Le pénis** est un organe d'accouplement qui permet de « déposer » directement les gamètes mâles dans le vagin.

Les appareils génitaux de l'homme et de la femme présentent donc de nombreuses analogies : des gonades qui fabriquent les cellules sexuelles, des conduits génitaux et des organes d'accouplement.

Ces similitudes résultent du fait que pendant les premières semaines du développement embryonnaire, l'appareil génital est indifférencié chez l'embryon et que donc la plupart des structures ont une origine commune.

## II - Les gonades et la formation des gamètes

### 1- La méiose : division cellulaire spécifique aux cellules sexuelles

Dans la partie précédente, nous avons vu que toutes les cellules se divisent selon le processus de la mitose, toutes sauf les cellules sexuelles dont la formation présente des particularités.

L'ensemble de ces divisions particulières porte le nom de **méiose**.

Les différentes étapes de la méiose sont illustrées par les images de la figure 4 qui montrent les phénomènes chromosomiques observés chez le seigle (les même étapes se produisent chez toutes les espèces qui présentent une reproduction sexuée).

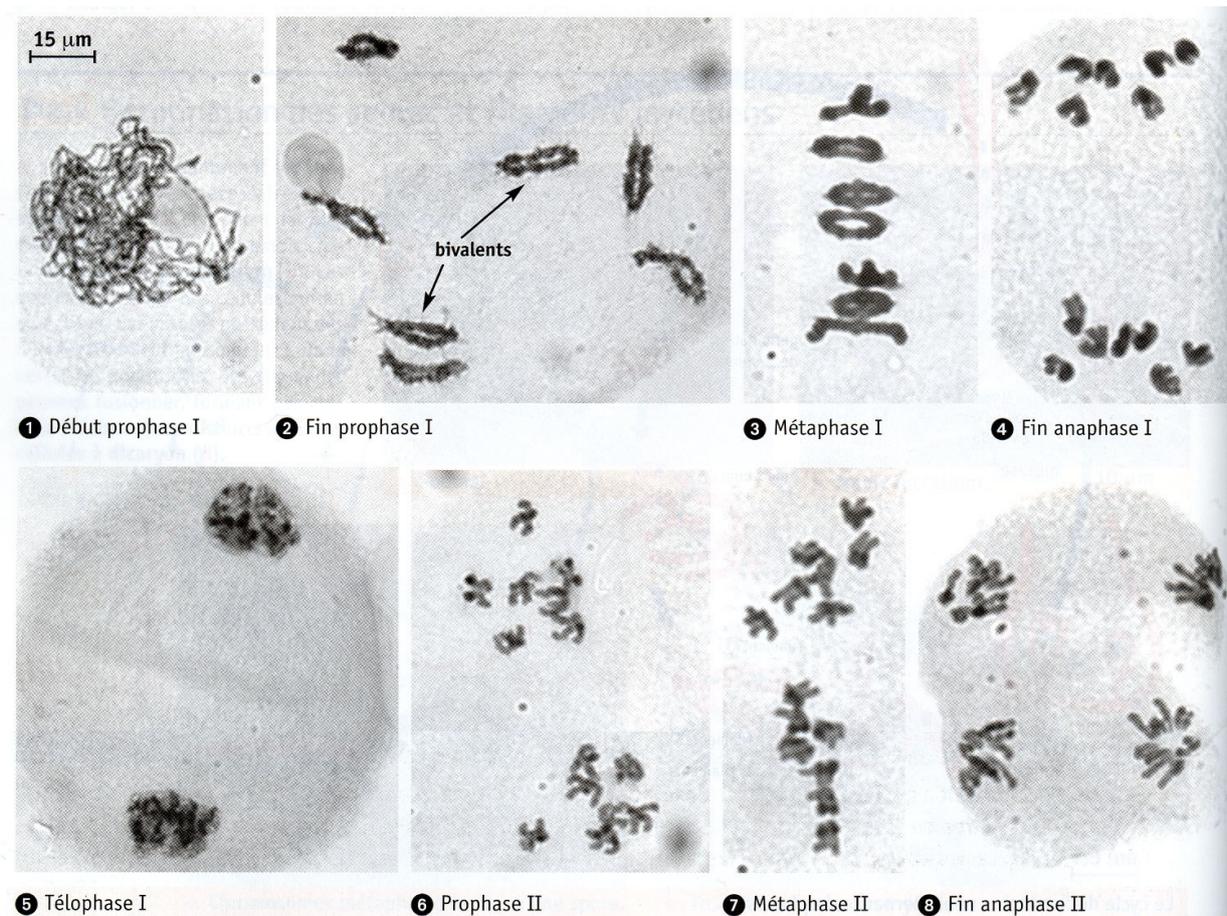


Figure 3 les étapes de la méiose chez le seigle ( $2n=14$ )

A partir d'une cellule, la **méiose** en donne quatre : c'est donc une **succession de deux divisions**. Les phénomènes essentiels se produisent au cours de la première division : à la **prophase I**, les chromosomes homologues s'associent par paires, formant des **bivalents**. A la **métaphase I**, les paires de chromosomes s'alignent à l'équateur de la cellule. Lors de l'**anaphase I**, chaque chromosome se sépare de son homologue, et il en résulte **deux lots qui contiennent chacun un seul exemplaire de chaque chromosome** : les deux cellules filles qui se forment à la fin de la première division n'ont plus que la moitié des chromosomes présents dans la cellule mère : il y a eu réduction **par deux du nombre de chromosomes**. La cellule mère était **diploïde** ( $2n$  chromosomes), les deux cellules filles sont **haploïdes** ( $n$  chromosomes).

La seconde division, plus classique ne modifie pas le nombre de chromosomes et peut être comparée, dans son déroulement, à une mitose. A l'issue de la méiose, les 4 cellules obtenues sont les **gamètes**, **spermatozoïdes** chez l'homme et **ovocytes** chez la femme.

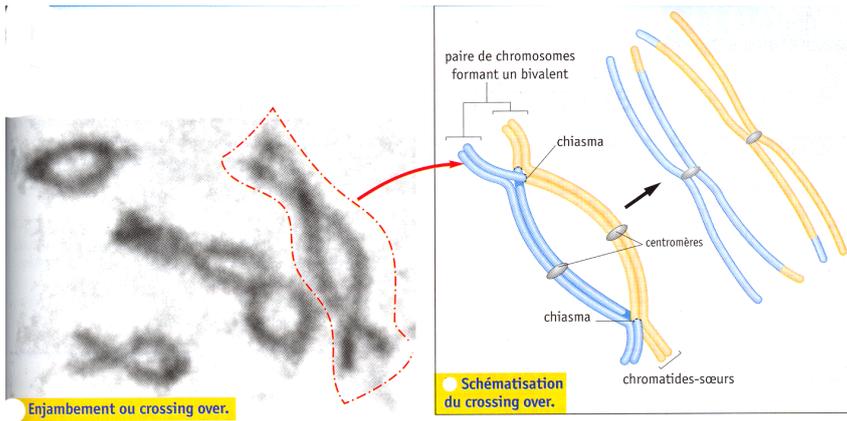
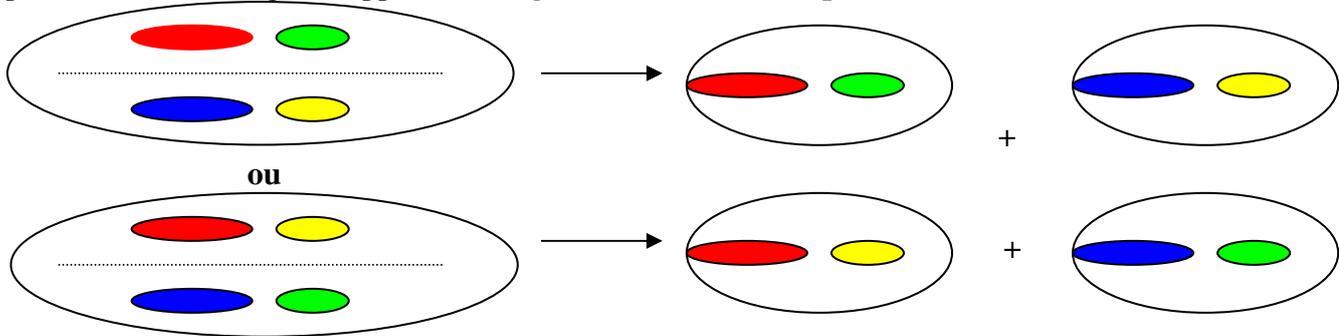


Figure 4 : crossing over et son interprétation

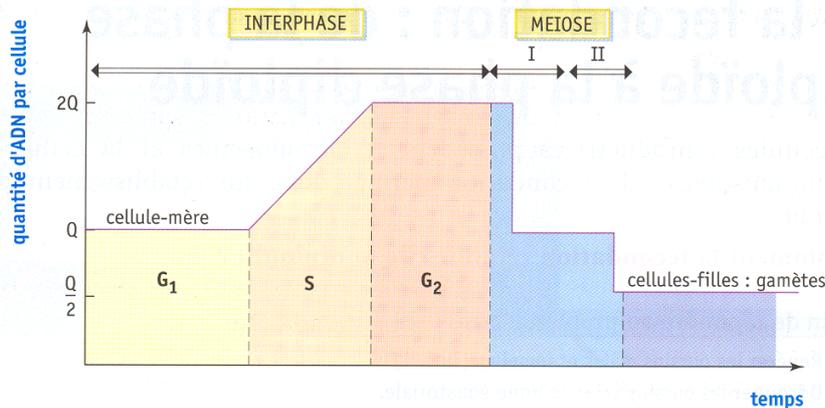
Avec la réduction par deux du nombre de chromosomes, l'autre particularité de la méiose est de réaliser des **brassages génétiques**.

Au cours de la **prophase I**, lors de l'appariement des chromosomes en bivalents, il se produit des échanges de chromatides donc de gènes : ces échanges sont appelés **crossing-over ou enjambements** (figure 5). Ainsi, lorsque les chromosomes se séparent à l'anaphase, ils sont **génétiquement différents**, leur contenu en gènes est modifié. Ce brassage génétique est appelé **brassage intra-chromosomique**.

Un autre brassage génétique se produit à la **métaphase I**. En effet, la disposition des paires de chromosomes les unes par rapport aux autres à ce stade, se fait de **manière aléatoire** et à priori de nombreuses combinaisons sont possibles : ce brassage est appelé **brassage inter-chromosomique**.



Les chromosomes sont porteurs des molécules d'ADN (**1 molécule d'ADN par chromatide**), et donc l'évolution des phénomènes chromosomiques au cours de la méiose nous permet de suivre la variation de la quantité d'ADN par cellule au cours de ces deux divisions. Comme lors de la mitose, la méiose est précédée d'une **phase S** qui duplique l'ADN selon le modèle semi-conservatif. La première division, avec la séparation des chromosomes homologues, voit la quantité d'ADN par cellule diminuer par deux. Puis la seconde division, avec la séparation des chromatides de chaque chromosome, permet une seconde réduction par deux de la quantité d'ADN. (figure 6)



Évolution de la quantité d'ADN par cellule.

Figure 5 : variation de la quantité d'ADN au cours de la méiose.

En bilan, il faut retenir que **la méiose est une succession de deux divisions cellulaires** qui, à partir de cellules mères ou **cellules souches**, est à l'origine des cellules sexuelles ou **gamètes**. Elle permet la **réduction par deux du nombre de chromosomes** c'est-à-dire le passage de cellules **diploïdes** à des cellules **haploïdes**.

Au cours de la méiose, il se produit des **brassages génétiques** qui ont pour conséquence que les cellules sexuelles sont génétiquement différentes entre elles et différentes des cellules parentales

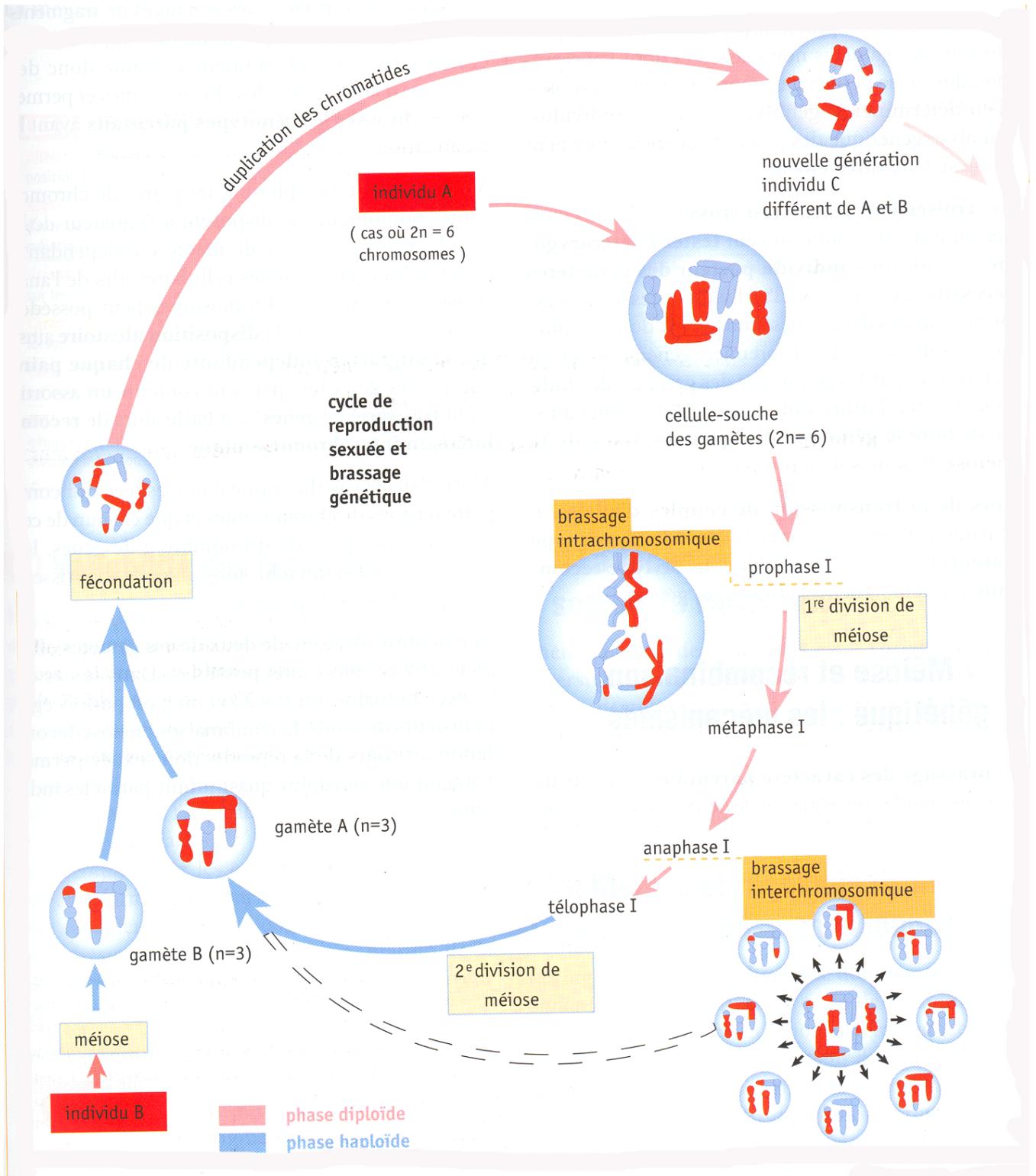


Figure 6: schéma du cycle de reproduction sexuée avec les brassages méiotiques

## 2- Les testicules et la formation des spermatozoïdes

Les **testicules**, ou **gonades mâles**, sont des glandes protégées par les **bourses ou scrotum**. Ils sont coiffés par une sorte de « chapeau » ou **épididyme** qui se prolonge par le **spermiducte ou canal déférent** qui va transporter les spermatozoïdes.

C'est dans les testicules que sont fabriqués les **spermatozoïdes**, et leur passage par l'épididyme est indispensable à leur maturation.

La formation des spermatozoïdes ou **spermatogénèse** se déroule en permanence de la puberté jusqu'à la mort des individus.



Figure 7 : testicules, vue externe



Figure 8: coupe de testicule

En coupe, les testicules apparaissent formés d'une multitude de tubes emmêlés : **les tubes séminifères** (figure 9). C'est dans leur **paroi** que se déroule la méiose à l'origine des spermatozoïdes. Lorsqu'ils sont formés, les gamètes mâles se retrouvent dans la **lumière des tubes** puis sont évacués à chaque éjaculation par le spermiducte et l'urètre.

La figure 10 montre un détail de la paroi d'un tube séminifère : cette paroi est formée de nombreuses cellules dont certaines présentent des images chromosomiques correspondant à la **méiose**. Les cellules souches, ou **spermatogonies** se trouvent à la périphérie de la paroi puis subissent la première division de méiose et se transforment en **spermatocytes I**. La deuxième division de méiose transforme les spermatocytes I en **spermatocytes II** qui vont par la suite subir une spécialisation en **spermatides** puis en **spermatozoïdes** que l'on retrouve dans la lumière du tube.

Dans le testicule, entre les tubes séminifères se trouvent des cellules appelées **cellules de Leydig** (figure 11). Ces cellules sont spécialisées dans la fabrication de l'hormone sexuelle mâle, la **testostérone**.



Figure 9: coupe de tube séminifère

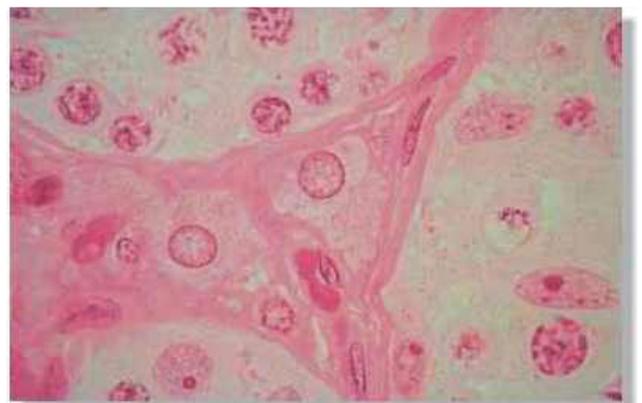


Figure 10: cellules de Leydig

### 3- Les ovaires et la formation des ovocytes

Les **ovaires** sont des glandes dans lesquelles sont fabriquées les cellules sexuelles féminines, les **ovocytes**, au cours de l'**ovogénèse**. Les ovaires présentent souvent un aspect « boursoufflé » qui témoigne de structures internes globuleuses : les **follicules ovariens**. Le développement de ces follicules se déroule de manière **cyclique** de la **puberté** jusqu'à la **ménopause**.



Figure 11: ovaire de mammifère, vue externe

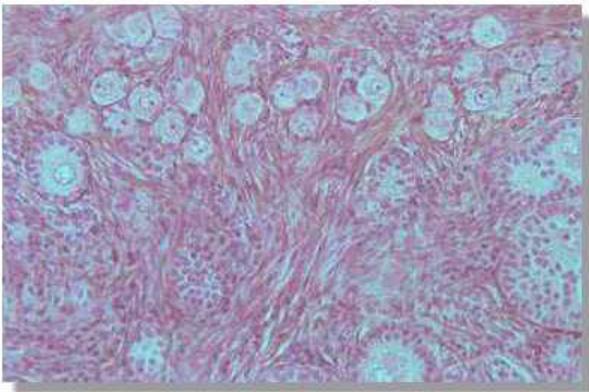


Figure 12: coupe d'ovaire- ovocytes isolés

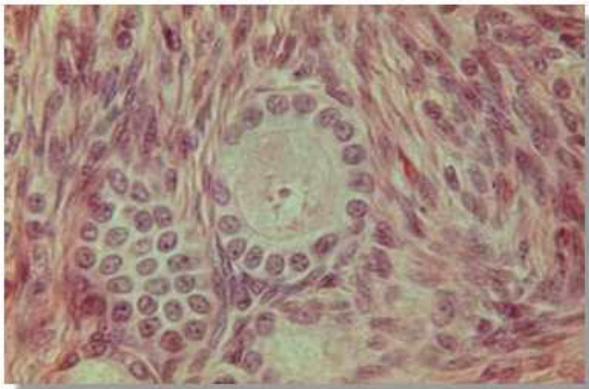


Figure 13: coupe d'ovaire- follicule primaire

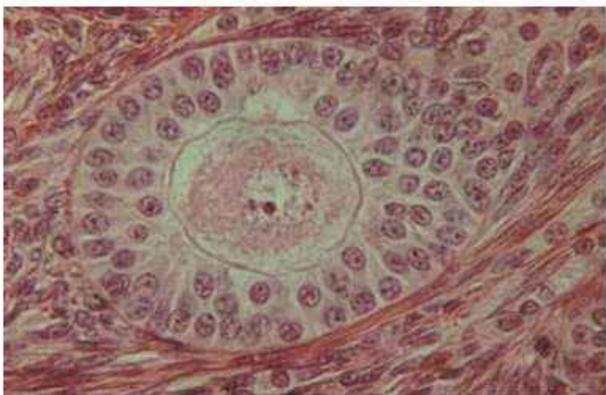


Figure 14: coupe d'ovaire- follicule secondaire

L'observation de coupes d'ovaire permet de comprendre la formation des follicules. Au cours de la vie embryonnaire, des cellules souches ou **ovogonies**, après une première division de méiose se sont transformées en **ovocytes I** (figure 13).

Ces ovocytes s'entourent d'une couronne de **cellules folliculaires** et forment des **follicules primaires** (figure 14).

Puis, par division, de nouvelles cellules folliculaires apparaissent : le follicule devient **follicule secondaire** (figure 15).

Lorsque les cellules folliculaires sont nombreuses, elles produisent un liquide qui s'accumule dans une cavité folliculaire : le follicule est alors **follicule cavitaire** (figure 16).

Le follicule cavitaire augmente de taille et se présente alors comme une véritable « hernie » à la surface de l'ovaire : c'est un **follicule mûr** ou **follicule de De Graaf** (figure 17).

Le follicule éclate alors, libérant l'ovocyte I qu'il contient dans les **trompes de l'oviducte**.

C'est la pénétration du spermatozoïde lors de la **fécondation** qui déclenche la deuxième division de méiose et qui transforme l'ovocyte I en **ovocyte II** et donc permet l'achèvement de la méiose.

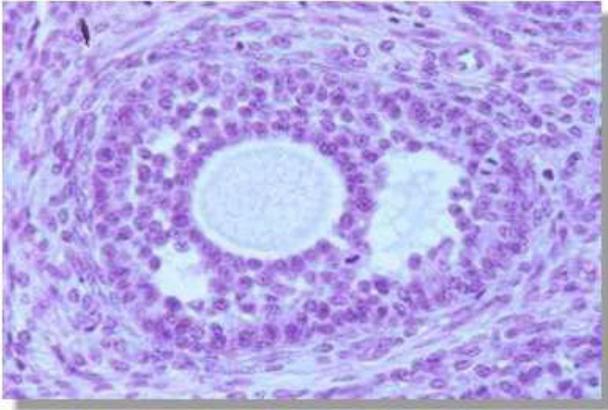


Figure 16 : coupe d'ovaire- follicule cavitaire

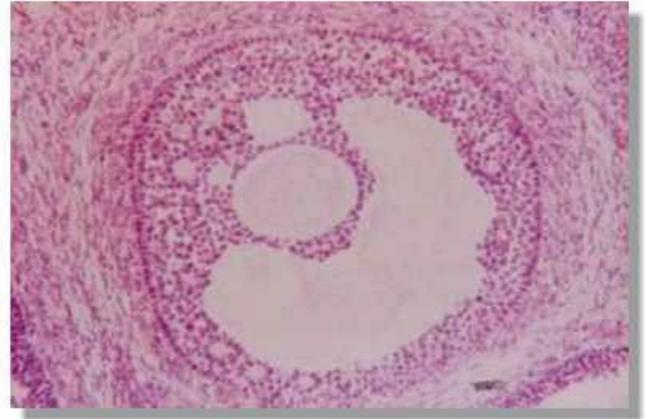


Figure 17 : coupe d'ovaire- follicule mûr

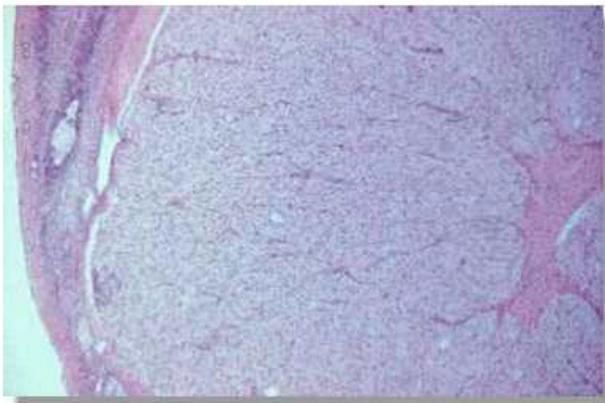
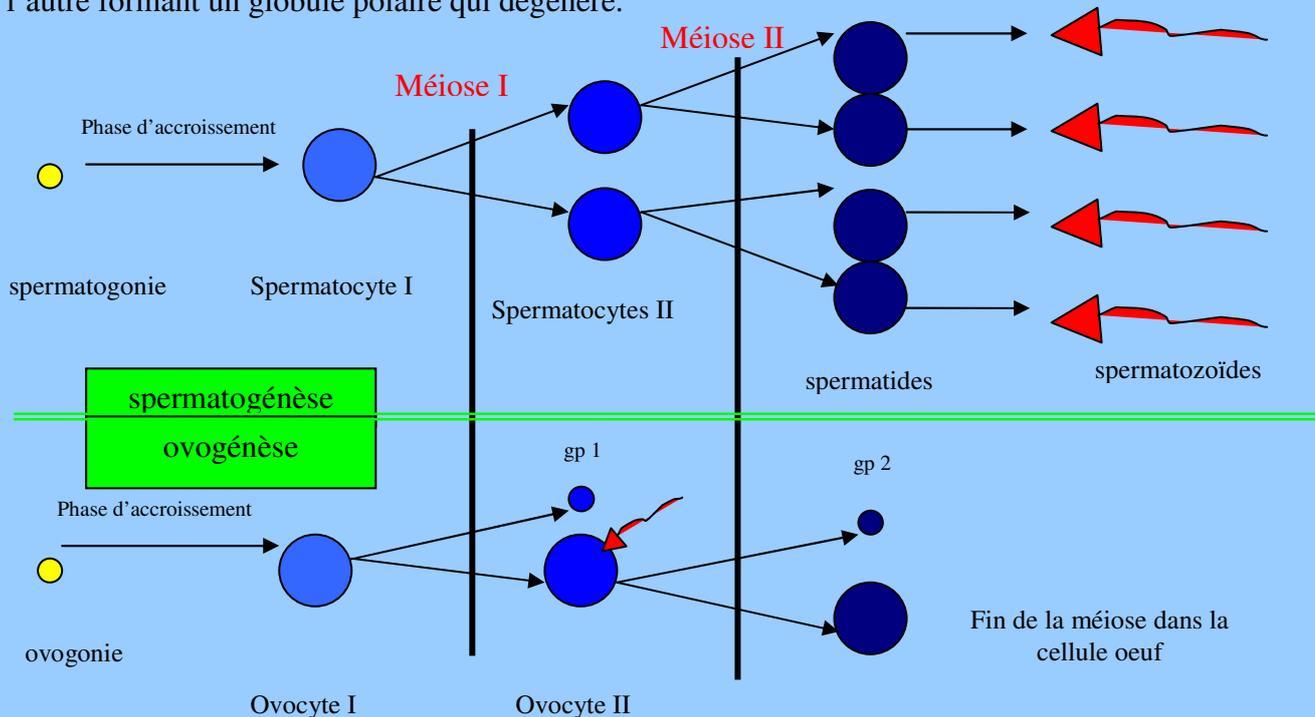


Figure 15: coupe d'ovaire- corps jaune

L'espace laissé dans l'ovaire par l'éclatement du follicule est alors comblé par des cellules qui forment le **corps jaune** (figure 18). Ces cellules produisent, comme nous le verrons dans le chapitre suivant, une hormone appelée **progestérone**.

Que ce soit dans les **ovaires** ou dans les **testicules**, c'est la **méiose** qui forme soit **ovocytes** soit les **spermatozoïdes**. La différence entre les deux sexes porte sur le nombre de gamètes formés (des millions par l'homme et un par cycle chez la femme) et sur l'étalement dans le temps des deux divisions méiotiques (quelques jours chez l'homme, plusieurs années chez la femme). De plus, l'ovogénèse présente une méiose atypique puisqu'à chaque division, une seule cellule subsiste, l'autre formant un globule polaire qui dégénère.



### III- Fécondation et développement de l'embryon

#### 1- Les étapes de la fécondation

Après avoir été émis dans le vagin, les spermatozoïdes remontent les voies génitales de la femme jusqu'aux trompes. Ils rencontrent de **nombreux obstacles**, notamment le passage du **col de l'utérus**, qui permettent d'éliminer ceux qui présentent des anomalies. Seules quelques centaines parviennent aux trompes au niveau desquelles a lieu la fécondation.

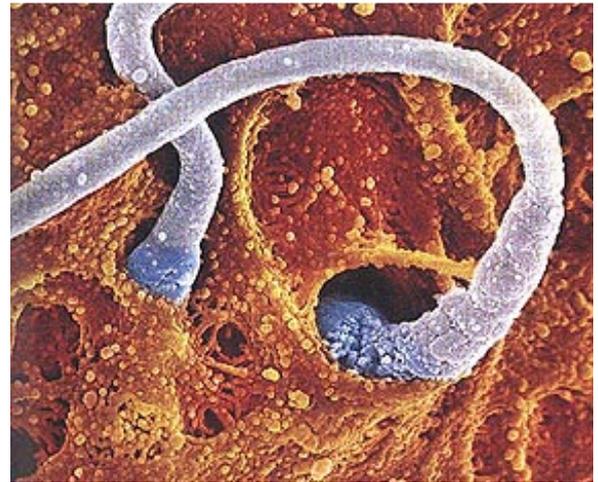
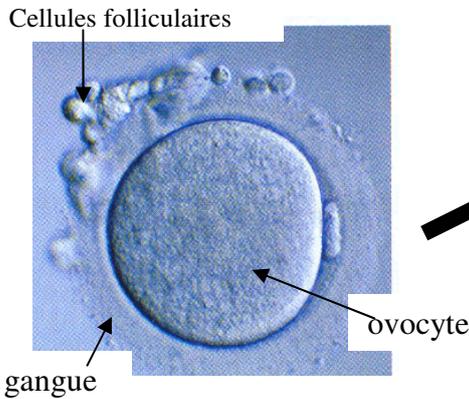
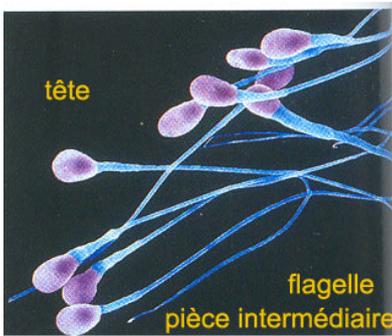
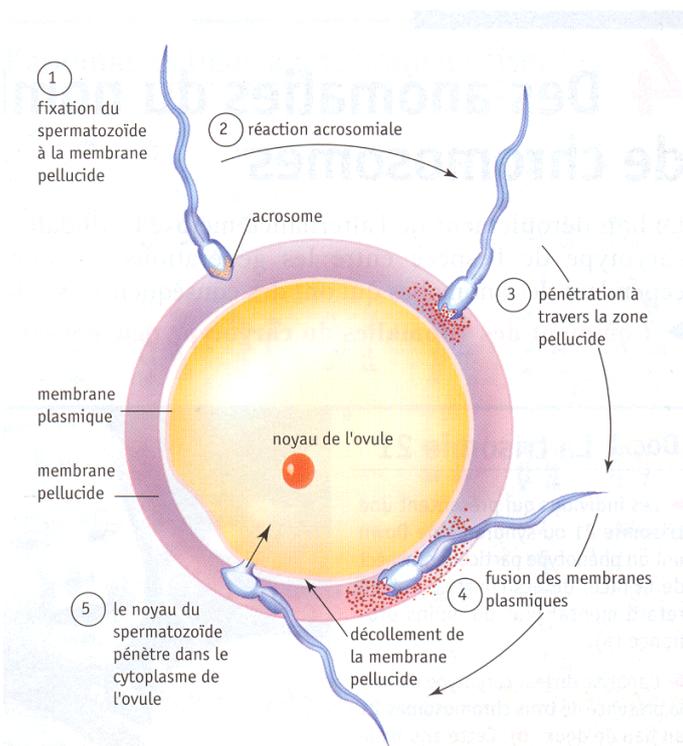


Figure 16: fécondation - détail



● Schéma d'interprétation de la pénétration du spermatozoïde.

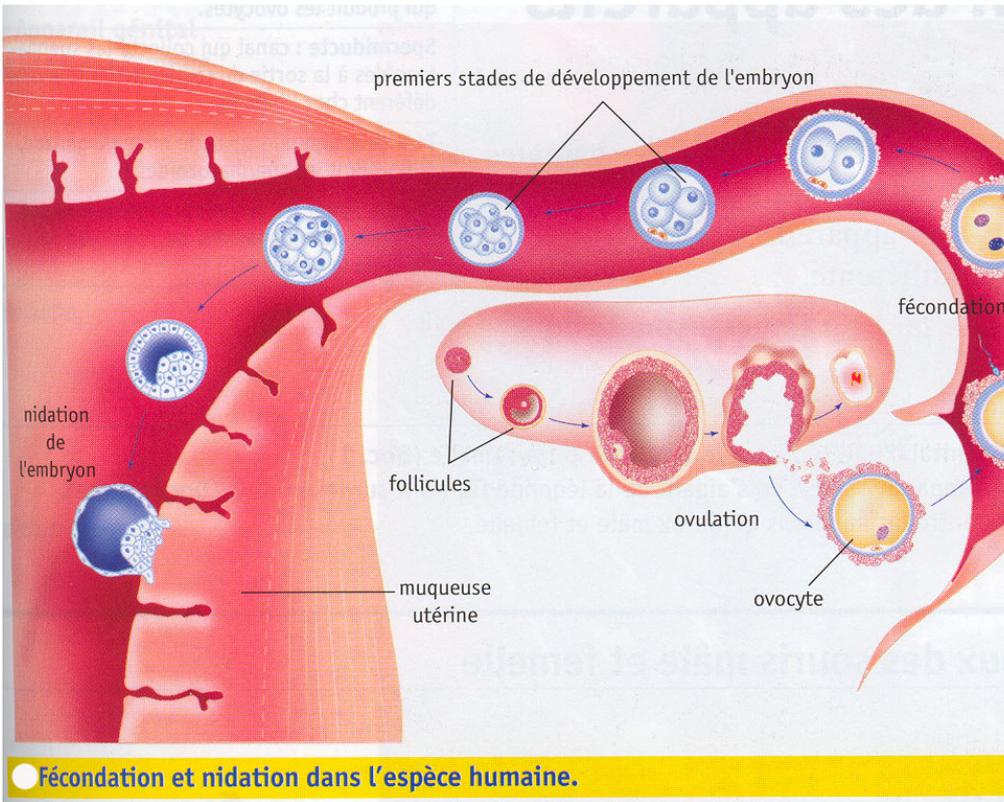
Afin de pouvoir féconder l'ovocyte, les spermatozoïdes doivent perforer son **enveloppe** (gangue ou membrane pellucide). Pour cela, ils produisent et déversent des **enzymes** qui digèrent cette enveloppe et leur permet de rentrer en contact avec la membrane cytoplasmique du gamète féminin.

Le contact du premier spermatozoïde avec l'ovocyte provoque un décollement de la gangue qui empêche les autres gamètes mâles de féconder. Ainsi, un seul noyau de spermatozoïde peut pénétrer dans l'ovocyte.

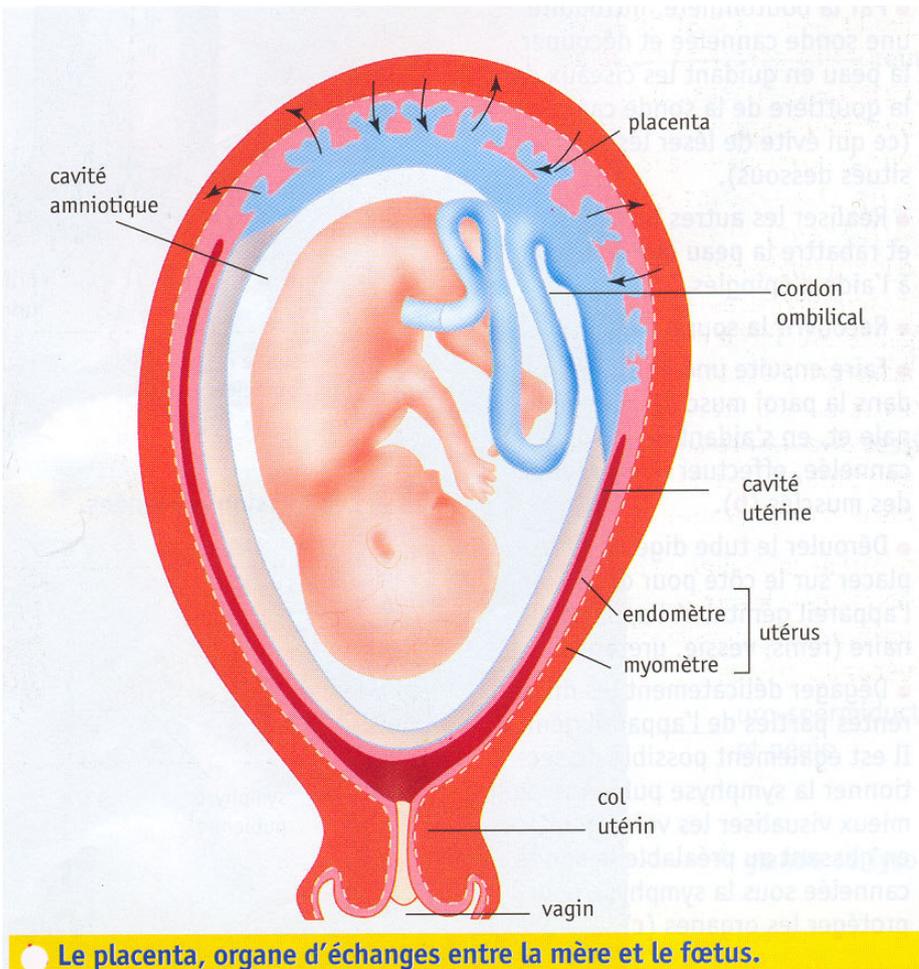
Les deux noyaux ou pronucléi migrent alors l'un vers l'autre et fusionnent : c'est la **caryogamie** qui **rétablit la diploïdie** dans la **cellule œuf**. Le **caractère aléatoire** de la fécondation par tel ou tel spermatozoïde, amplifie le brassage génétique réalisé par la méiose.

La **reproduction sexuée**, par l'alternance entre méiose et fécondation, permet à chaque génération de créer des individus génétiquement nouveaux : « **tous semblables, tous différents** »

## 1- Migration et nidation de l'embryon



Dès que la caryogamie est réalisée, la **cellule œuf** commence ses **premières divisions par mitoses** et forme les premiers stades du **développement embryonnaire**. Tout en se divisant, **l'embryon** descend les voies génitales de la femme jusqu'à **l'utérus** dans la paroi duquel il va s'implanter : c'est la **nidation** de l'embryon.



Dans les premiers moments de la nidation, il se crée dans la paroi de l'utérus un nouvel organe à la fois maternel et à la fois embryonnaire : le **placenta**. C'est à son niveau que vont s'effectuer tous les **échanges nutritifs** entre le sang de la mère et celui de l'enfant. Durant la grossesse, il n'y a jamais de contact entre sang maternel et sang embryonnaire, ce qui permet d'éviter la contamination de l'enfant par les microbes de la mère. Après trois mois de grossesse, l'embryon possède tous ses organes, il prend alors le nom de **fœtus** jusqu'au terme des neuf mois.