

*Université Abderrahmane Mira de Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie*

Département des Troncs Communs Sciences de la Nature

Biologie Animale

Partie I : Embryologie

Cours 1 : Gamétogenèse : Spermatogenèse

L'enseignante : S. Meziani

GAMÉTOGÈSE

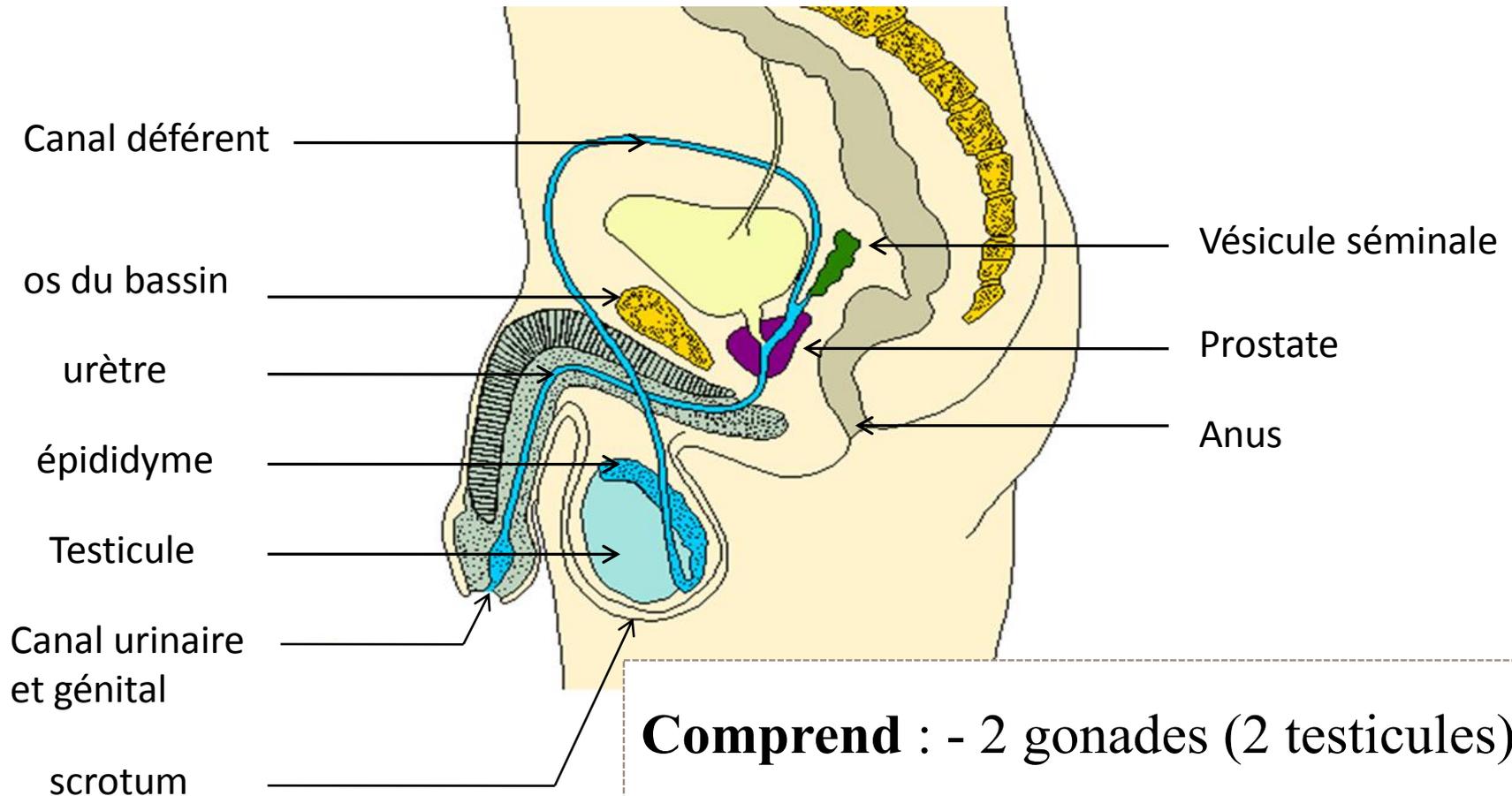
Différenciation des cellules reproductrices ou **gamètes**.

- Les gamètes mâles : **spermatozoïdes**. Leur formation, **spermatogenèse** a lieu dans les gonades : **testicules**.
 - Les gamètes femelles : **ovocytes** . Leur formation, **ovogenèse** a lieu dans les gonades : **ovaires**.
-
- La spermatogenèse et l'ovogenèse se déroulent chez des individus différents dans les espèces dites **gonochoriques**.
 - Les espèces chez lesquelles un même individu est porteur de gonades mâles et femelles sont dites **hermaphrodites**.

SPERMATOGENÈSE

- Production de cellules spécialisées dans la reproduction : les gamètes mâles haploïdes (n chromosomes) ou **spermatozoïdes** à partir de cellules souches diploïdes ($2n$ chromosomes) appelées **spermatogonies**.
- Démarre à la puberté, continu au cours de la vie de l'homme.
- Se déroule dans l'appareil génital mâle : au niveau des **tubes séminifères du testicule**.
- Chez l'homme, elle est de 74 jours.
- Aboutit à la production de plusieurs millions de spermatozoïde en continu.

1. APPAREIL GÉNITAL MASCULIN



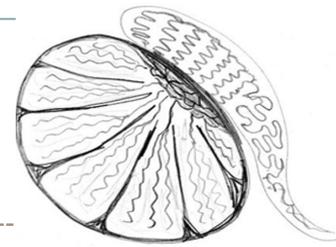
Comprend : - 2 gonades (2 testicules).

- Conduits excréteurs.

- Glandes annexes.

- Organes génitaux externes.

a. CONDUITS EXCRÉTEURS

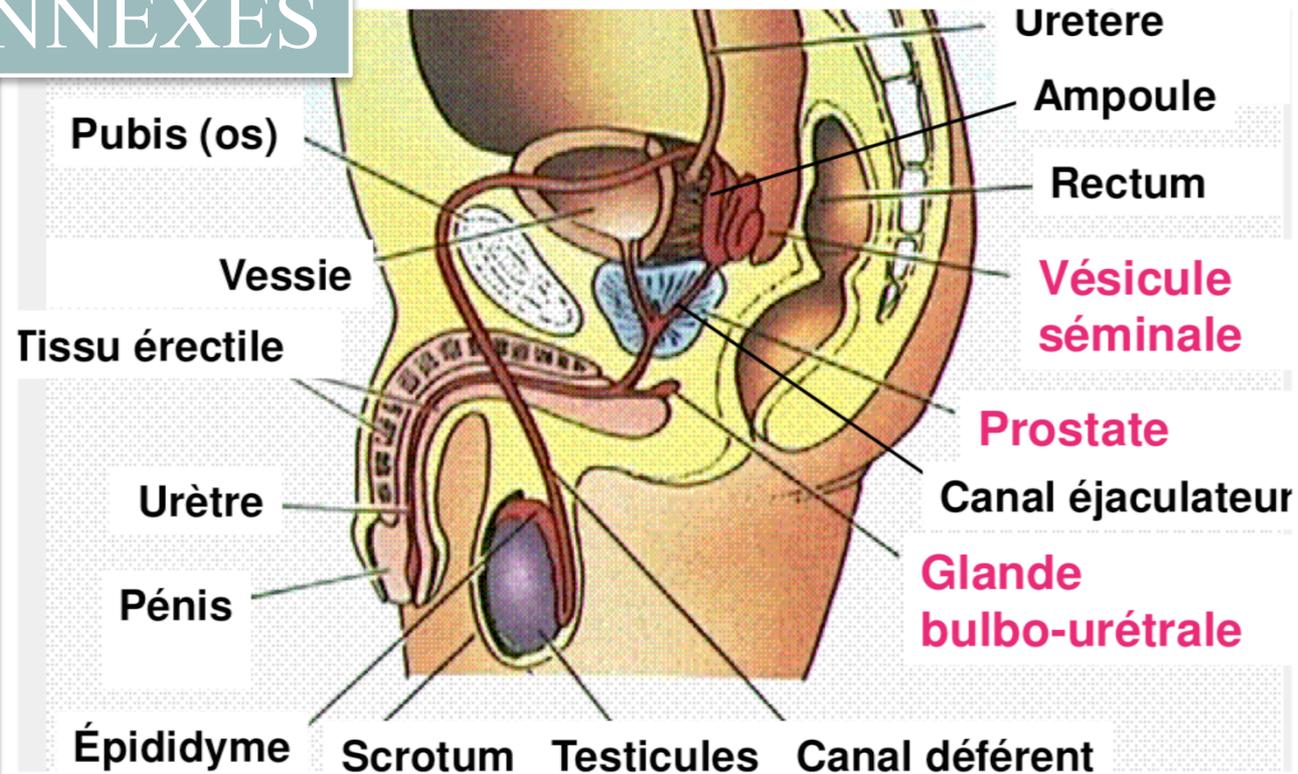


Voies excrétrices intra-testiculaires : les tubes séminifères débouchent dans un tube droit de 1mm de long qui se continue dans le rete-testis (réseau serré de canalicules) raccordé à l'épididyme par les cônes efférents.

Voies excrétrices extra-testiculaires : un epididyme formé par un long canal pelotonné sur lui-même composé d'une tête qui coiffe le testicule et d'une queue qui se termine dans le canal déférent. Canal déférent mesure 40 cm de long. Canaux éjaculateurs qui traversent la prostate et débouchent dans l'urètre. L'urètre devient donc un canal commun à l'urine et au sperme.

b. GLANDES ANNEXES

- Ces glandes produisent la majeure partie du sperme.



Les vésicules séminales: (2 glandes) sécrètent un liquide, alcalin, visqueux et jaunâtre (riche en fructose, de l'acide ascorbique et des prostaglandines).

La prostate: glande exocrine unique : sécrète une partie un liquide, alcalin.

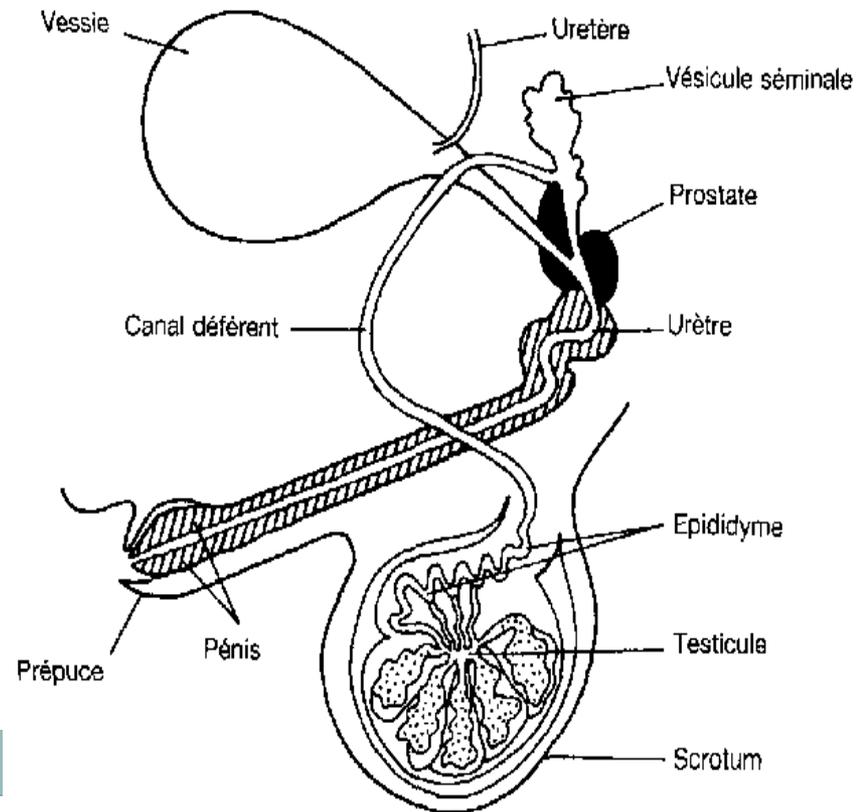
Les glandes bulbo-urétrales (glande de cowper): (2 glandes) de part et d'autre de l'urètre, produisent un mucus.

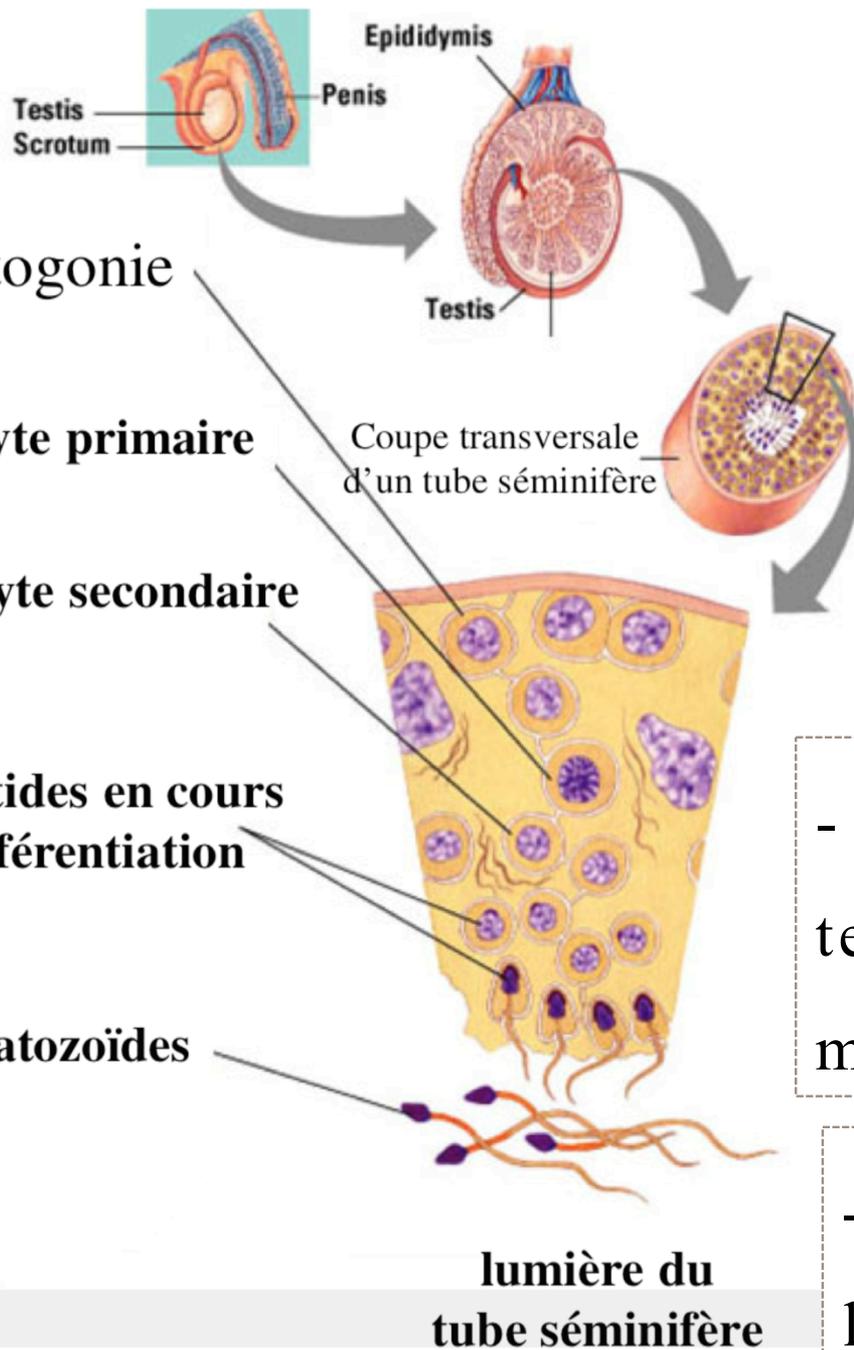
c. TESTICULES

- Deux organes pairs ovoïdes (5cm de long, 3cm de large et 2,5 cm d'épaisseur).

- Chaque testicule est logé dans une poche revêtue de peau appelée **scrotum**.
- Chaque testicule est recouvert d'une enveloppe conjonctive épaisse appelée **albuginée**.

- Le testicule est divisé en lobules (200 à 300 lobules).
- L'**albuginée** délimite et sépare les lobules les uns des autres.
- Chaque lobule contient de 1 à 4 **tubes séminifères**.
- Coiffé par l'épididyme.



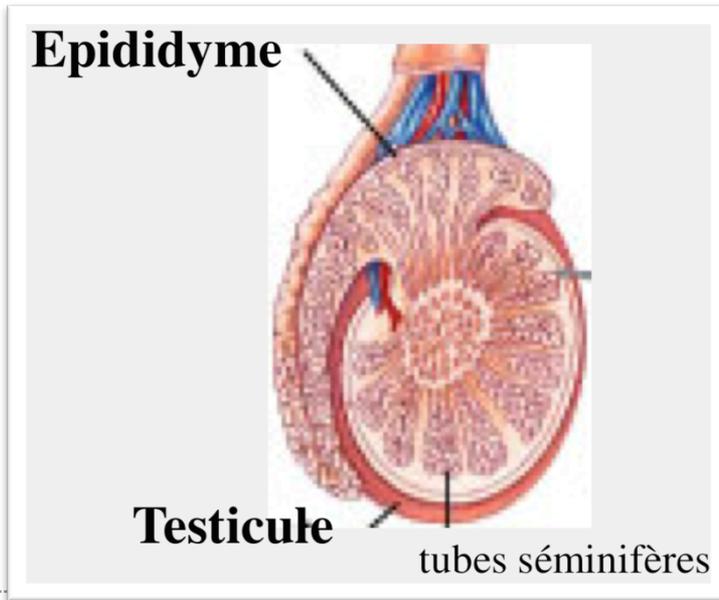


- Avant le septième mois de la vie fœtale : la descente des testicules qui contiennent les cellules germinales primordiales dans le *scrotum*.

- Puberté : la sécrétion de testostérone déclenche la maturation du système génital.

- Les tubes séminifères : le lieu de la spermatogenèse.

- Dans l'**épididyme**, long canal contourné (7m chez l'homme), les spermatozoïdes acquièrent leur **pouvoir fécondant** et deviennent **mobiles**.



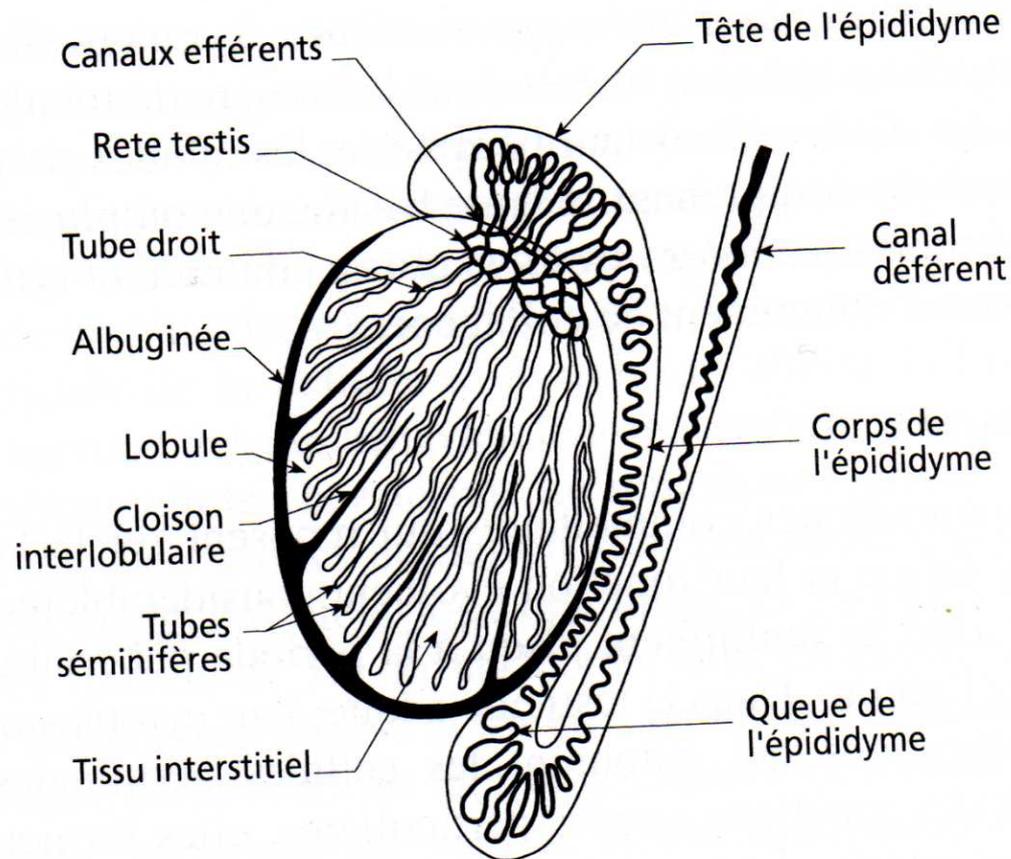
La fonction principale de l'**épididyme** est le stockage des spermatozoïdes.

- L'**épididyme** est le lieu de **décapacitation** des spermatozoïdes : des sécrétions glycoprotéiques de l'épididyme se déposent à la surface membranaire du spermatozoïde. Elles masquent les sites antigéniques à la surface du spermatozoïde, lui assurant une protection contre d'éventuelles agressions dans les voies femelles, et inhibent les enzymes de l'acrosome, évitant que celles-ci ne s'attaquent aux cellules des voies mâles ou femelles.

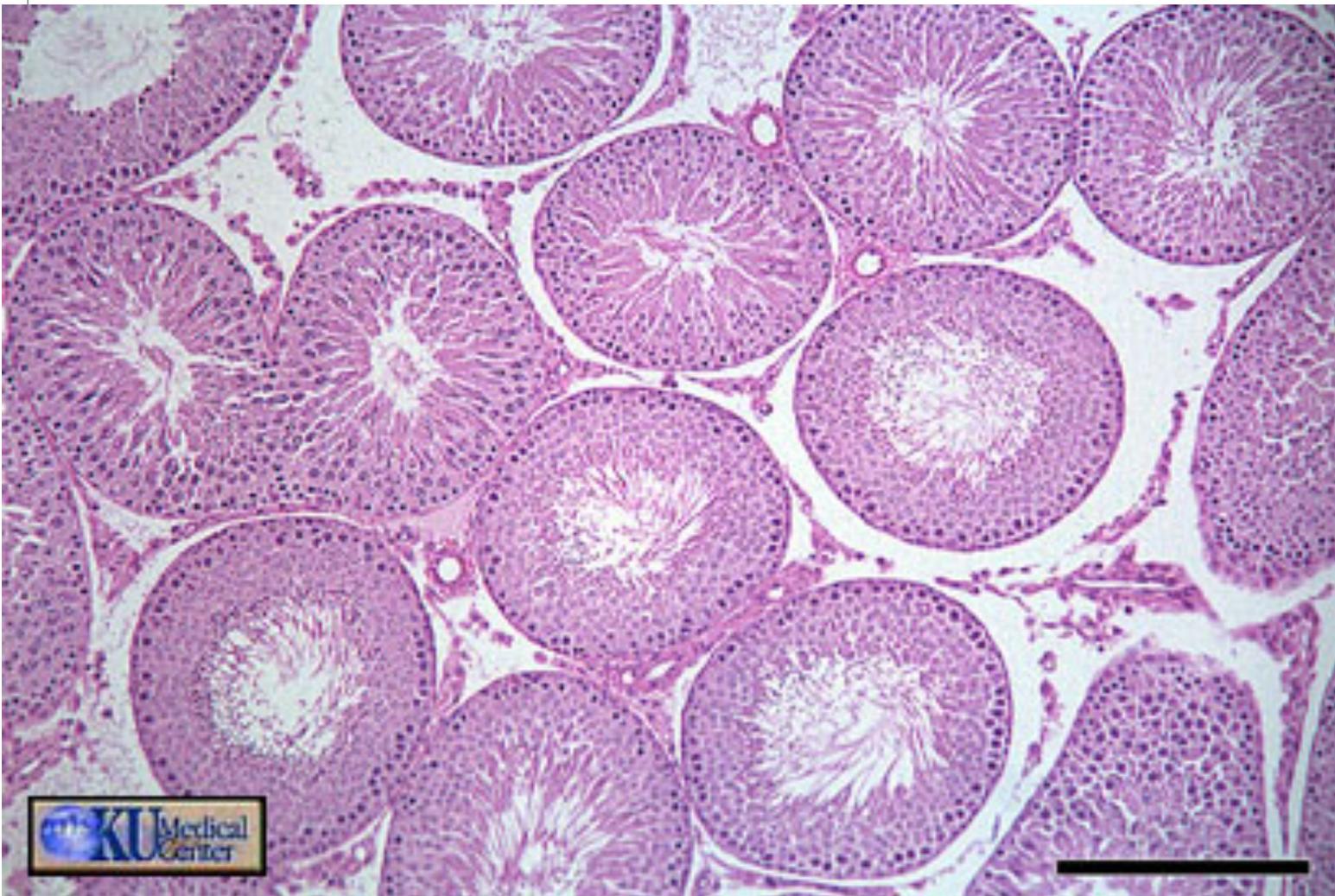
c1. FONCTIONS DES TESTICULES

Fonction exocrine : production de spermatozoïdes (tubes séminifères).

Fonction endocrine : production d'hormones (androgènes) : cellules de leydig.



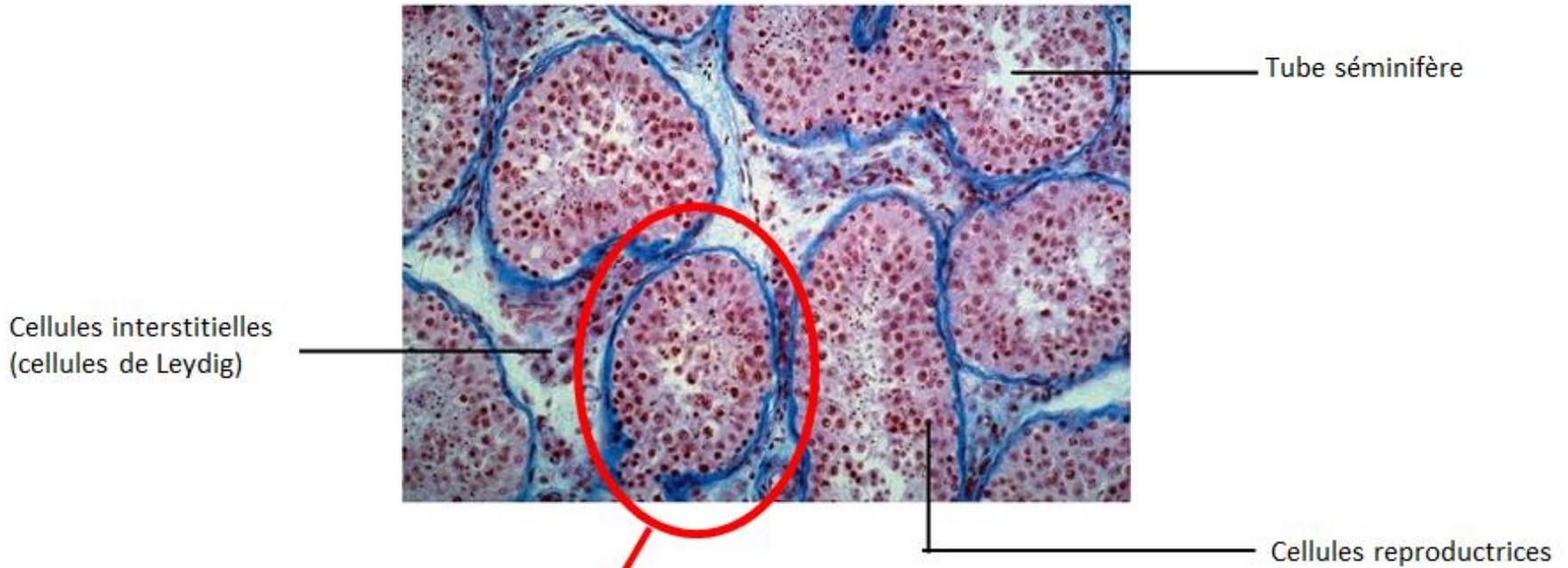
c2. TUBES SÉMINIFÈRES



tube séminifère
spermatozoïdes

tissu interstitiel
(cellules de Leydig)

c2. TUBES SÉMINIFÈRES



Chaque tube est entouré d'une enveloppe.

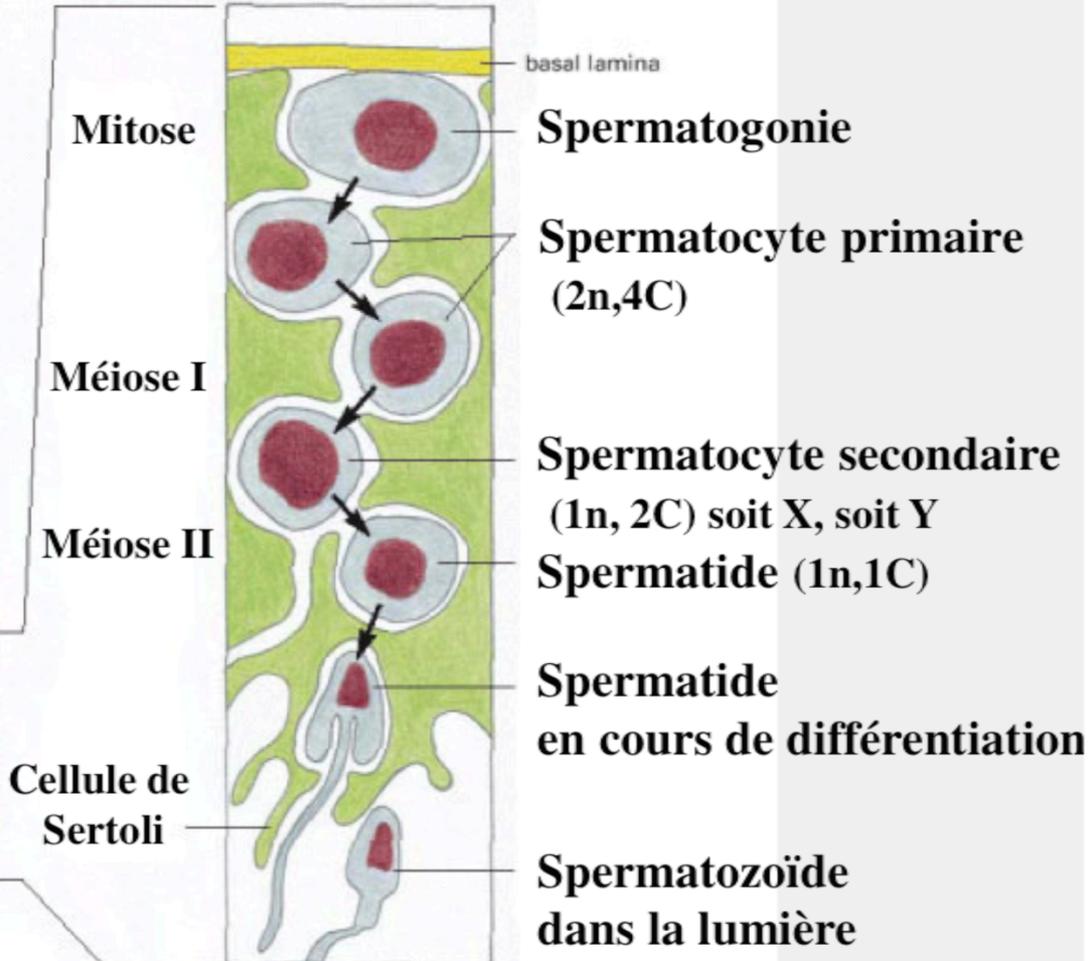
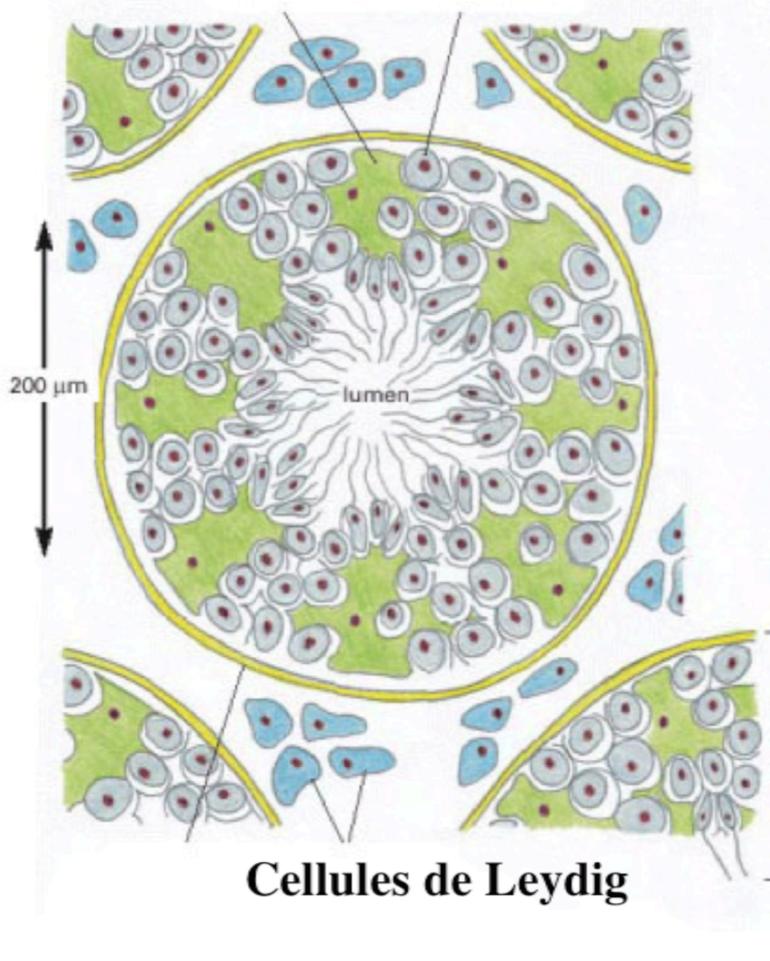


A l'intérieur des tubes on observe : des cellules de la lignée germinale (spermatogonies, spermatocytes, spermatides, spermatozoïdes) et des cellules somatiques (cellules de Sertoli).



Coupe transversale d'un tube séminifère

Cellule de Sertoli Spermatogonie



□ Cellules germinales

- Spermatogonies* : cellules diploïdes ($2n$ chromosomes).
 - Spermatogonies Ad (d : dark) à noyau dense. Cellules souches de réserve.
 - Spermatogonies Ap (p : pale) à noyau clair. Cellules qui se divisent en deux spermatogonies B.
 - Spermatogonies B : cellules diploïdes ($2n$ chromosomes).
- Spermatocytes primaires* : cellules diploïdes ($2n$ chromosomes).
- Spermatocytes secondaires* : cellules haploïdes (n chromosomes).
- Spermatides* : cellules haploïdes (n chromosomes).
- Spermatozoïdes* : cellules haploïdes (n chromosomes).

SPERMATOGONIE TYPE B

Cellule à noyau plus pâle, cytoplasme peu abondant, au niveau de la membrane basale

SPERMATOGONIE TYPE A

Cellule à noyau condensé, au niveau de la membrane basale

CELLULES DE SERTOLI

Cellules à gros noyau triangulaire ou ovale, fortement nucléolé

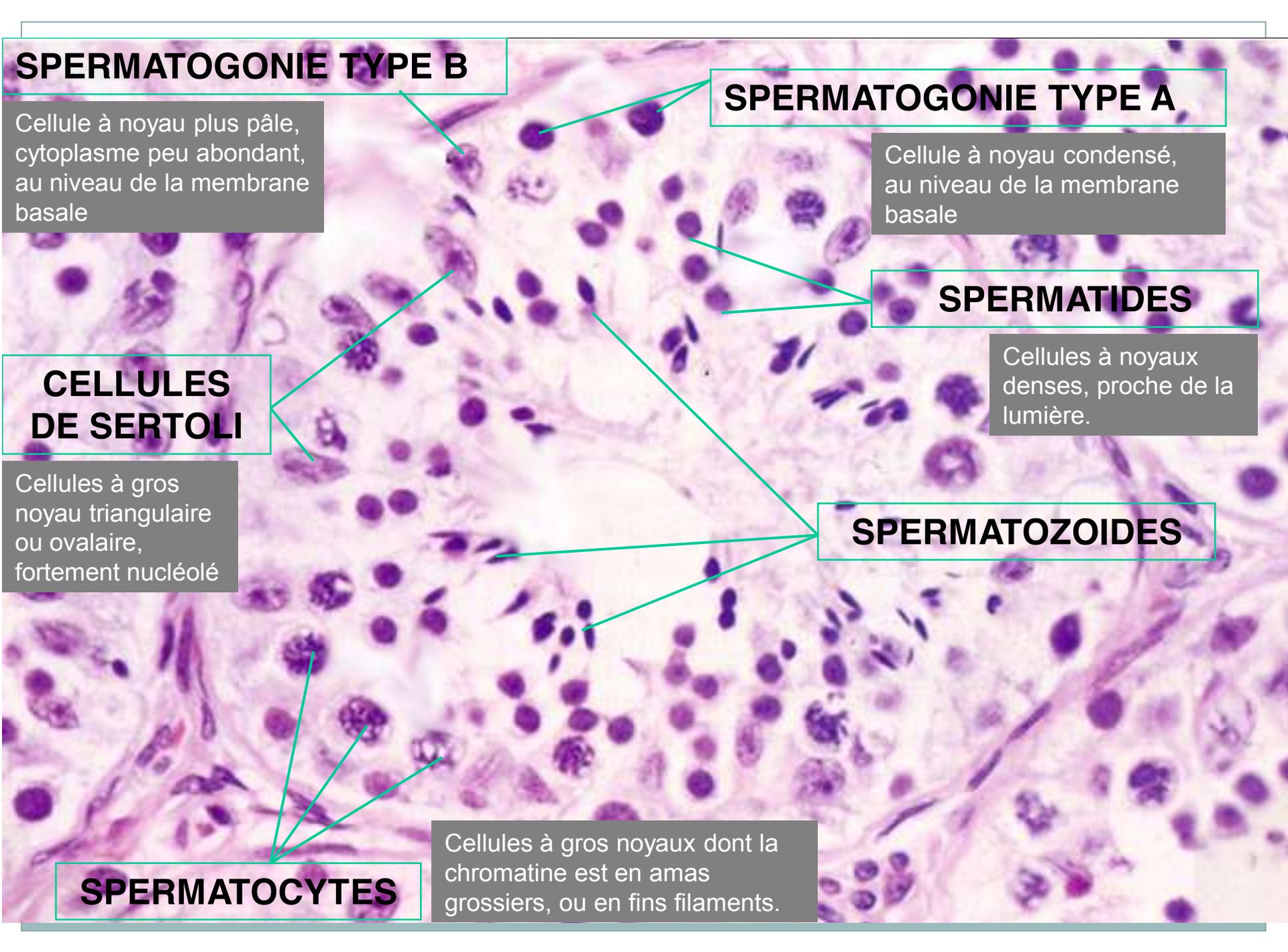
SPERMATIDES

Cellules à noyaux denses, proche de la lumière.

SPERMATOZOIDES

SPERMATOCYTES

Cellules à gros noyaux dont la chromatine est en amas grossiers, ou en fins filaments.



□ Cellules de Sertoli

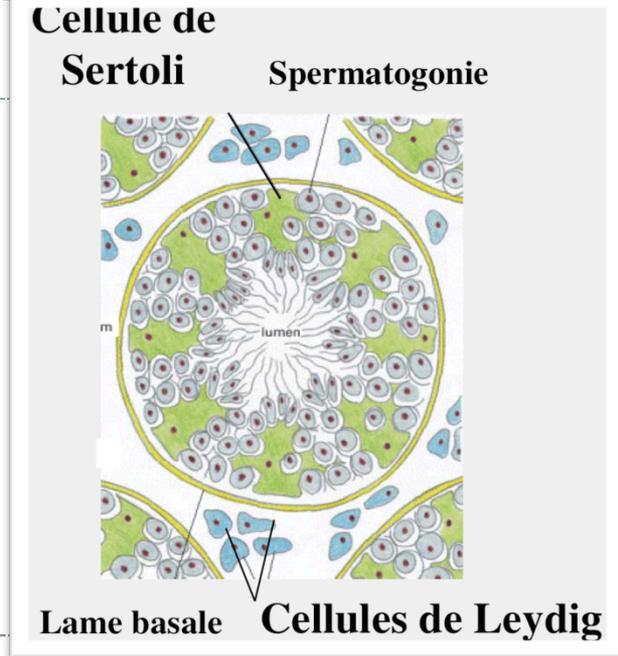
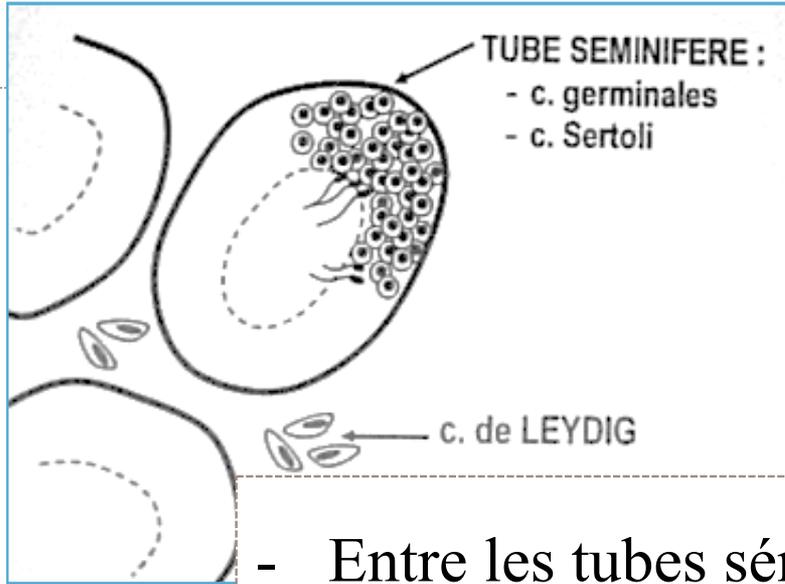
Grande cellule avec un grand noyau.

- Contour irrégulier avec prolongements cytoplasmiques entre les cellules germinales.

Fonctions des cellules de sertoli :

- Support, protection et nutrition des cellules germinales.
- Phagocytose (nettoyage).
- Sécrétion d'un liquide dans la lumière du tube séminifère qui sert au transport des *spermatozoïdes*.
- synthèse de protéines excrétées sous la dépendance de la FSH=
Hormone Folliculo-Stimulante (site d'action de la FSH).
 - synthèse de *l'ABP* (Androgen Binding Protein) (transport de la testostérone).
 - synthèse de *l'inhibine* (rétrocontrôle de la sécrétion de la FSH).

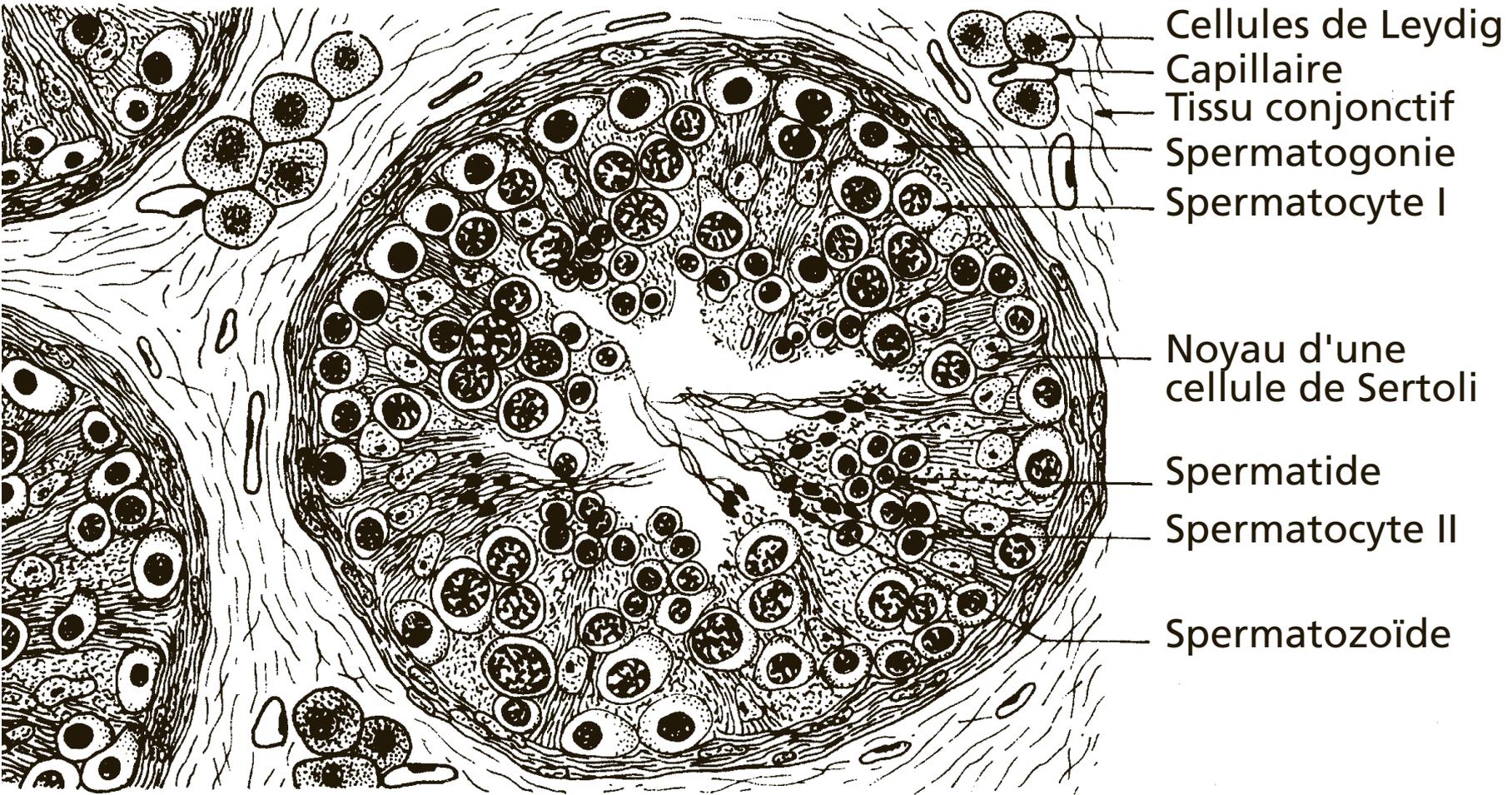
❑ Cellules de Leydig ou cellules interstitielles



- Entre les tubes séminifères.

- Cellules polyédriques de 15 à 20 μm de diamètre.
- Cellules *endocrines* : élaborent des hormones stéroïdes = *testostérone* (synthétisé à partir du cholestérol).
- L'activité des cellules est sous le contrôle de la LH = Hormone Lutéinisante (sites d'action de la LH).

TUBE SÉMINIFÈRE



Cellules de Leydig

Capillaire

Tissu conjonctif

Spermatogonie

Spermatocyte I

Noyau d'une
cellule de Sertoli

Spermatide

Spermatocyte II

Spermatozoïde

Tube séminifère

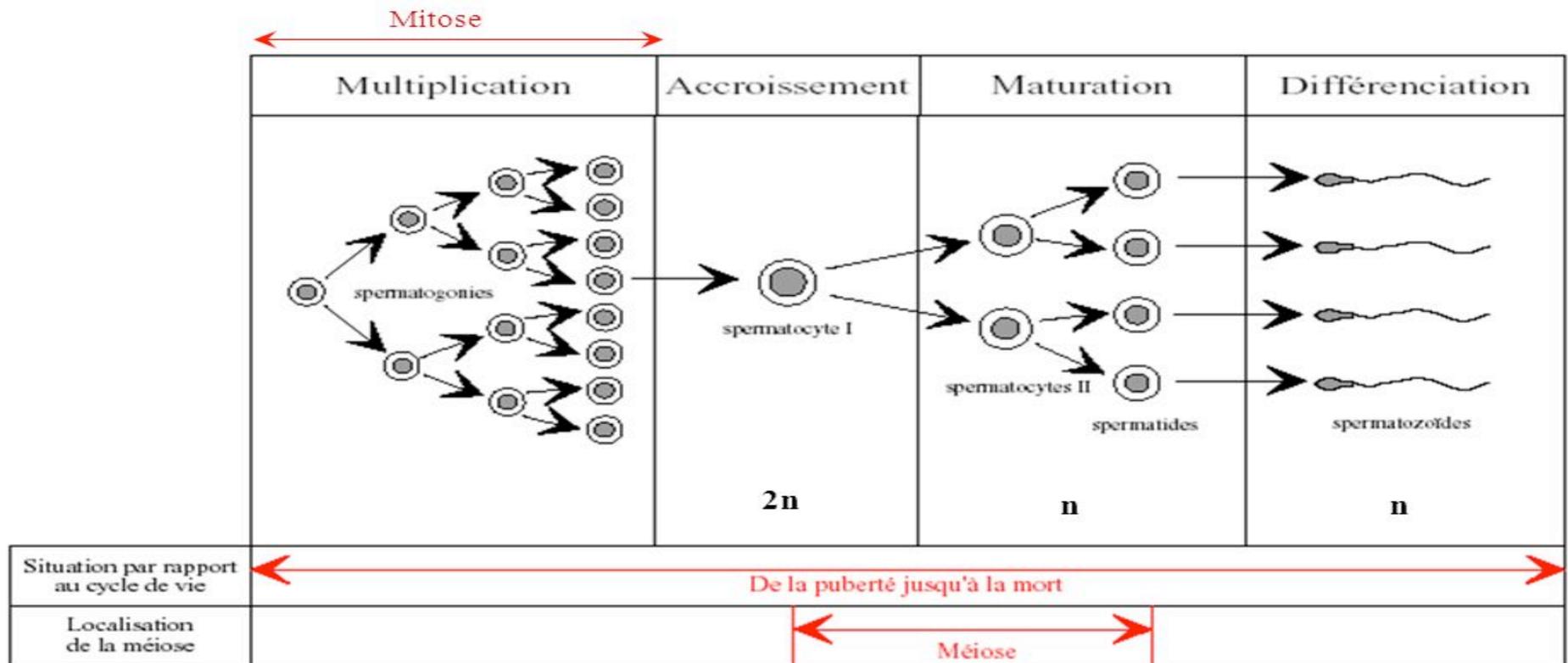
2. ÉTAPES DE LA SPERMATOGENÈSE



La spermatogenèse peut être répartie en deux étapes successives :

✧ **La première étape** comprend la multiplication, l'accroissement et la maturation : elle est appelée **spermatocytogenèse**.

✧ **La seconde étape** comprend la différenciation ou la maturation des spermatozoïdes à partir des spermatides : elle est appelée **spermiogénèse**.



Exemple de la spermatogénèse

a. La phase de multiplication

- Elle concerne les **spermatogonies**, cellules souches **diploïdes** localisées à la périphérie des tubes séminifères.
- A partir des cellules souches (spermatogonies), se forment plusieurs générations de spermatogonies.
- Ces cellules subissent une succession de **mitoses** normales, la cellule de base est la **spermatogonie Ad** qui se divise en 2 :

- ✓ **Spermatogonie Ad** : reste cellule souche (maintien du pool de réserve de spermatogonies).
- ✓ **Spermatogonie Ap** : qui se divise en deux. Elle donne deux spermatogonies B diploïdes.

- La spermatogonie B aboutit à la formation de deux **spermatocytes primaires** ou **spermatocytes I**, également **diploïdes**.

b. La phase d'accroissement

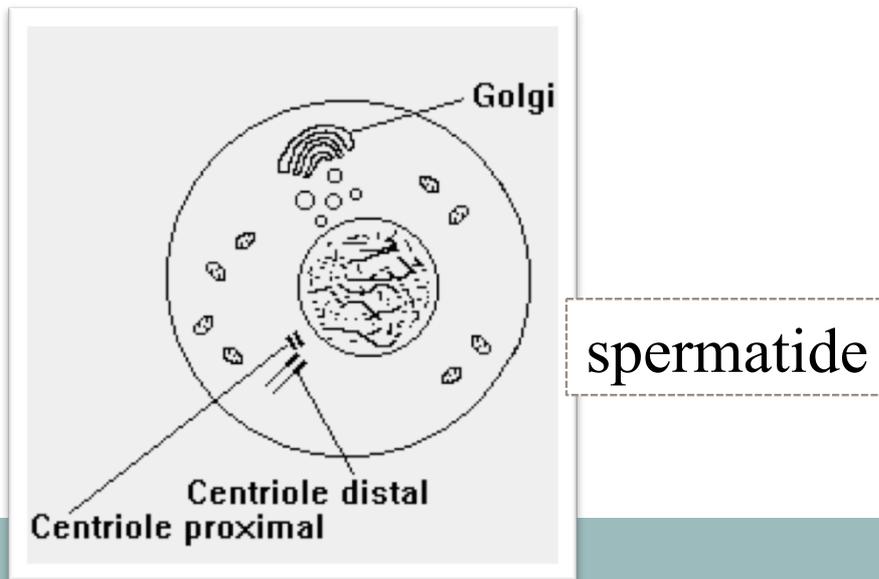
- Les spermatocytes I, diploïdes ($2n$ chromosomes), subissent une phase de croissance cytoplasmique qui les transforment en grandes cellules ou **auxocytes** ($2n$ chromosomes).
- Les spermatocytes issus d'une même spermatogonie restent reliés par des ponts cellulaires permettant l'échange d'informations et assurant la synchronie de leur différenciation.

c. La phase de maturation

- Les *auxocytes*, cellules *diploïdes* ($2n$ chromosomes), subissent *la 1ère division de méiose* ou division *réductionnelle* qui va aboutir à la formation de *deux spermatocytes II*, cellules *haploïdes* (n chromosomes).
- *la 2ème division de méiose* ou division *équationnelle* aboutit à partir d'un *spermatocyte II haploïde* à la formation de 2 *spermatides* (cellules haploïdes).

d. La phase de différenciation ou spermiogénèse

- Cette phase ne comporte pas de division cellulaire.
- Transformations *nucléaires* et *cytoplasmiques* des *spermatides*.
- Elle aboutit à la formation de cellules spécialisées dans la reproduction : les *spermatozoïdes*.
- La spermiogénèse se déroule en quatre phases.

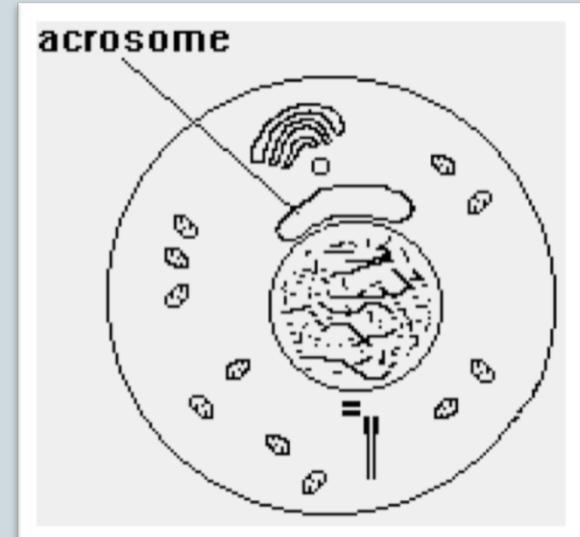


Étapes de la spermiogénèse

1. Formation de l'acrosome :

- A partir de l'appareil de Golgi de nombreuses vésicules se forment et confluent pour donner une vésicule unique.

- La vésicule se plaque et s'étale au niveau du pôle antérieur du noyau sous forme d'un *capuchon acrosomique* : l'*acrosome*, s'étale progressivement sur la surface du noyau et couvre les deux tiers antérieurs.



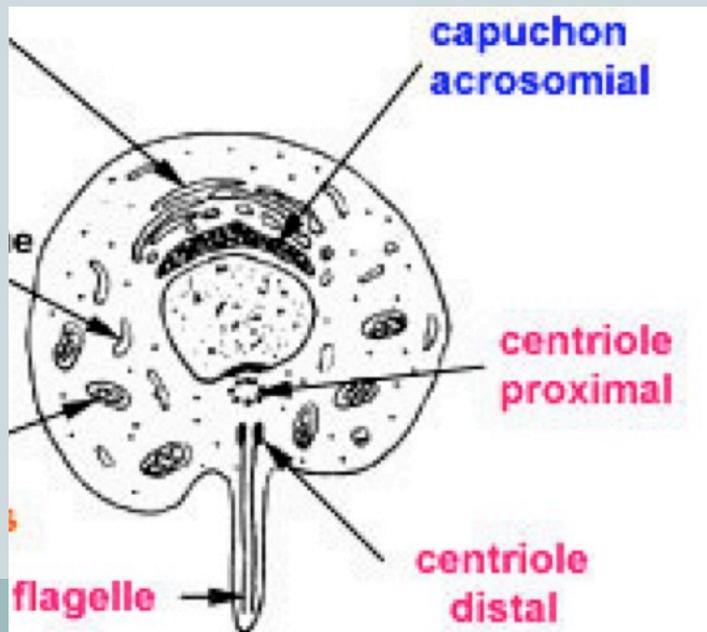
- L'*acrosome* est très riche en *enzymes hydrolytiques* (enzymes indispensables à la fécondation).

Étapes de la spermiogénèse

2. Formation du flagelle

- Les deux centrioles (centriole distal et centriole proximal) viennent se loger au pôle opposé à l'acrosome donc au pôle postérieur.
- Le *centriole distal* subit des modifications profondes aboutissant à la mise en place d'une structure complexe : *l'axonème du flagelle*.

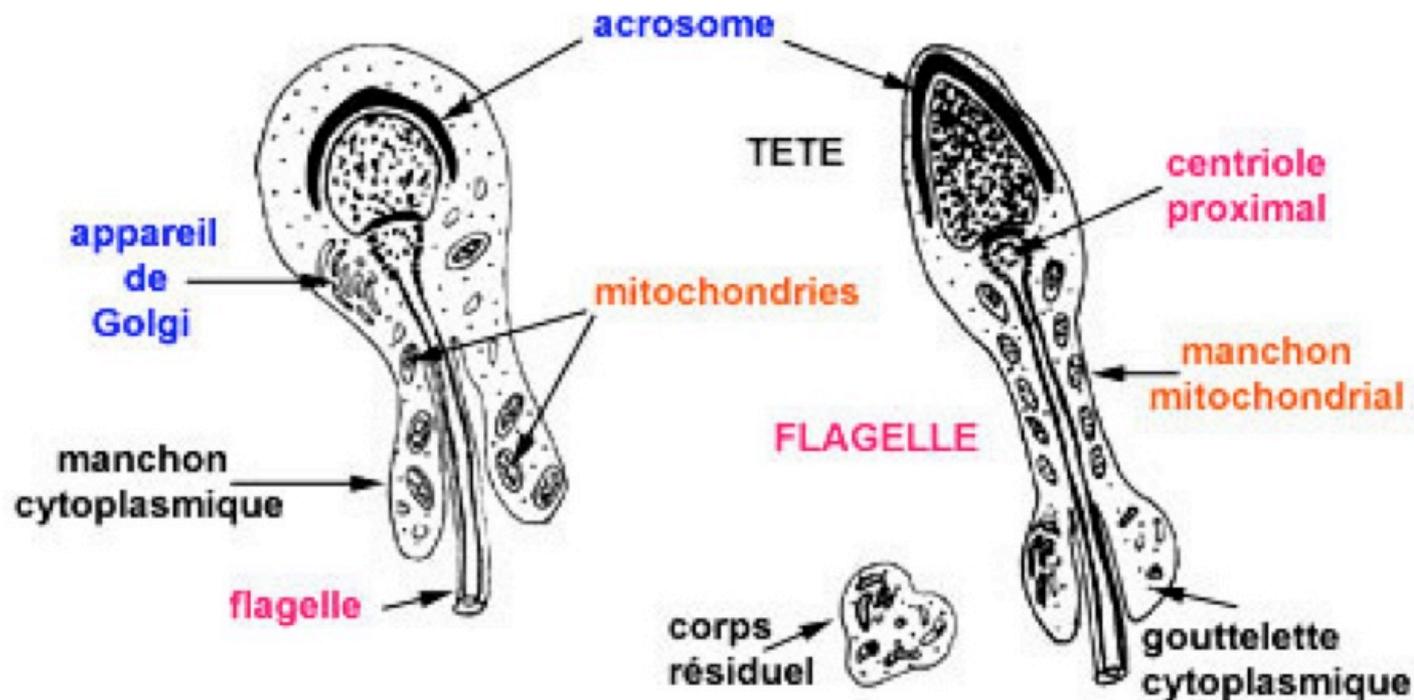
- L'*axonème* s'allonge progressivement en repoussant la membrane plasmique.



Étapes de la spermiogénèse

3. Formation du manchon mitochondrial.

- Les mitochondries, dispersées dans le cytoplasme, se regroupent autour de l'axonème dans la pièce intermédiaire du flagelle.
- Elles sont la source principale d'énergie (mouvement flagellaire).

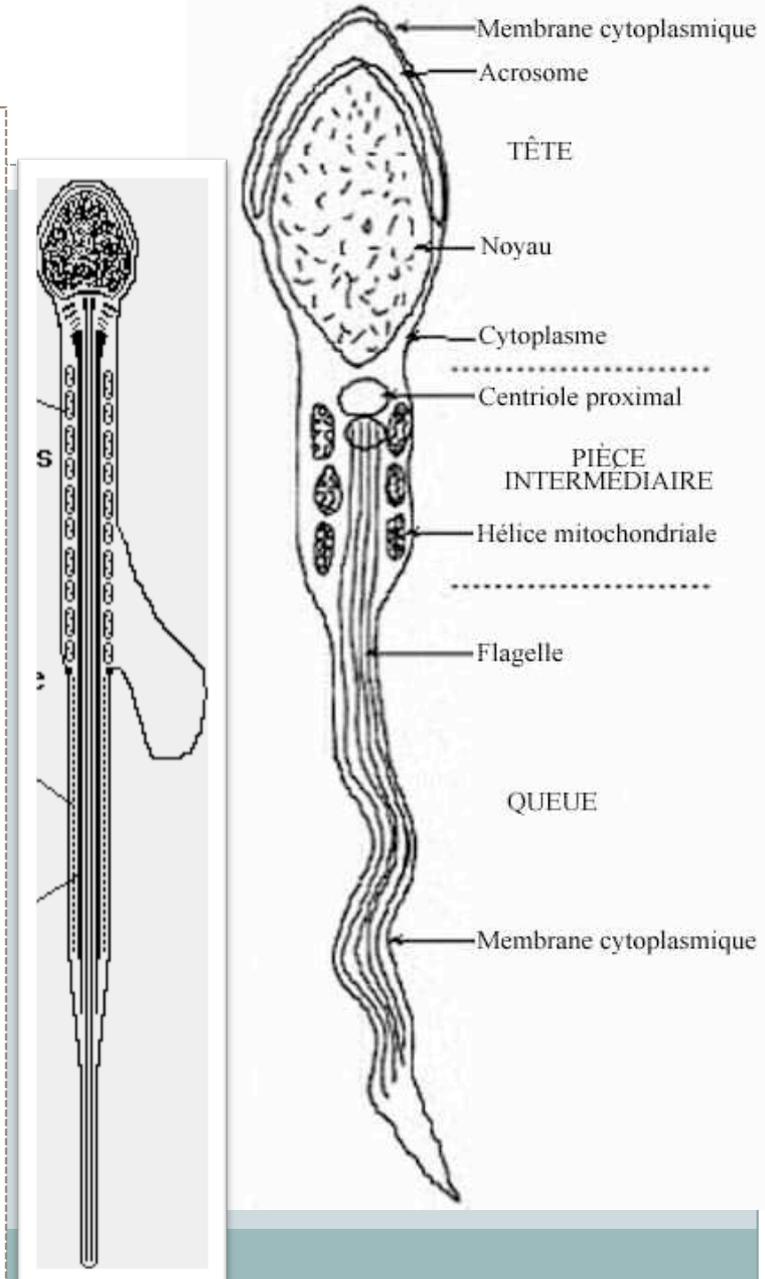


Étapes de la spermiogénèse

4. Isolement des restes cytoplasmiques et condensation du noyau.

- Au fur et à mesure de la différenciation des spermatides, la cellule perd des fragments de cytoplasme qui sont phagocytés par la cellule de Sertoli.
- Il ne persiste qu'une fine couche autour du manchon mitochondrial.
- La chromatine se condense progressivement pour donner un noyau très dense compact, de forme allongée.

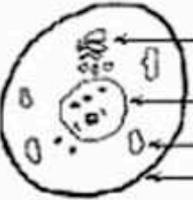
Morphologie du spermatoïde mûr typique



Spermiogénèse

Spermatide

- Appareil de Golgi
- Noyau
- Mitochondrie
- Membrane cellulaire



Pôle apical

- Vésicule pro-acrosomienne
- Centrioles: Proximal, Distal -> corpuscule basal



Pôle basal

- Acrosome
- Mitochondrie
- Centriole proximal
- Flagelle



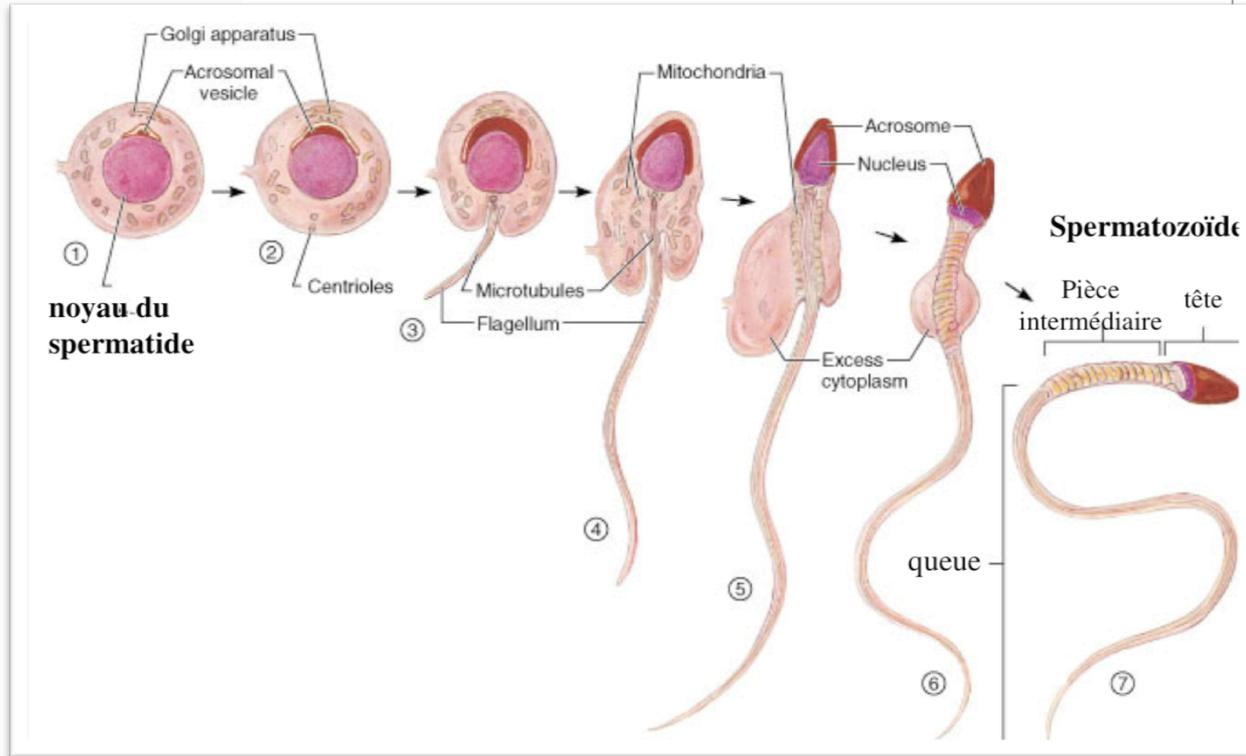
Cytoplasme résiduel (sera expulsé)



TÊTE

PIÈCE INTERMÉDIAIRE

QUEUE



noyau du spermatide

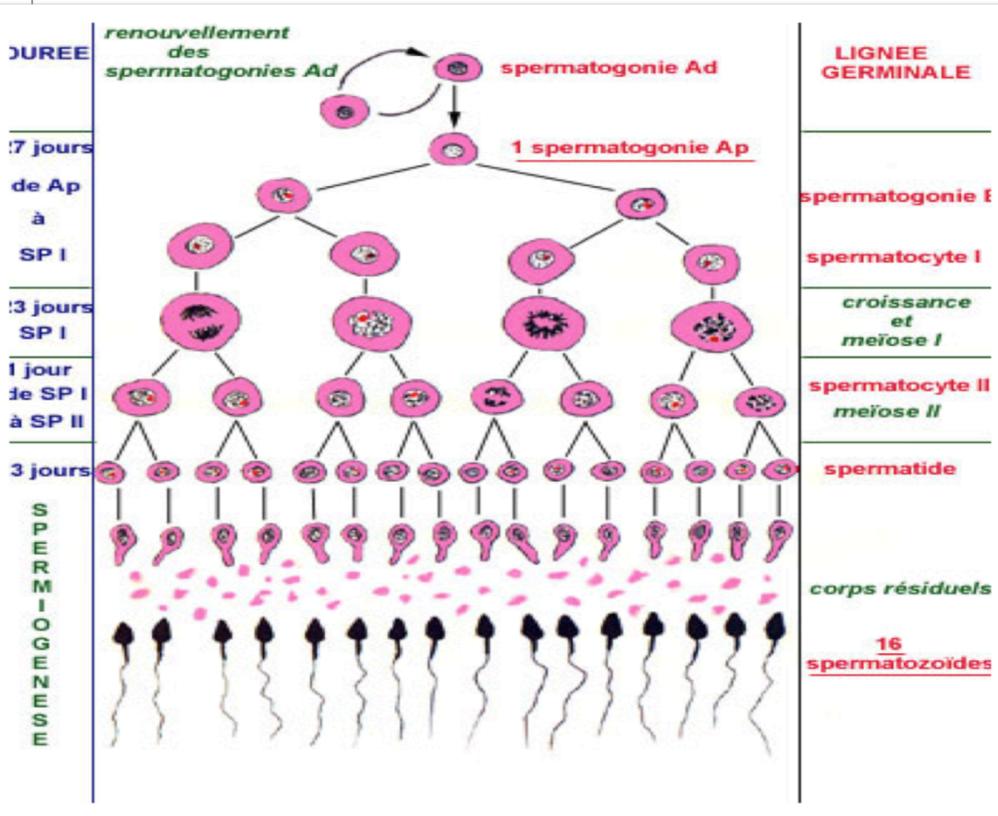
Spermatozoïde

Pièce intermédiaire tête

queue

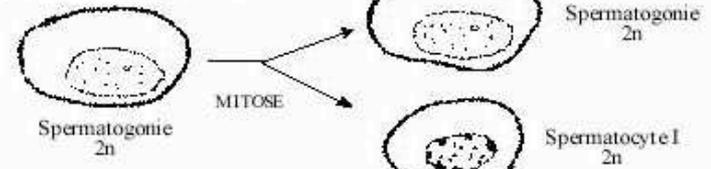
Résumé des étapes de la spermiogénèse

Résumé des étapes de la spermatogenèse

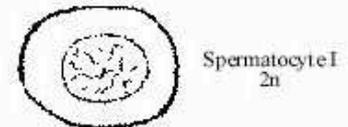


Spermatogenèse (proprement dite)

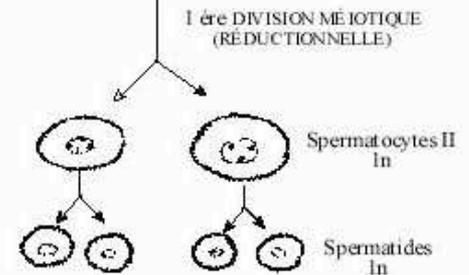
1) Phase de multiplication



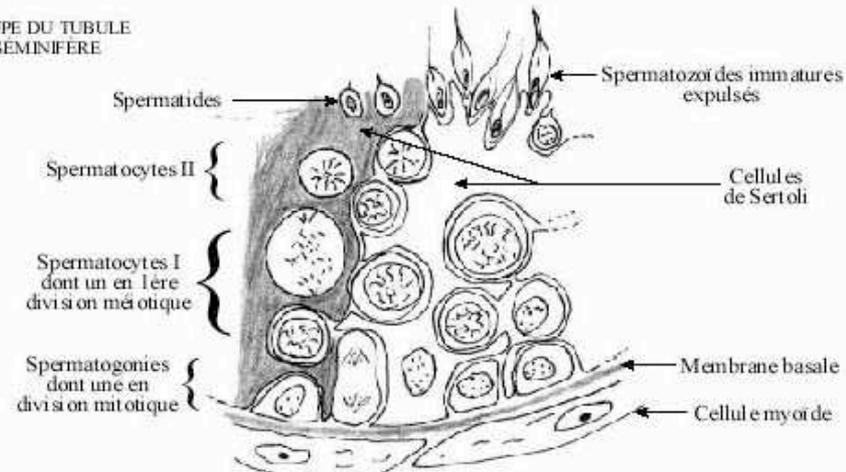
2) Phase d'accroissement



3) Phase de maturation



COUPE DU TUBULE SEMINIFERE



GAMÈTE MALE : SPERMATOZOÏDE

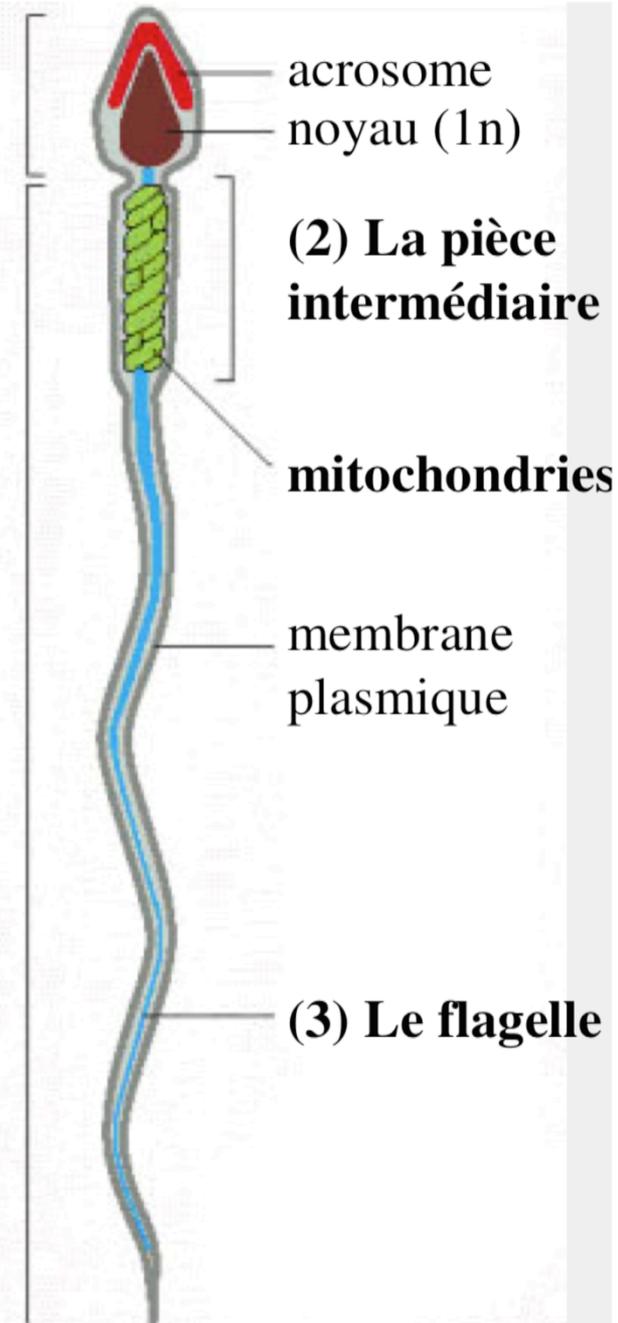
On distingue trois parties :

- **(1) la tête** (noyau et acrosome).
- **(2) la pièce intermédiaire** (riche en mitochondries).
- **(3) le flagelle** (organe de propulsion).

Remarque : Chez les insectes , crustacés et nématodes , les spermatozoïdes sont dépourvue de flagelle et sont amiboïde.

(1) La tête

**(2)+(3)
La queue**



Formes anormales de spermatozoïdes



Macrocéphalique
(grosse tête)



Microcéphalique
(petite tête)



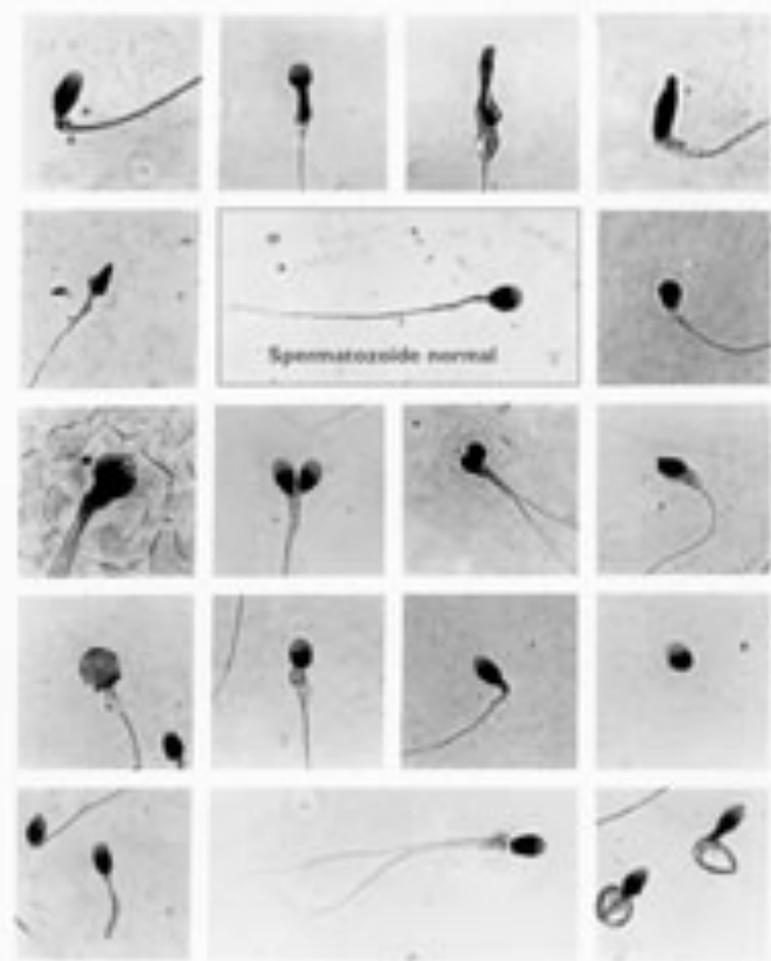
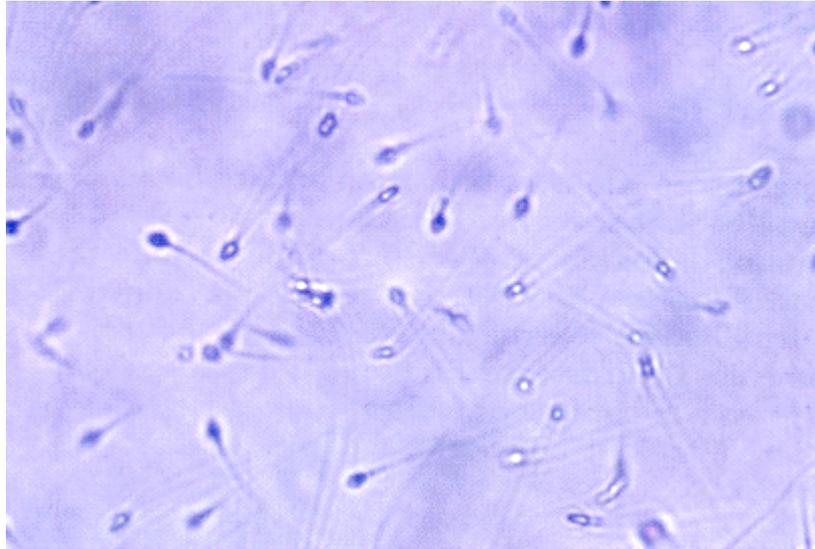
Flagelle court



Bifide (2 flagelles)



Bicephale (2 tête)

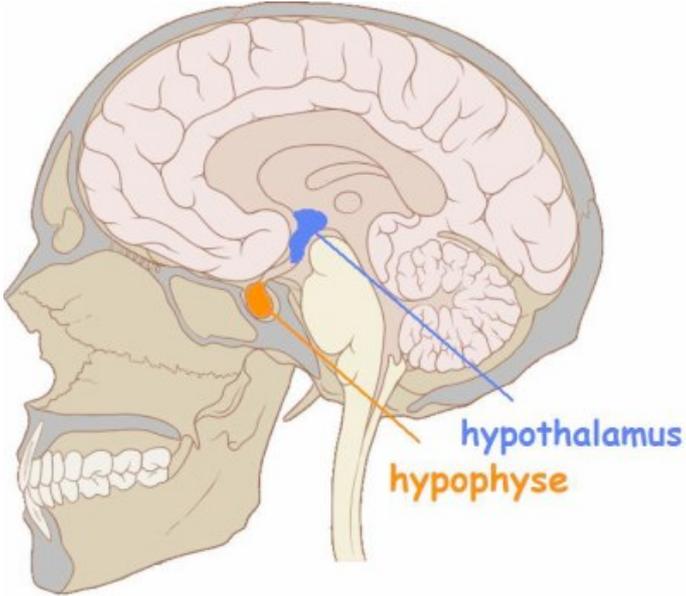


Spermogramme

- Asthénospermie : diminution de la mobilité
- Tératospermie : augmentation des formes anormales.
- Azoospermie: pas de spermatozoïdes (\neq d'aspermie: pas d'éjaculat)
- Oligospermie: diminution du nombre de spermatozoïdes (< 20 millions/ml)

3. RÉGULATION DE LA SPERMATOGENÈSE

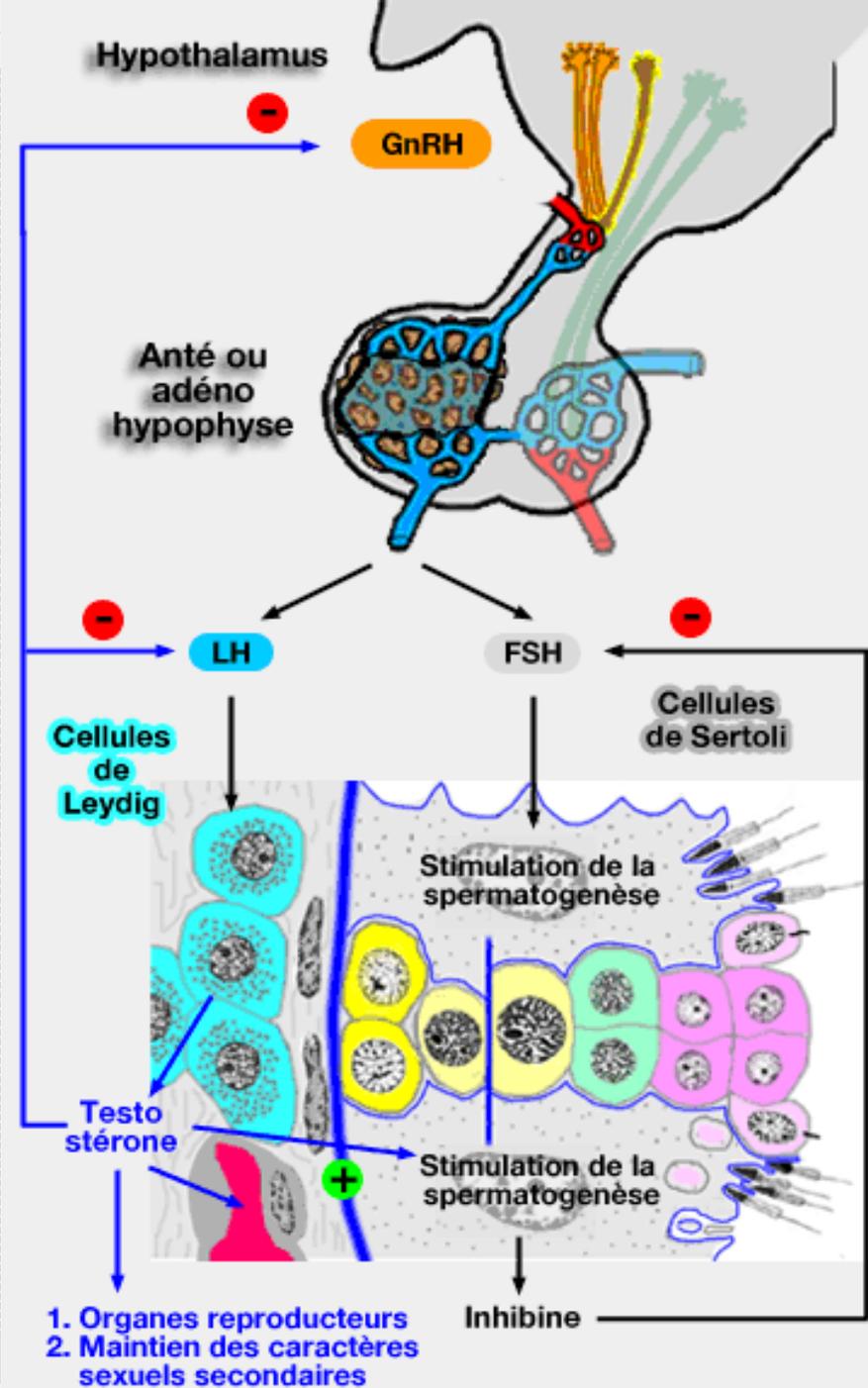
Le complexe hypothalamo-hypophysaire :

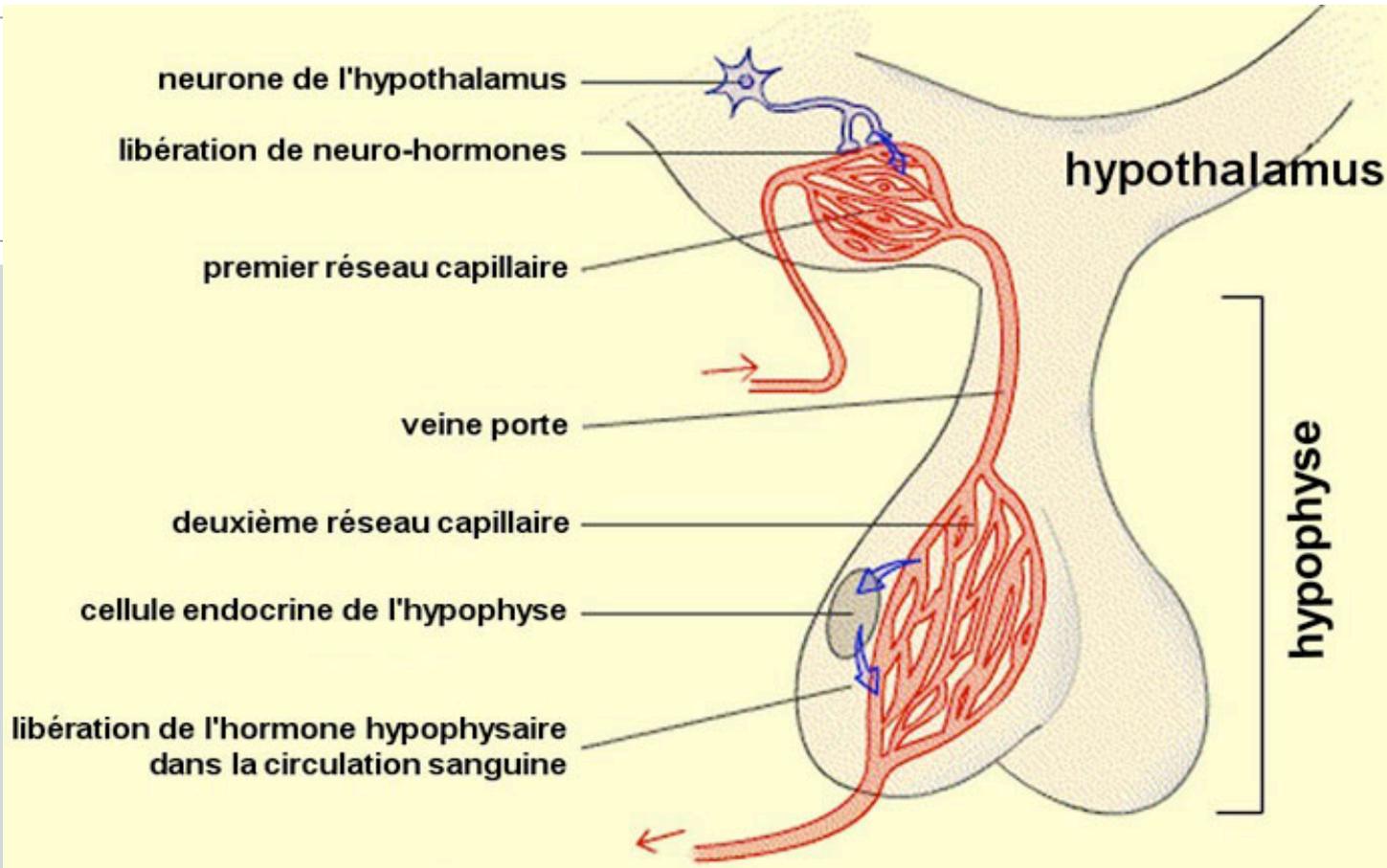
- Ce complexe, situé dans l'encéphale
 - Comprend *l'hypothalamus* et une glande endocrine, *l'hypophyse antérieure*.
- 
- L'hypothalamus libère de façon rythmique une neurohormone, la *gonadolibérine* ou *GnRH*, qui stimule les sécrétions hypophysaires.
 - L'hypophyse antérieure sécrète, sous l'action de la GnRH, deux hormones, la *FSH* (Hormone folliculo-stimulante) et la *LH* (Hormone lutéinisante). Ces hormones libérées dans la circulation sanguine générale vont agir sur des cellules cibles situées dans les gonades (testicules).

Le fonctionnement du testicule est stimulé par deux hormones hypophysaires :

- **LH** = Hormone Lutéinisante : agit sur les cellules de Leydig en stimulant la production de testostérone.

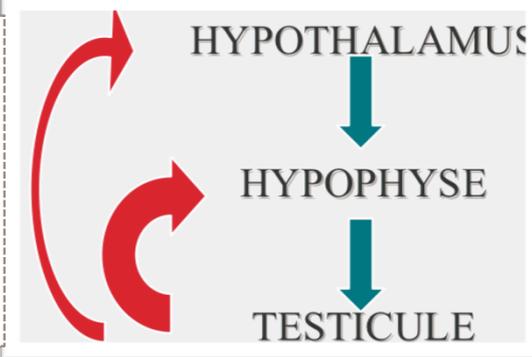
- **FSH** = Hormone Folliculo-Stimulante : agit indirectement sur la spermatogénèse en stimulant la production d'ABP (transporteur de la testostérone) et de l'inhibine par les cellules de Sertoli.





La LH et FSH sont nécessaires au déroulement de la spermatogénèse.

- Les gonades (testicules) assurent la production des cellules sexuelles, les gamètes (activité exocrine), et des hormones sexuelles (activité endocrine).



- **La testostérone** : libéré de manière pulsatile, stimule l'expression des caractères sexuels secondaires dès la puberté : comportement, pilosité, caractères propres de la musculature, squelette, etc.
- La testostérone va moduler sa propre sécrétion en exerçant un rétrocontrôle négatif sur le complexe hypothalamo-hypophysaire.
- Elle inhibe la libération de GnRH et, des hormones hypophysaires, celle de la LH en totalité, celle de la FSH partiellement.
- La concentration en testostérone est ajustée à sa valeur consigne.

Le fonctionnement du complexe hypothalamo-hypophysaire est soumis à deux rétroactions (feed-back) négatives :

- Le taux de testostérone circulante exerce un effet inhibiteur (rétrocontrôle négatif) sur la production de LH et de GnRH.
- L'inhibine exerce un effet inhibiteur (rétrocontrôle négatif) sur la production de FSH.

