

Thème :
Corps humain et santé

Chapitre 1 : La mise en place du phénotype sexuel



Comment devient-on un homme ou une femme ?



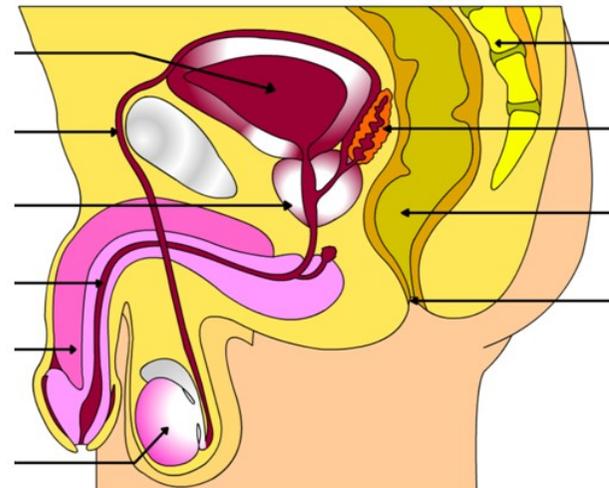
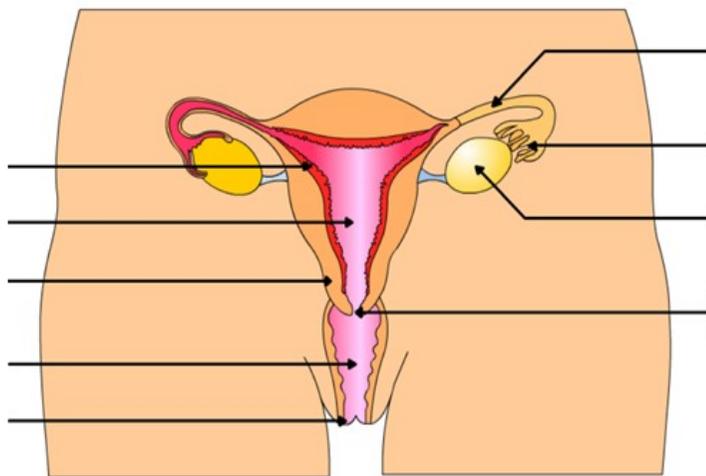


Chapitre 1 : La mise en place du phénotype sexuel

I. De la fécondation à la naissance : acquisition des appareils reproducteurs.

Rappels du collègue : Utiliser les 2 animations « app-reproducteur-femme » et « app-reproducteur-homme » pour titrer et légender les schémas des appareils reproducteurs d'un homme et d'une femme.

Rq : les animations se trouvent dans le dossier de votre classe : « ordinateur », « 50? » , « casier prof », « devoir élèves », « svt »



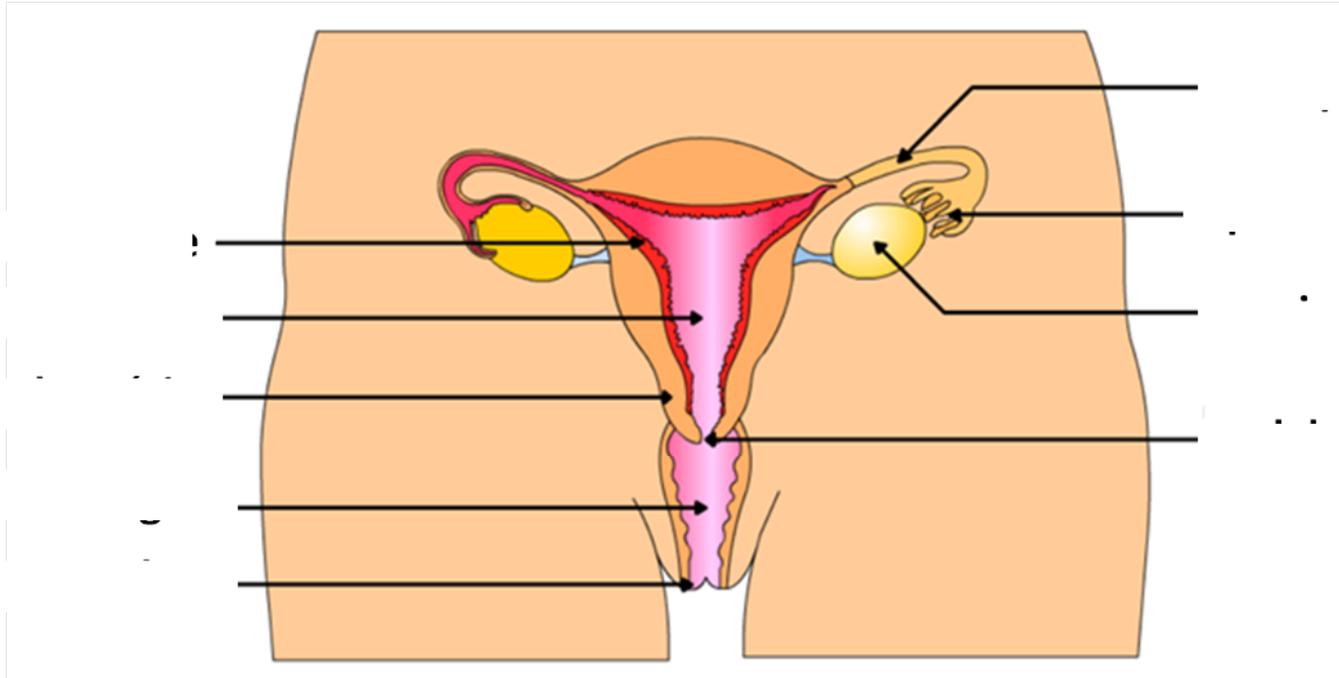
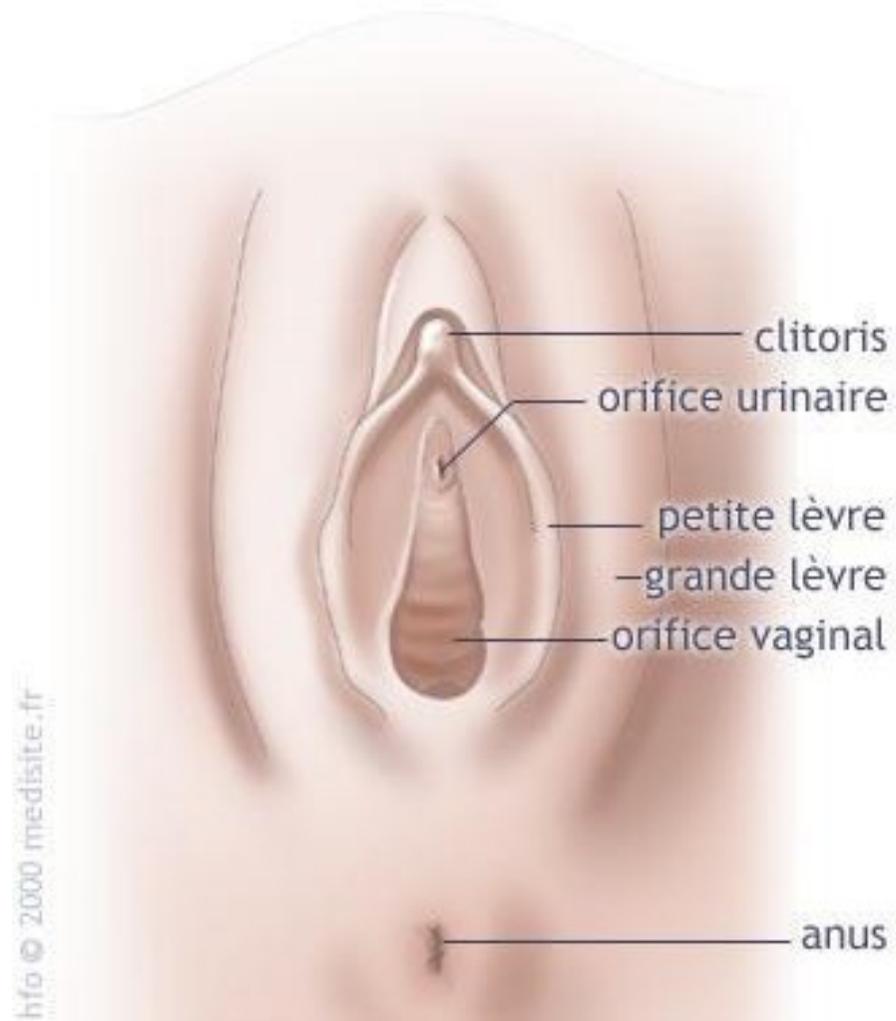


Schéma de l'appareil reproducteur féminin (en coupe, vu de face)

organes génitaux externes de la femme



Comment et à quel moment se mettent en place ces appareils reproducteurs ?

Activité 1 : Naitre fille ou garçon

Situation problème : Mme X vient d'accoucher de jumeaux, Jules et Léa. Elle se demande comment les 2 bébés qui se sont développés au cours d'une même grossesse peuvent avoir des sexes différents.

Comment le phénotype sexuel d'un nouveau-né est-il mis en place ?

Consigne : Utiliser les informations apportées par le dossier documentaire pour expliquer à Mme X comment elle a pu donner naissance à des jumeaux de sexe différent. Votre réponse devra prendre la forme d'un **schéma fonctionnel**.

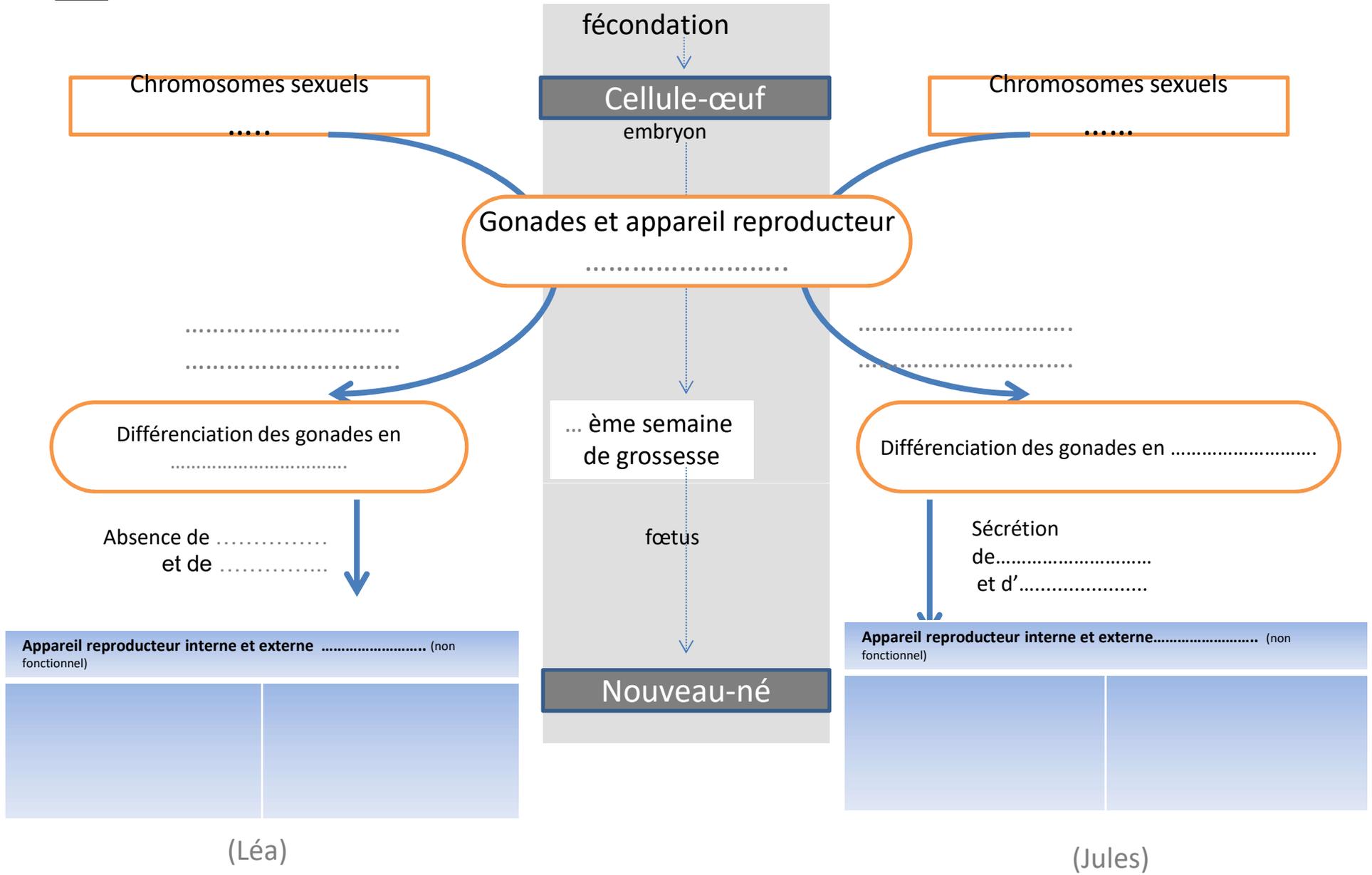
Matériel disponible :

- Dossier documentaires
- Fiche Méthode : Réaliser un schéma fonctionnel

Définitions :

- **Gonades** : Glandes sexuelles produisant les cellules reproductrices (= **gamètes**) mais aussi des hormones sexuelles.
- **Phénotype** : Ensemble des caractères d'un individu (ou d'une cellule). Ces caractères sont déterminés par le patrimoine génétique de l'individu (**génotype**) en interaction avec l'environnement.
- **Phénotype sexuel** : Ensemble des caractéristiques qui différencient un homme et une femme.

TITRE :



Légendes :
.....> temps —> Action de gènes/hormones ○ organes

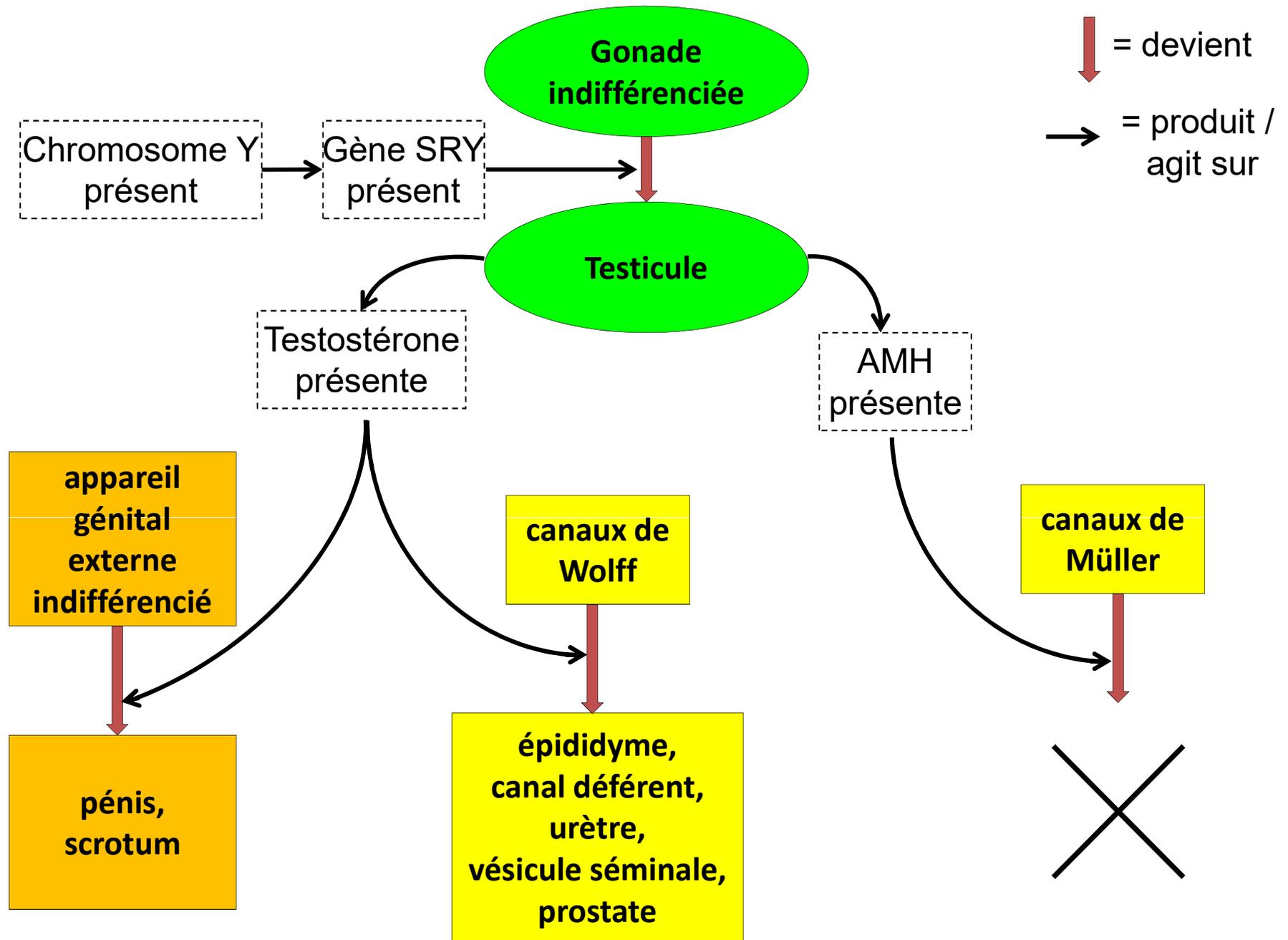


Schéma fonctionnel de l'acquisition du phénotype sexuel chez Ju

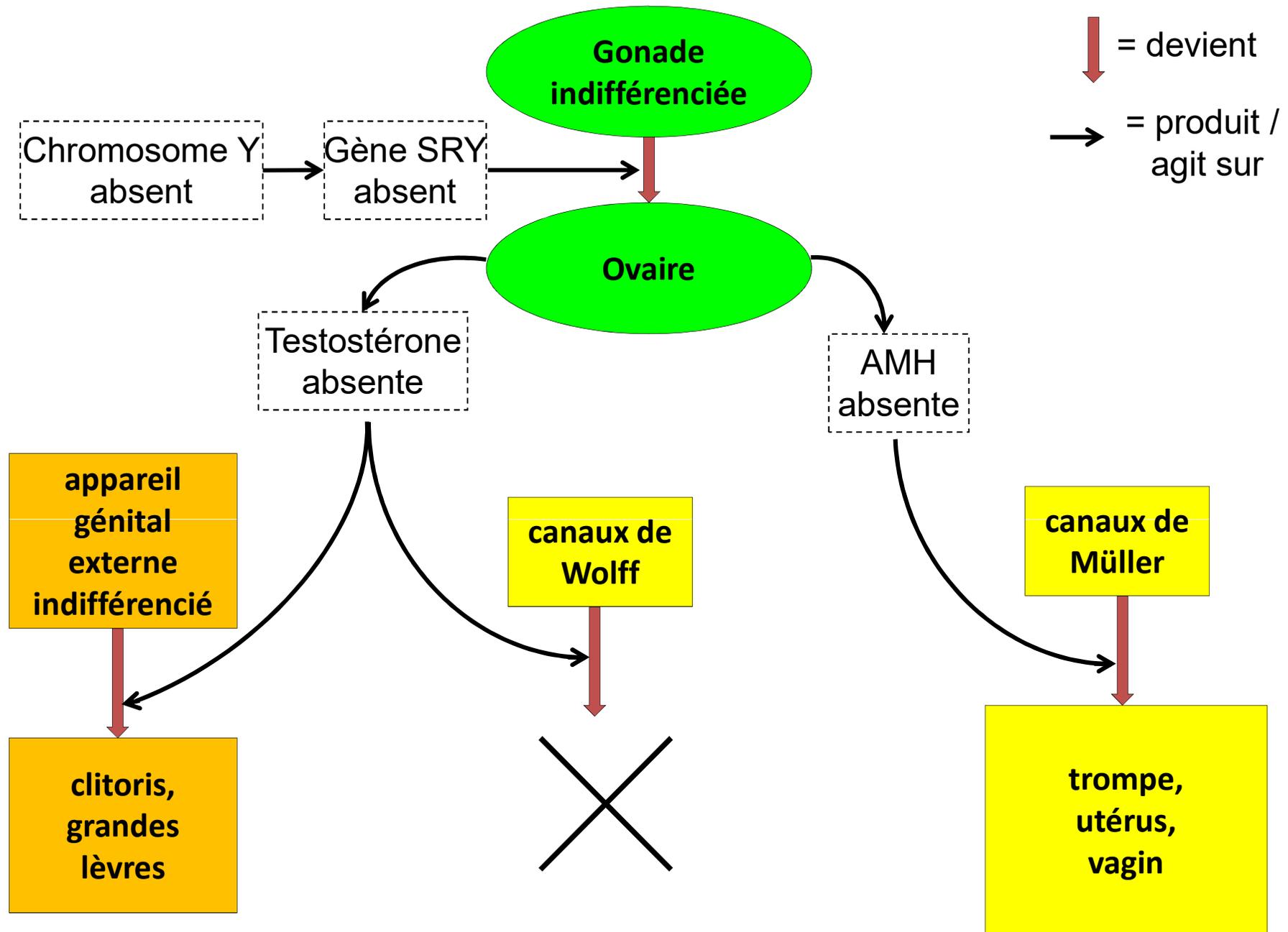
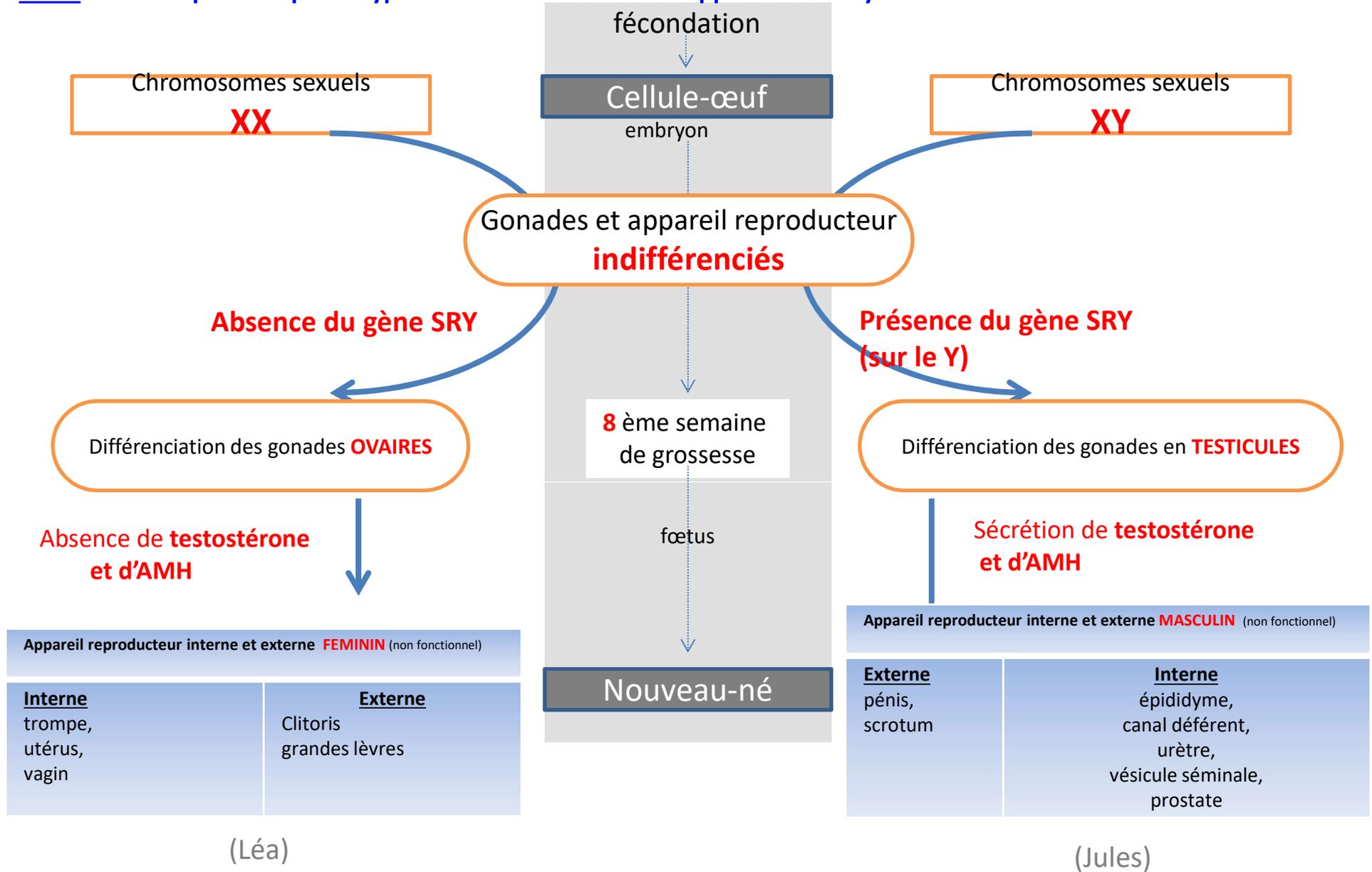


Schéma fonctionnel de l'acquisition du phénotype sexuel chez Lé

TITRE : Mise en place du phénotype sexuel au cours du développement embryonnaire



Légendes :

- temps
- Action de gènes/hormones
- organes

BILAN FT1 : Jusqu'à la 8^{ème} semaine de développement embryonnaire, les organes génitaux de l'embryon sont indifférenciés (présences de 2 **gonades** indifférenciées, d'un appareil génital interne indifférencié et d'un appareil génital externe indifférencié).

La différenciation de l'appareil génital dépend des chromosomes sexuels reçus au moment de la **fécondation** :

- Chez les embryons porteurs d'un chromosome Y (embryon **XY**), le gène **SRY** (présent sur le chromosome Y) s'exprime et induit la différenciation de la gonade en **testicule**. Le testicule va alors produire de la **testostérone** qui provoque la différenciation de l'appareil génital interne et externe vers un type masculin (en éliminant les ébauches féminines).

- Chez les embryons qui n'ont pas de chromosome Y (embryon **XX**), la gonade évolue en ovaire. En absence de **testostérone**, les organes génitaux internes et externes évoluent vers un type féminin.

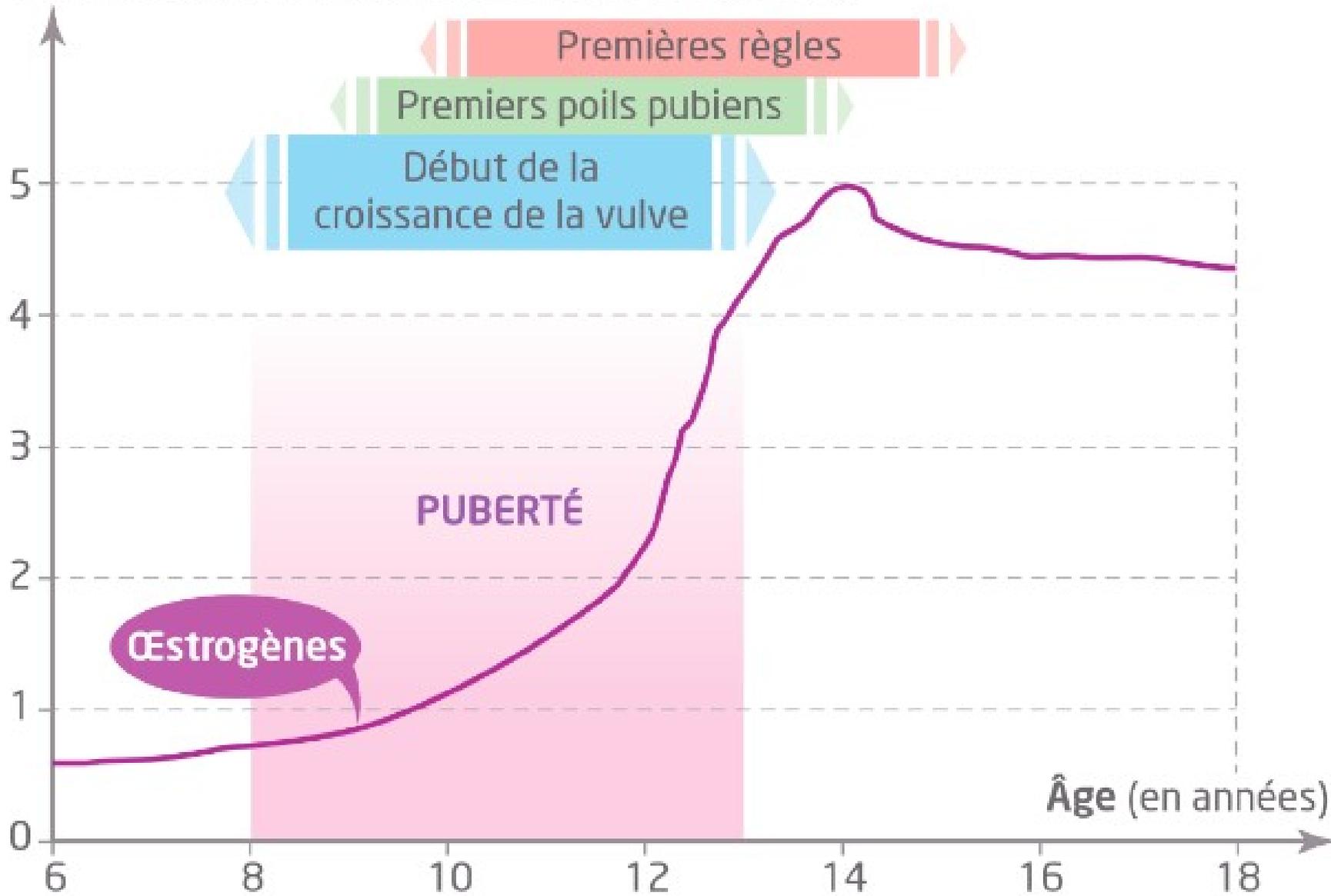
Chapitre 1 : La mise en place du phénotype sexuel

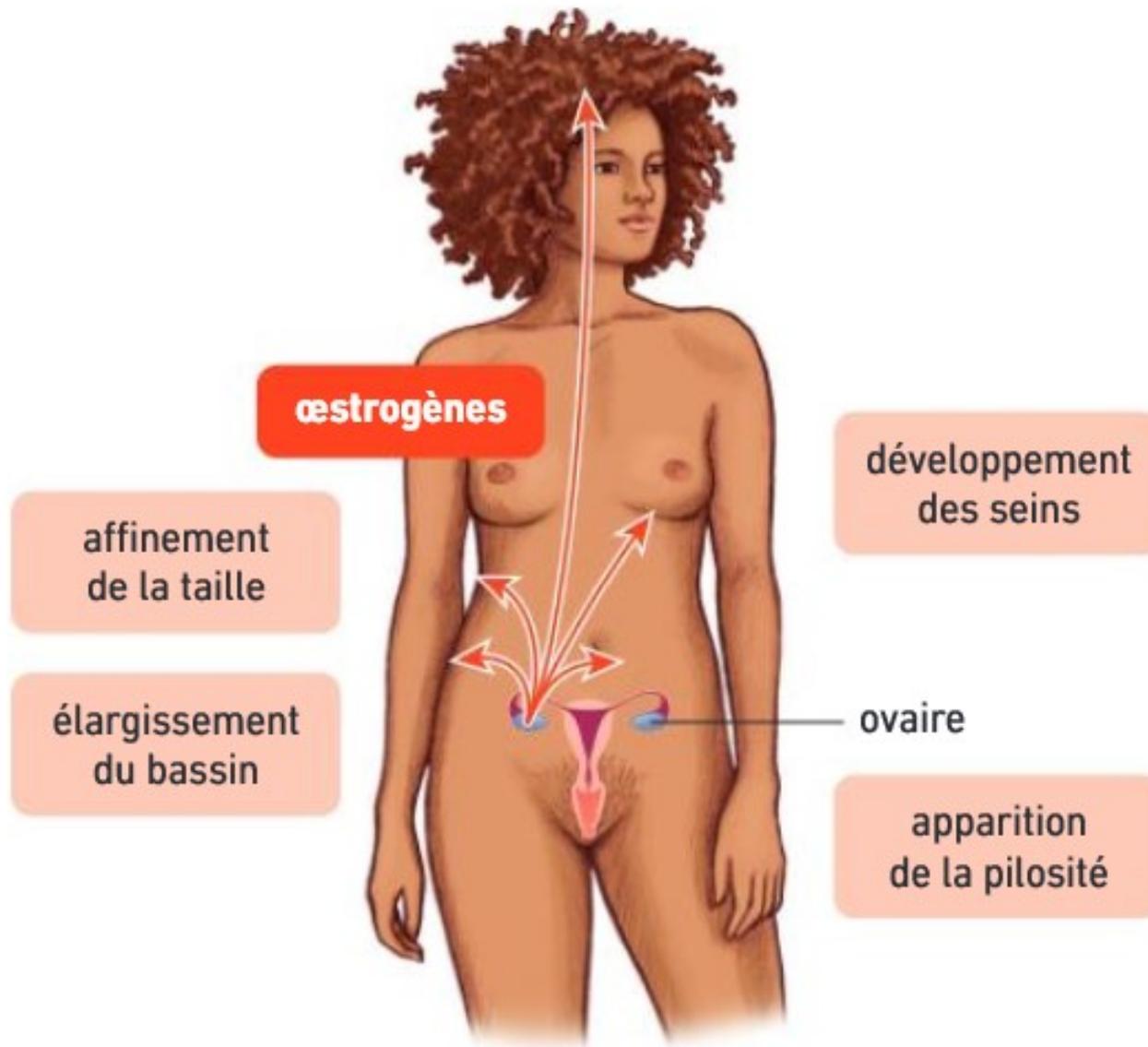
I. De la fécondation à la naissance : acquisition des appareils reproducteurs.

II. La puberté = acquisition de la capacité à se reproduire.

A. Mise en évidence de l'acquisition de la capacité à se reproduire

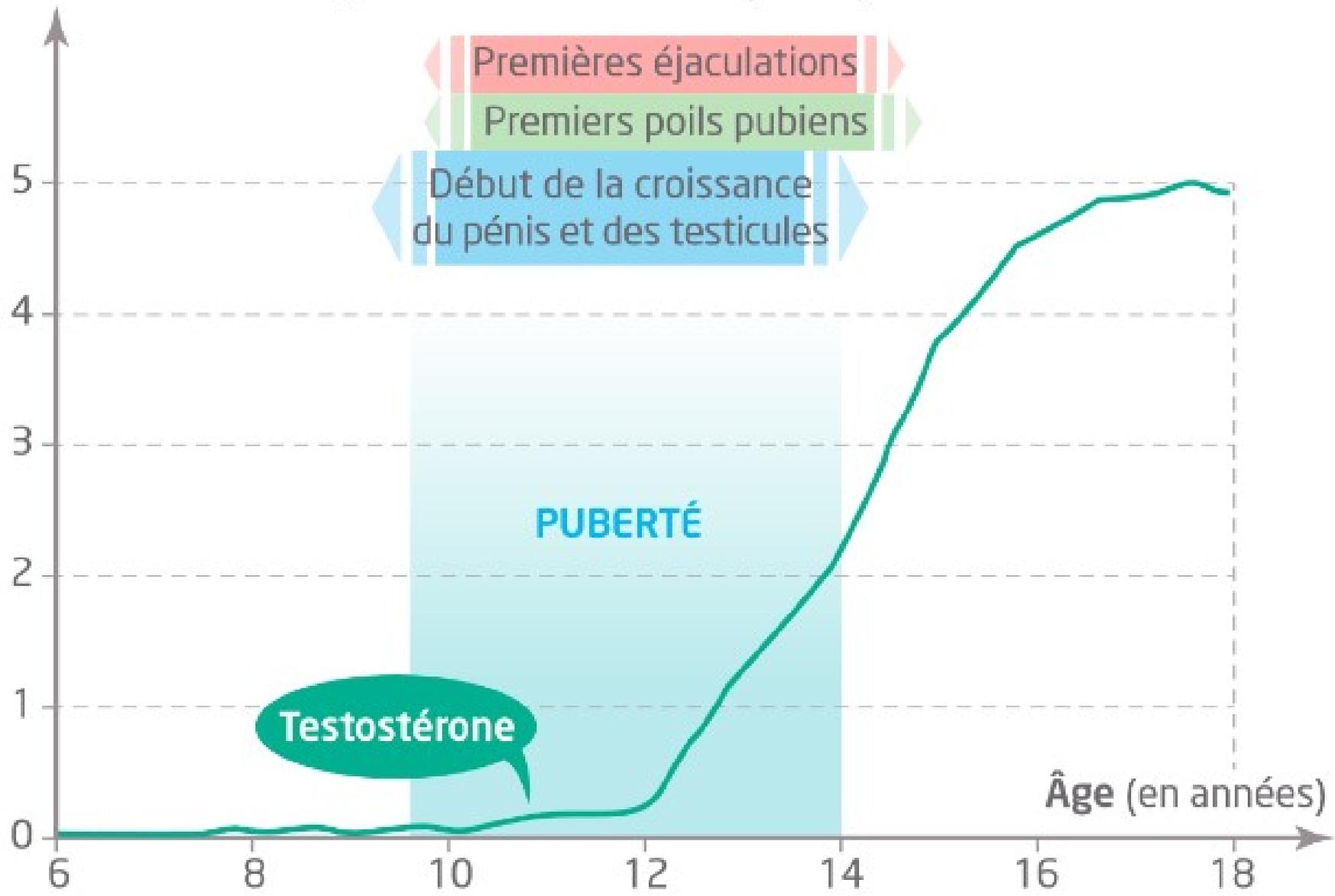
Concentration sanguine en œstrogènes (en UA)

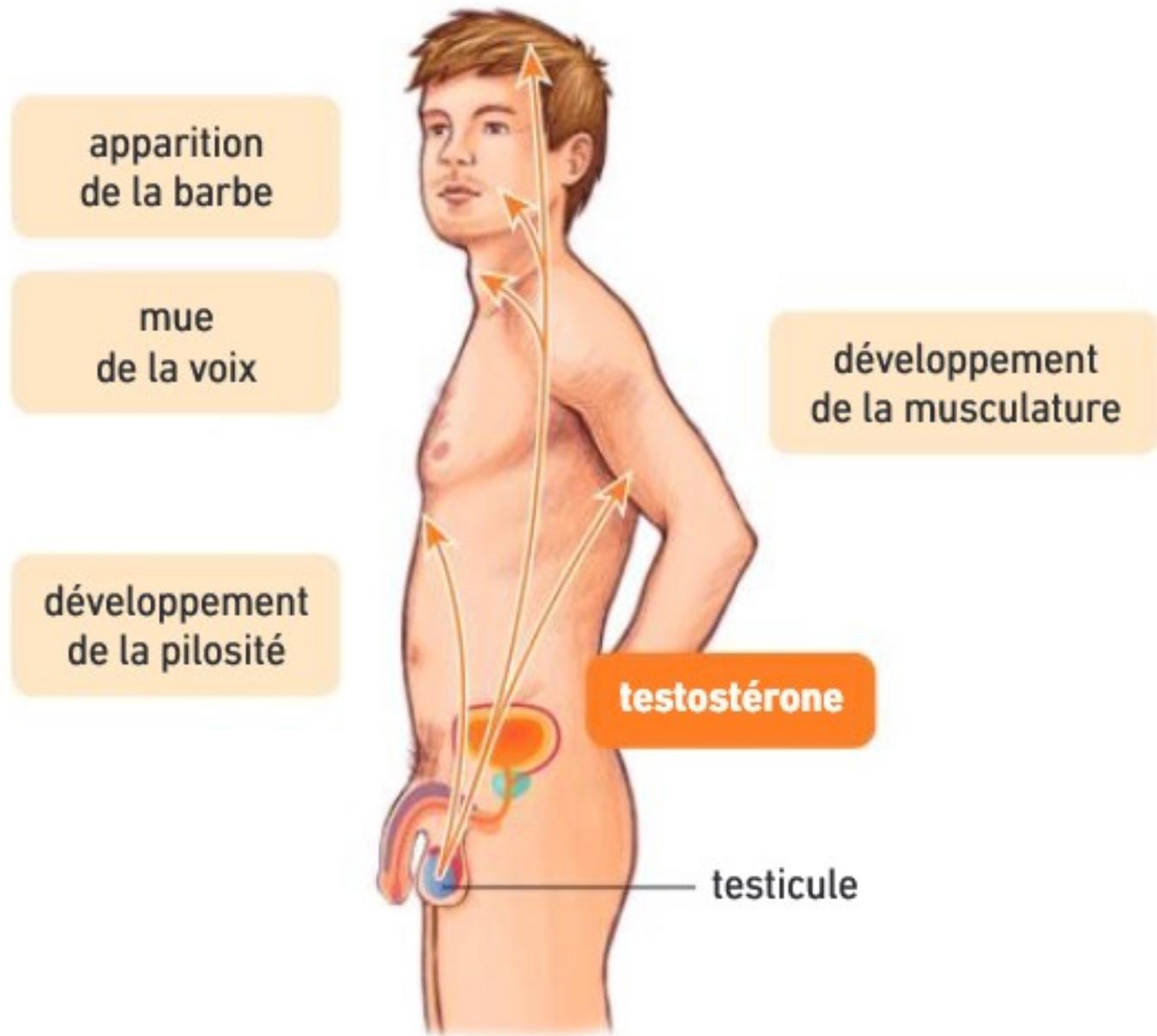




A Transformations physiques chez la fille lors de la puberté.

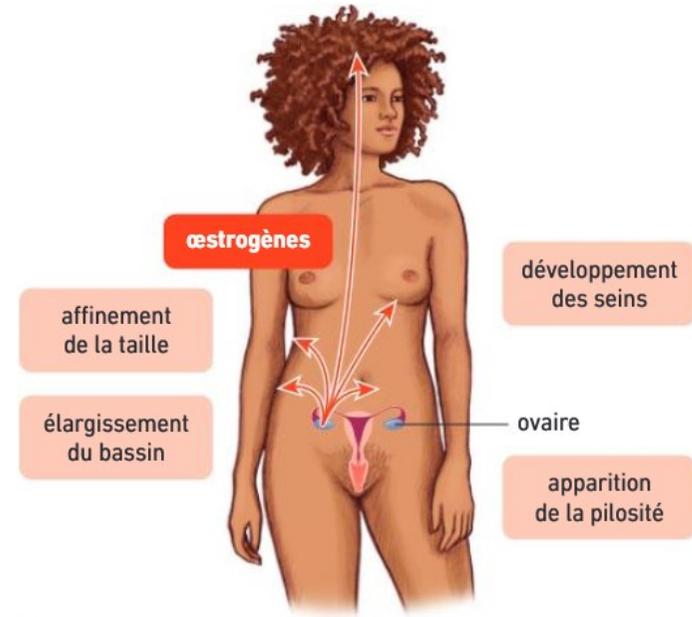
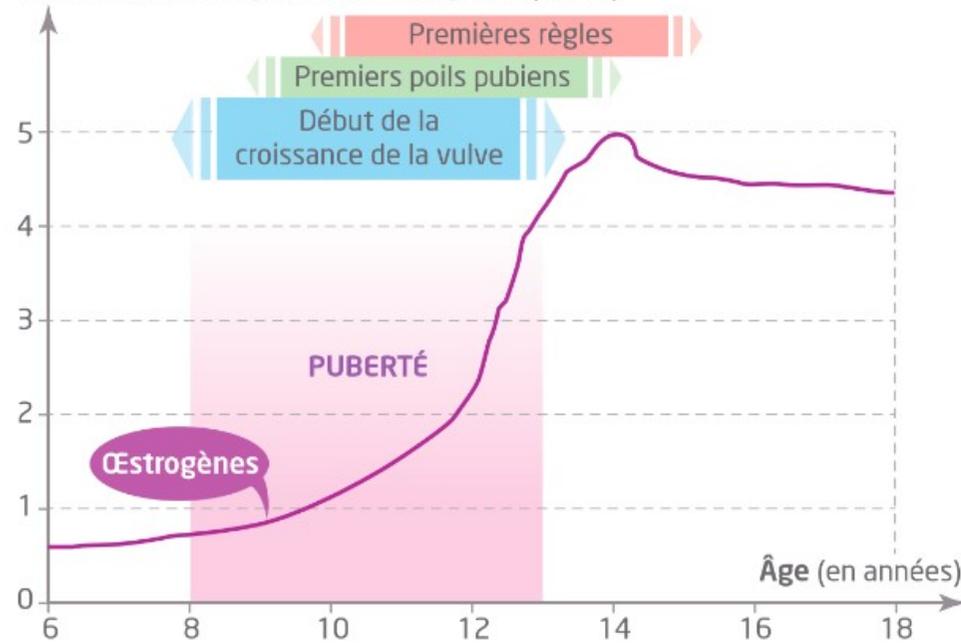
Concentration sanguine en testostérone (en UA)



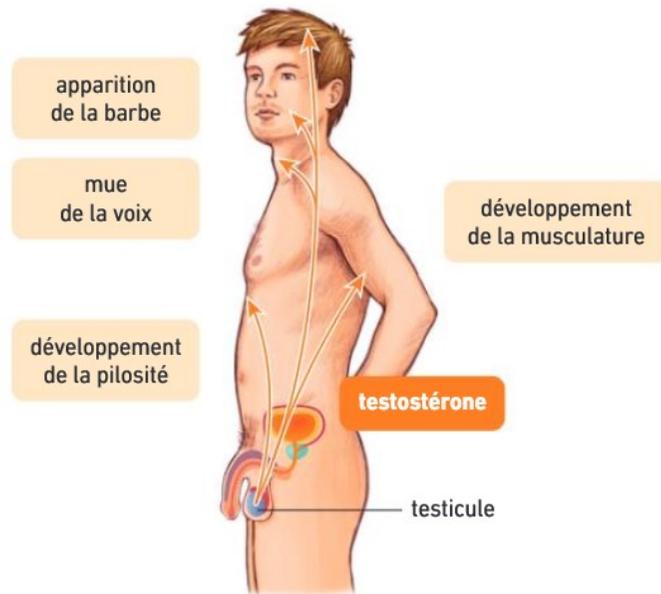


C Transformations physiques chez le garçon lors de la puberté.

Concentration sanguine en œstrogènes (en UA)

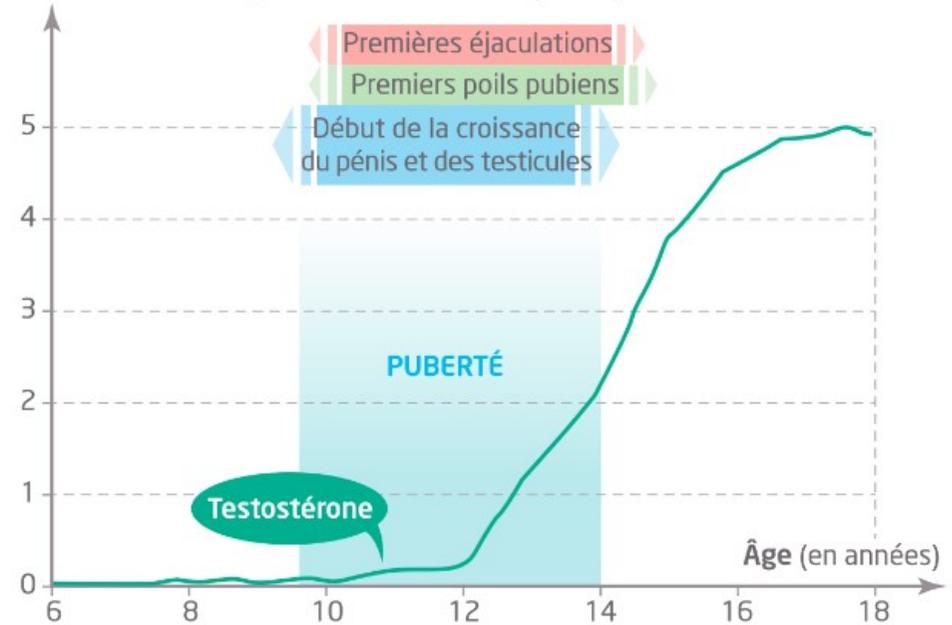


A Transformations physiques chez la fille lors de la puberté.



C Transformations physiques chez le garçon lors de la puberté.

Concentration sanguine en testostérone (en UA)



(Rappels du collège) **A la puberté, les 1ères règles chez la fille et les 1ères éjaculations chez le garçon** montrent que l'appareil reproducteur devient fonctionnel.

Les **gonades** (ovaires et testicules) produisent alors des **gamètes** (spermatozoïdes et ovules) et des **hormones** sexuelles (**testostérone** chez le garçon, **œstrogènes** et **progestérone** chez la fille). Les hormones sexuelles sont responsables de la mise en place des **caractères sexuels secondaires** (pilosité, développement des organes génitaux, ...)

Chapitre 1 : La mise en place du phénotype sexuel

I. De la fécondation à la naissance : acquisition des appareils reproducteurs.

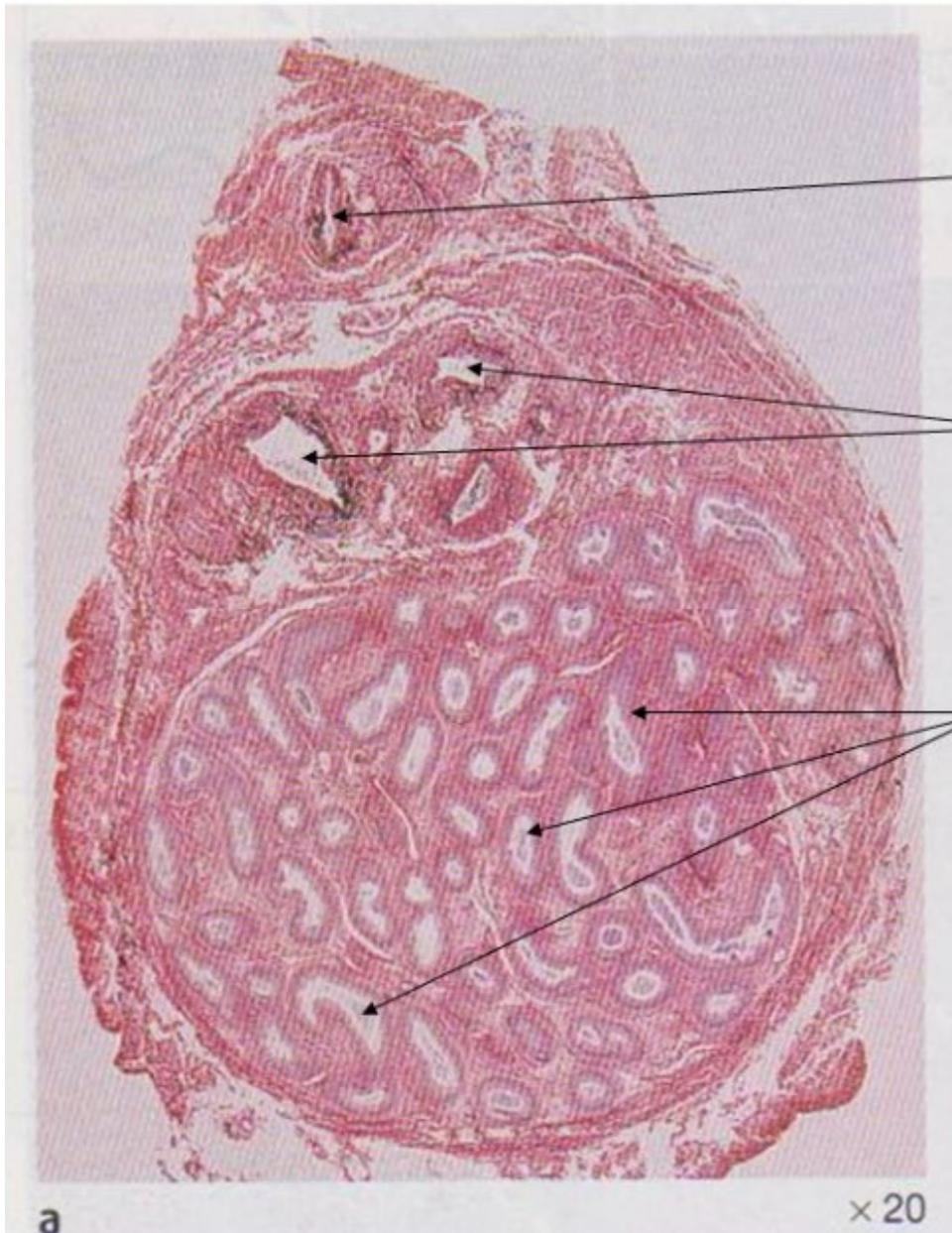
II. La puberté = acquisition de la capacité à se reproduire.

A. Mise en évidence de l'acquisition de la capacité à se reproduire

B. Fonctionnement de l'appareil reproducteur de l'homme

1. La double fonction du testicule

Activité 2 : cf fiche numérique

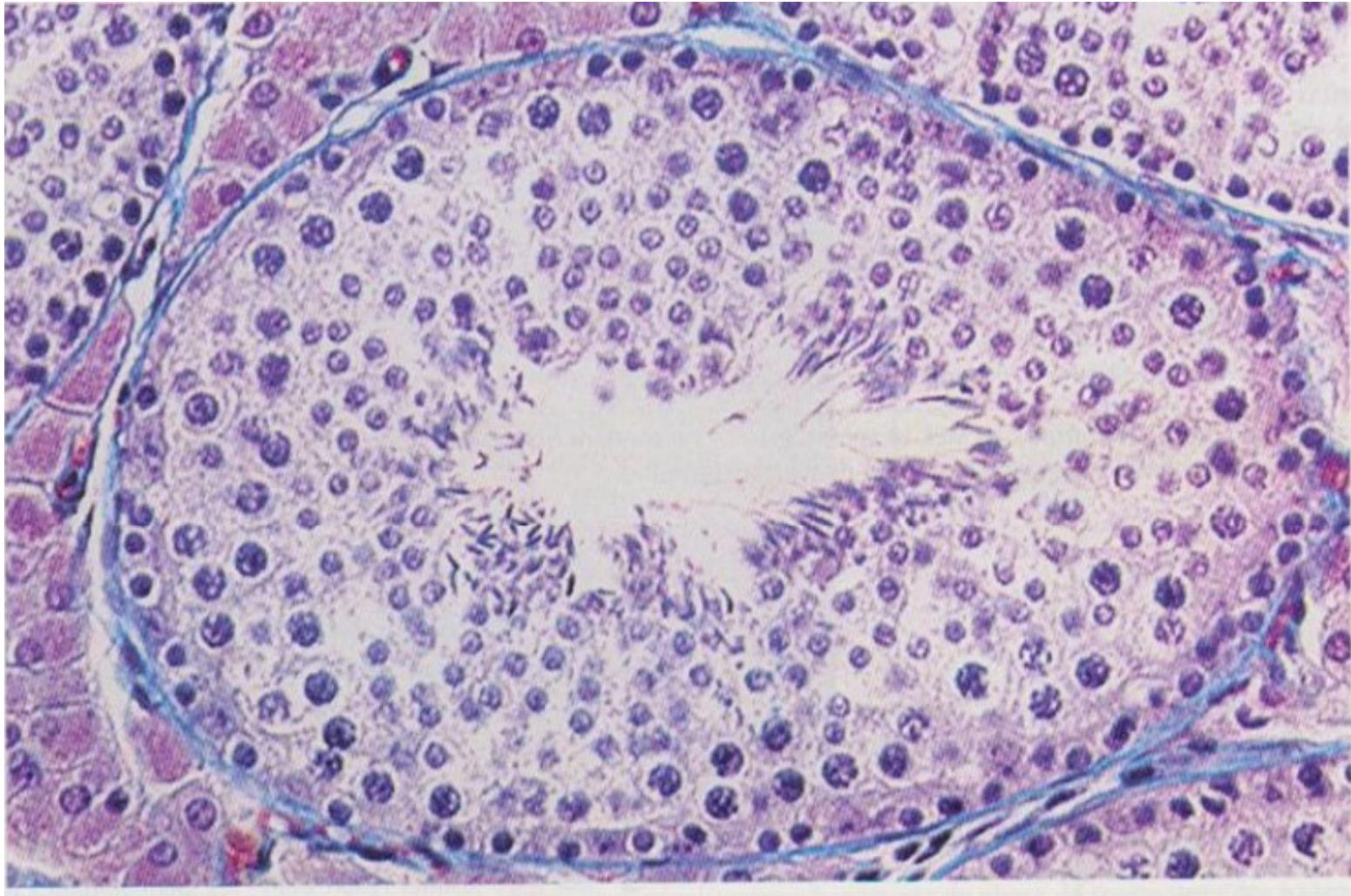


Canal
déférent

Epididyme

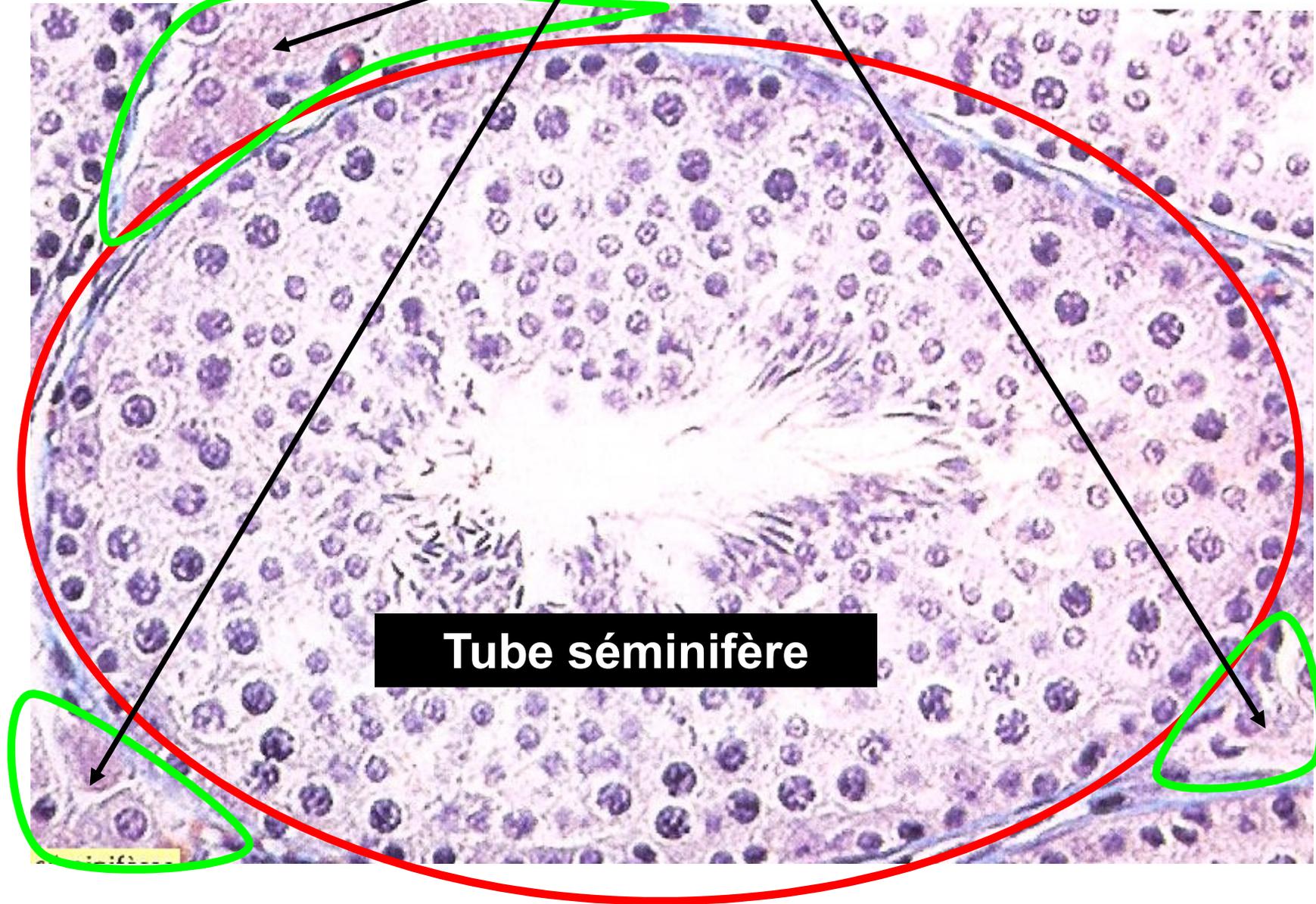
Nombreux tubes
séminifères

Coupe de
testicule
humain en
microscopie
optique

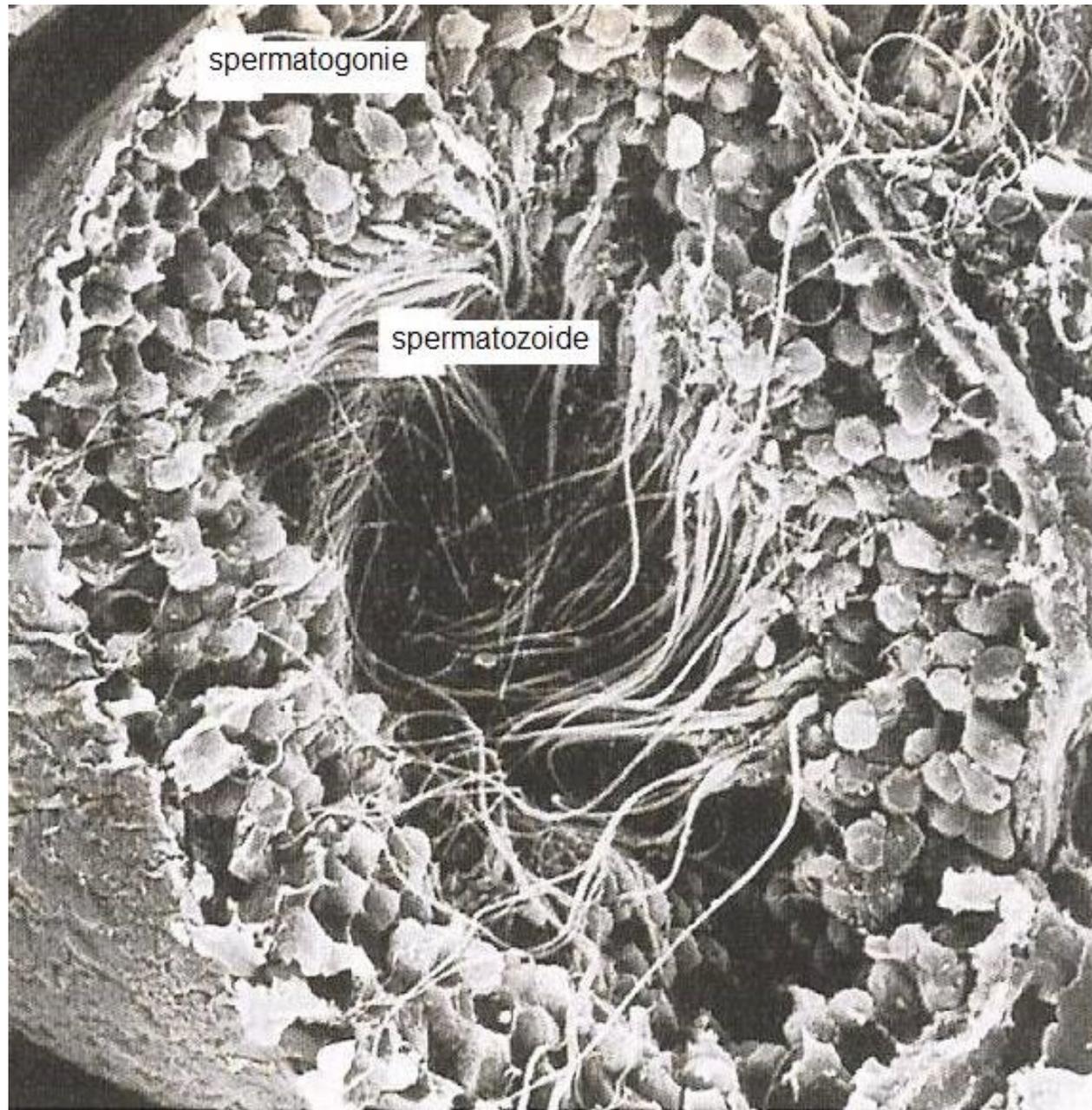


Coupe de testicule observée au microscope optique (x700)

Cellules interstitielles = cellules de Leydig



Tube séminifère



spermatogonie

spermatozoïde

× 700

formation d'un spermatozoïde prend de 64 à 72 jours.



tube séminifère

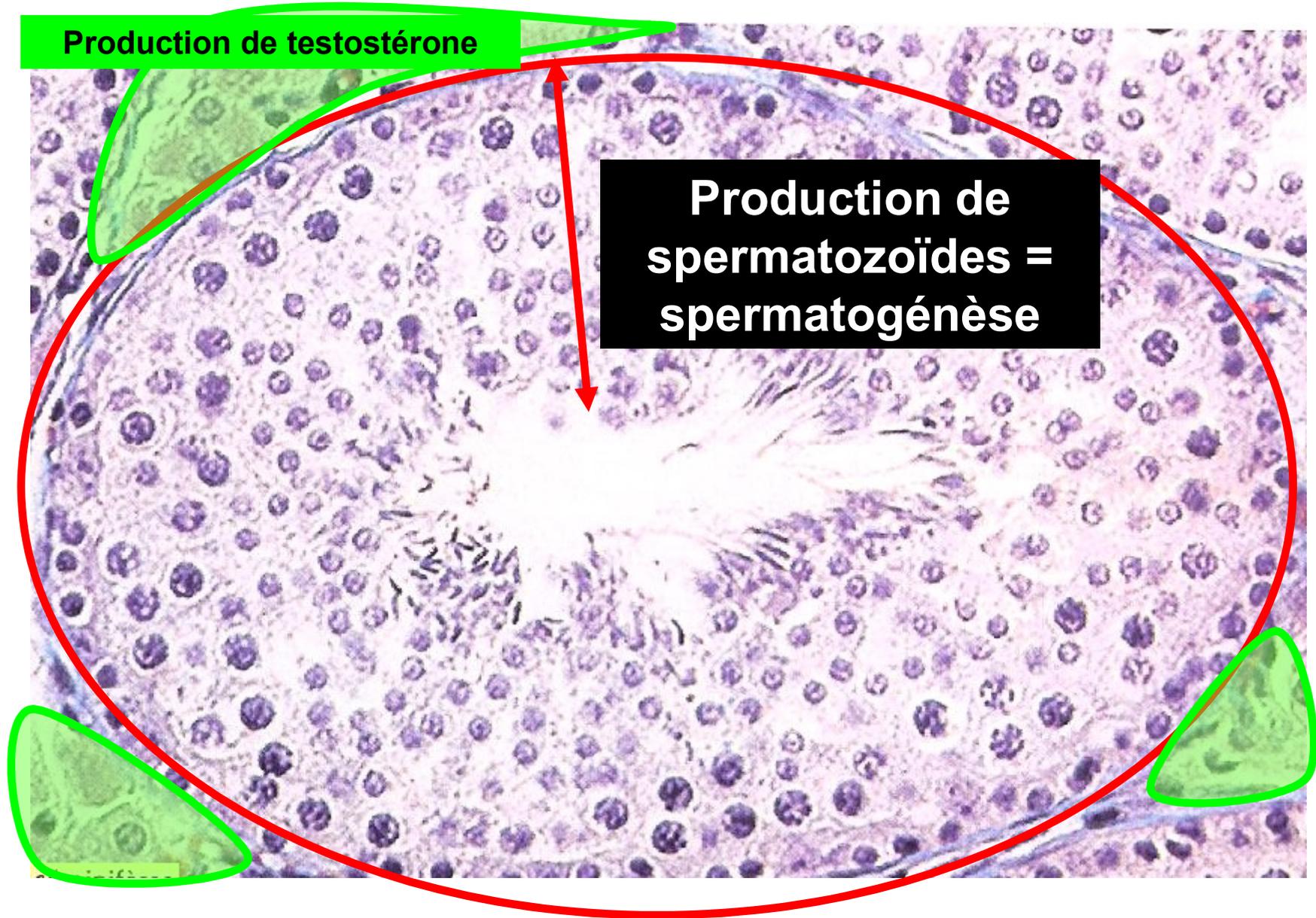
vaisseau sanguin.

cellules de Leydig

La double fonction du testicule

Production de testostérone

Production de spermatozoïdes = spermatogénèse



La double fonction des testicules



spermatozoïdes

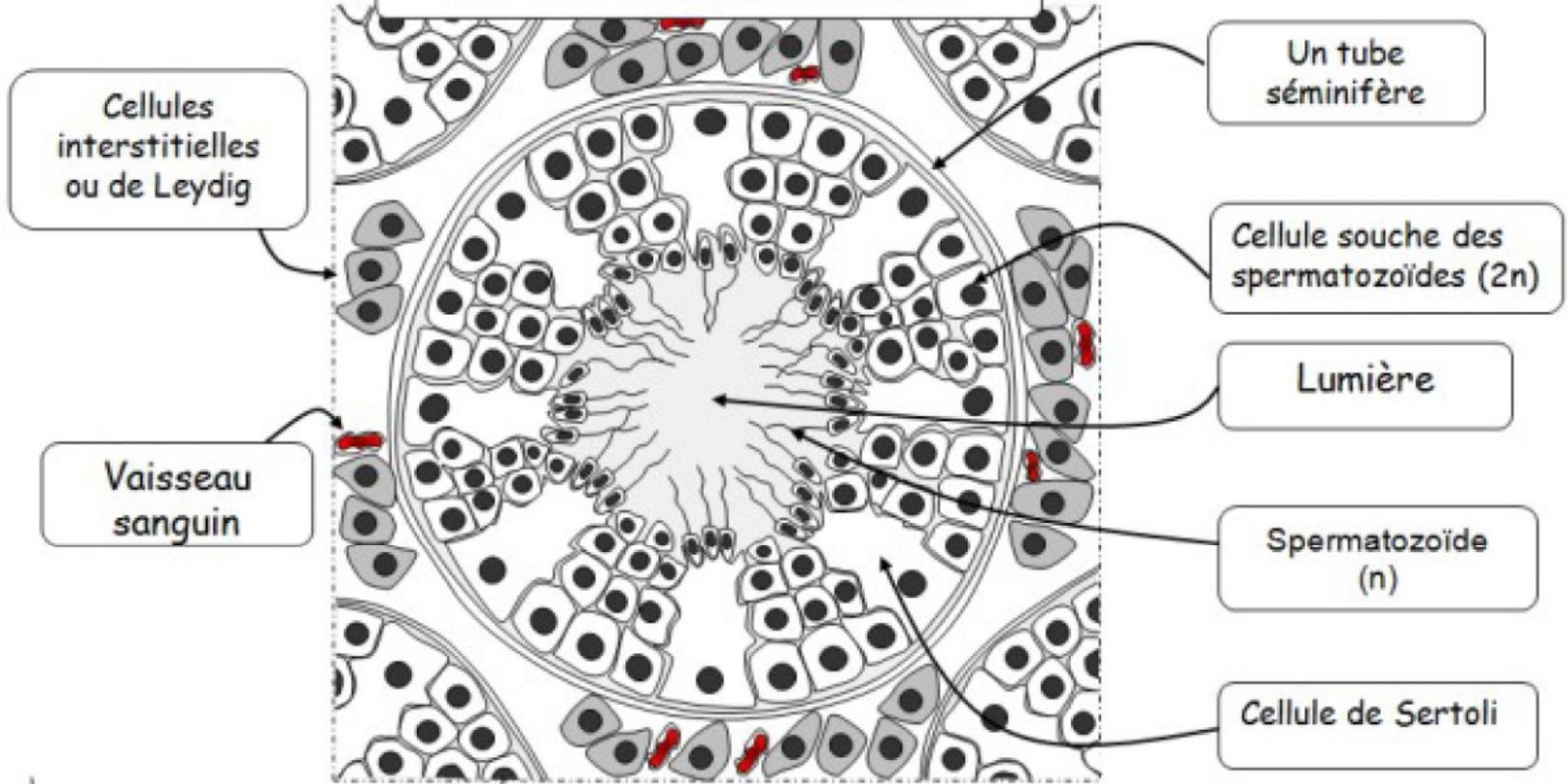
tube séminifère
(production des
spermatozoïdes)

lumière du tube

cellules de Leydig
(production de la
testostérone)

Coupe de testicule observée au microscope optique (x700)

Structures et fonction du testicule



Cellules
interstitielles
ou de Leydig

Vaisseau
sanguin

Un tube
séminifère

Cellule souche des
spermatozoïdes (2n)

Lumière

Spermatozoïde
(n)

Cellule de Sertoli

Fonction des cellules
interstitielles ou cellules
de Leydig : Fabriquer la
testostérone, fonction
hormonale.

Fonction des tubes
séminifères :
Fabriquer des
spermatozoïdes ou réaliser
la spermatogénèse.

BILAN FT2 : Les testicules ont une **double fonction** :

- Ils produisent des spermatozoïdes dans les **tubes séminifères** (cf FT2)

- Ils produisent de la **testostérone**. Cette production est réalisée par les **cellules de Leydig** situées entre les tubes séminifères (cf FT2)

Chapitre 1 : La mise en place du phénotype sexuel

I. De la fécondation à la naissance : acquisition des appareils reproducteurs.

II. La puberté = acquisition de la capacité à se reproduire.

A. Mise en évidence de l'acquisition de la capacité à se reproduire

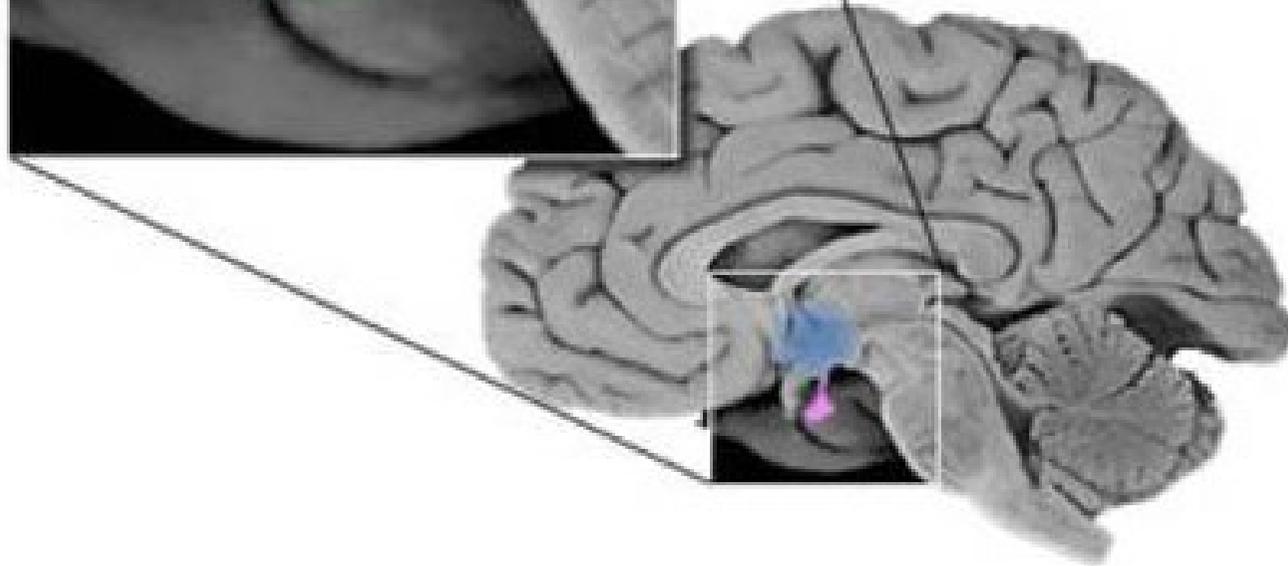
B. Fonctionnement de l'appareil reproducteur de l'homme

1. La double fonction du testicule

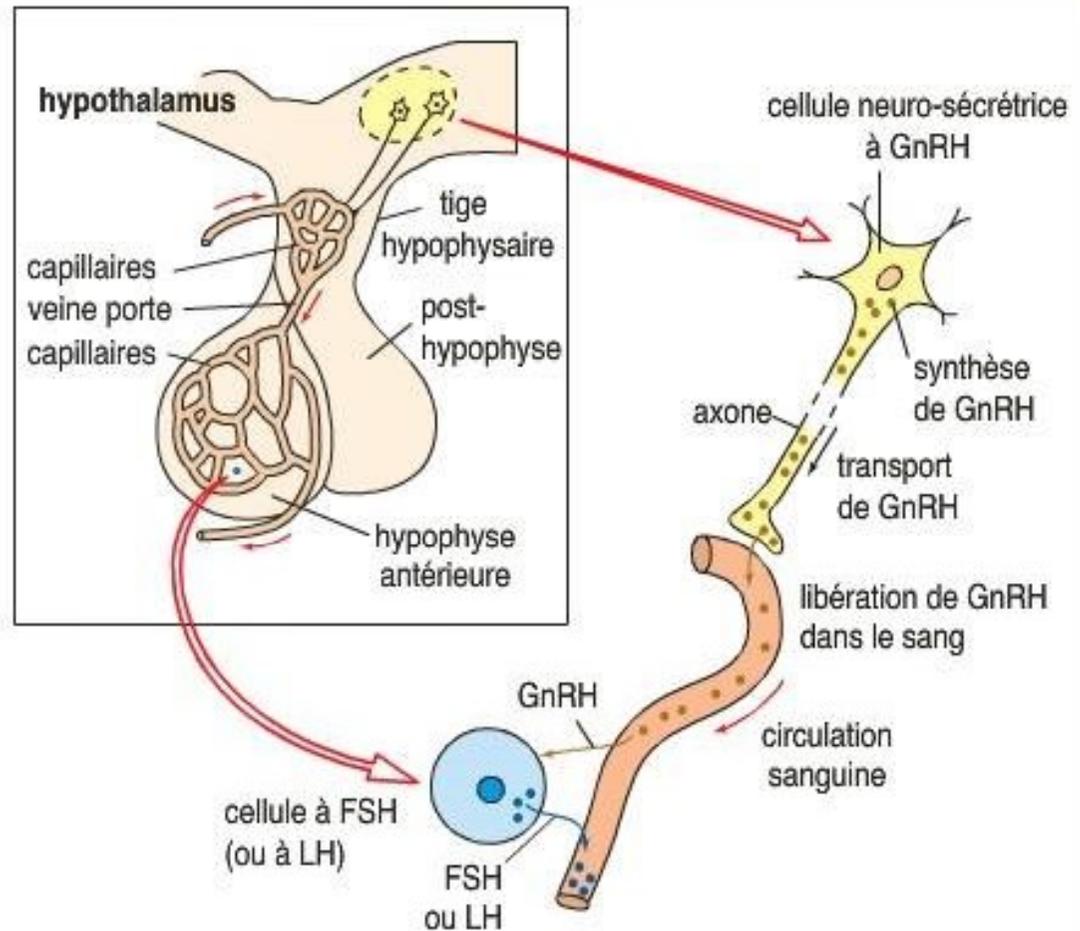
2. Régulation de l'activité testiculaire



hypophyse
hypothalamus



- Le fonctionnement de l'hypophyse n'est pas autonome : il dépend notamment de messages provenant de **l'hypothalamus**, centre nerveux situé juste au-dessus de la glande et auquel elle est reliée par la tige hypophysaire.
- Un système spécifique de capillaires sanguins relie les deux organes (*schéma ci-contre*). Dans l'hypothalamus, des amas de neurones particuliers ont leurs axones qui se terminent au contact des capillaires sanguins de la tige hypophysaire. Ces neurones libèrent à ce niveau non pas un neurotransmetteur mais une hormone, la **GnRH**. Cette hormone libérée par des neurones est qualifiée de **neurohormone**.



Doc. 3 Un contrôle hypothalamique des sécrétions hypophysaires.

Activité 3. Exploitation d'un dossier documentaire

La classe est divisée en 2 groupes : A et B.

Chaque groupe travaille sur une partie du dossier documentaire.

Vous disposez de 20 min pour préparer une **présentation orale** qui devra montrer que les résultats expérimentaux du dossier documentaire **sont en accord** avec certaines parties du modèle de la régulation de l'activité testiculaire.

Pour chacune des **expériences**, vous devez :

A - Indiquer ce qui est fait

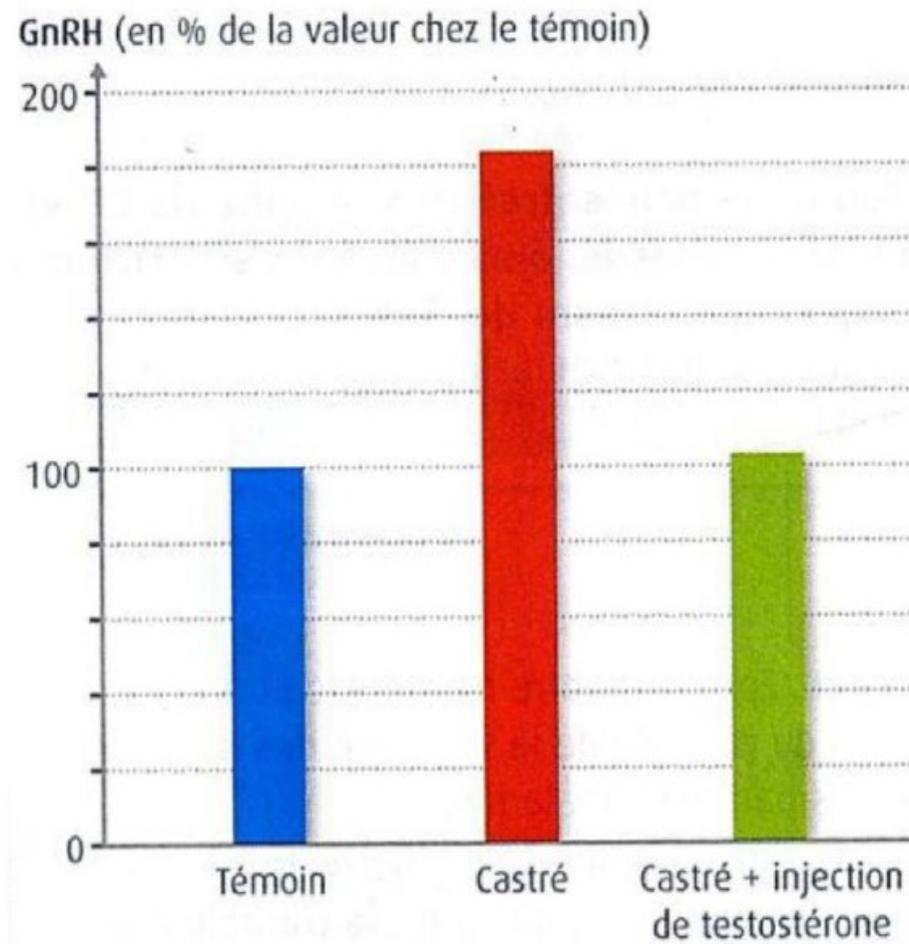
B - Indiquer les résultats obtenus

C- Montrer en quoi ces résultats permettent de valider une partie du modèle proposé.

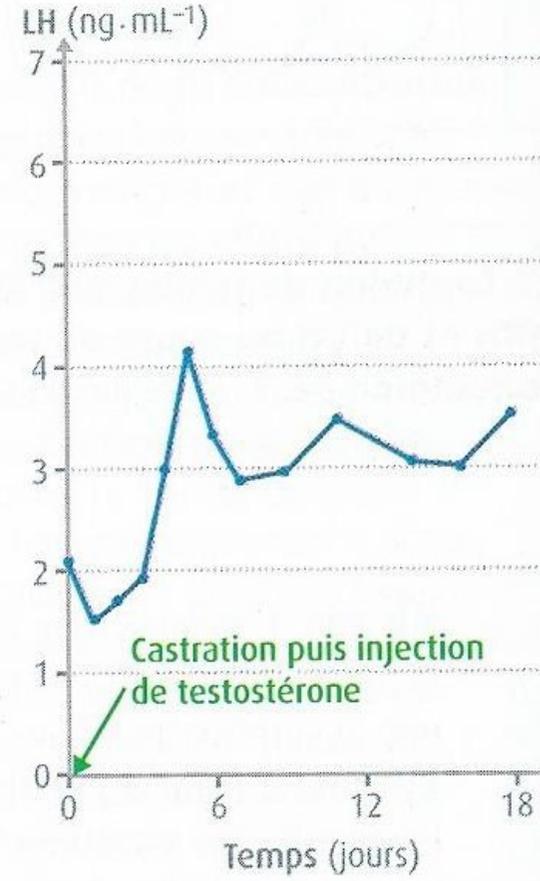
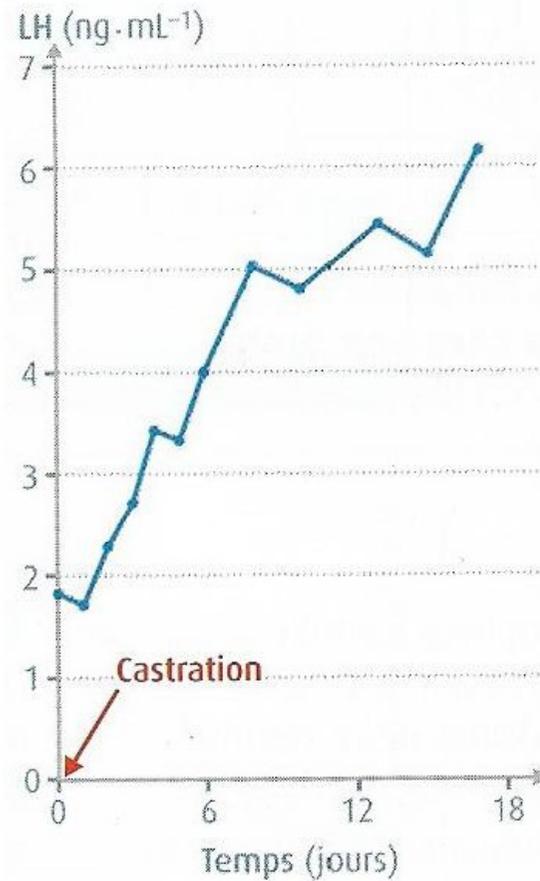
Expériences réalisées chez la souris	Résultats chez les souris mâles
1 Témoin : hypophyse en place	<ul style="list-style-type: none"> - Spermatogenèse (production de spermatozoïdes) normale - Sécrétions normales de testostérone
2 Hypophysectomie (ablation de l'hypophyse)	<ul style="list-style-type: none"> - Atrophie des testicules due à l'arrêt de la spermatogenèse - Arrêt de la sécrétion de testostérone
3 Hypophysectomie suivie d'une greffe de l'hypophyse	<ul style="list-style-type: none"> - Développement normal des testicules - Reprise de la sécrétion de testostérone
4 Hypophysectomie suivie d'une injection de LH	<ul style="list-style-type: none"> - Sécrétion de testostérone par les cellules de Leydig - Atrophie des testicules (due à l'absence de spermatogenèse dans les tubes séminifères)
5 Hypophysectomie suivie d'une injection de FSH	<ul style="list-style-type: none"> - Développement des testicules mais pas de production de spermatozoïdes

Remarque : la greffe rétablit les connexions sanguines mais pas les connexions nerveuses entre l'organisme et le greffon

Doc 2 : Le rôle de l'hypophyse : approche expérimentale



Doc 3 : Effet de la castration puis de l'injection de la testostérone sur la concentration sanguine de GnRH chez un taureau



Doc4 : Evolution de la concentration sanguine de LH chez un taureau après castration suivie ou non d'injection de testostérone.

BILAN FT13 : L'activité testiculaire est contrôlée par le **complexe hypothalamo-hypophysaire**.

L'hypothalamus est une zone du cerveau constituée de neurones et l'hypophyse est une petite glande qui produit des **hormones** située sous l'hypothalamus.

L'hypothalamus produit une neuro-hormone, la **GnRH**, qui est libérée dans le sang et va agir sur l'hypophyse. La GnRH stimule la production de 2 hormones, la **LH** et la **FSH**, par les cellules de l'hypophyse. Ces 2 hormones sont libérées dans le sang et vont agir sur les testicules :

La LH stimule la production de **testostérone** par les **cellules de Leydig**

La FSH stimule la production de **spermatozoïdes** par les tubes **séminifères**.

Remarque : la production des spermatozoïdes nécessite aussi la présence de testostérone.

La testostérone libérée dans le sang permet l'apparition et le maintien des **caractères sexuels secondaires**.

La testostérone agit également sur le complexe hypothalamo-hypophysaire en freinant la production de GnRH, de LH et de FSH.

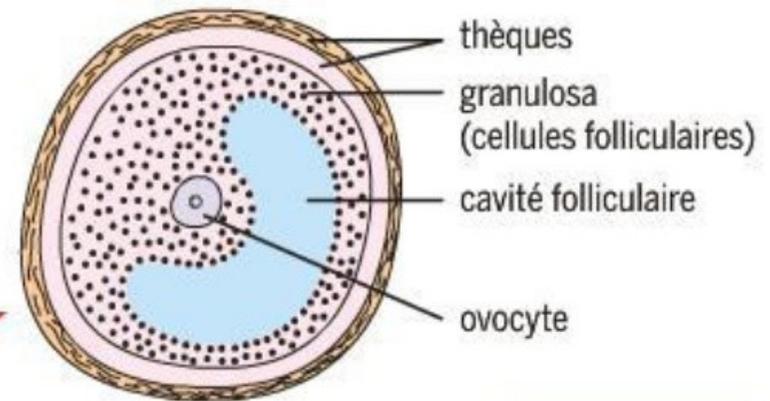
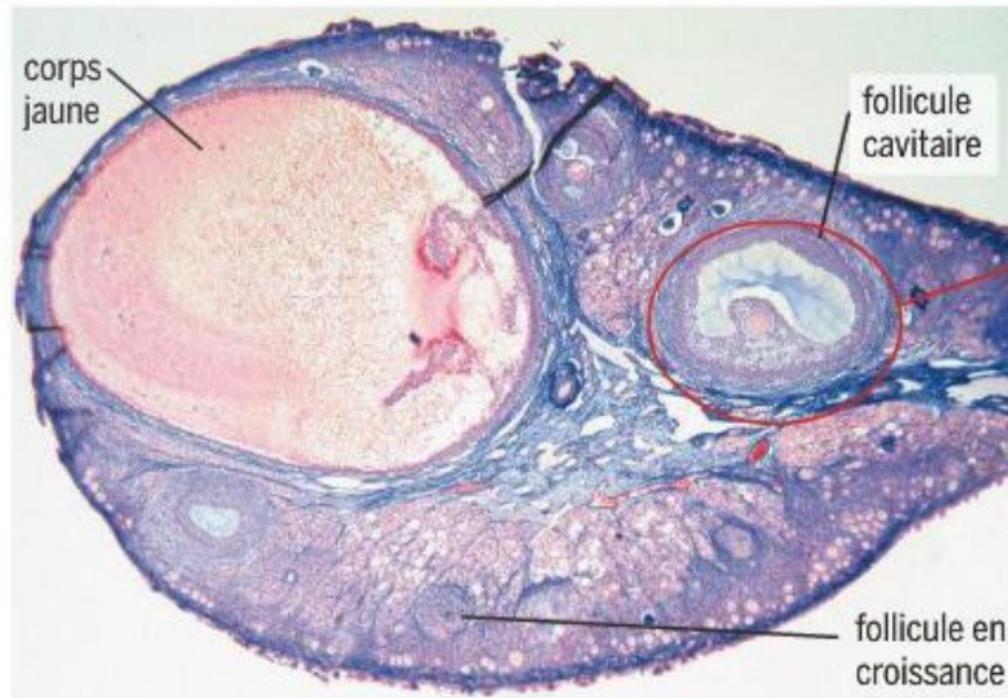
Grâce à ce **système de régulation**, la quantité de testostérone dans le sang est maintenue à un taux à peu près constant.

Rappel : une hormone est une molécule produite par un organe, libérée dans le sang et qui va agir sur un autre organe dont elle modifie le fonctionnement.

Chapitre 1 : La mise en place du phénotype sexuel

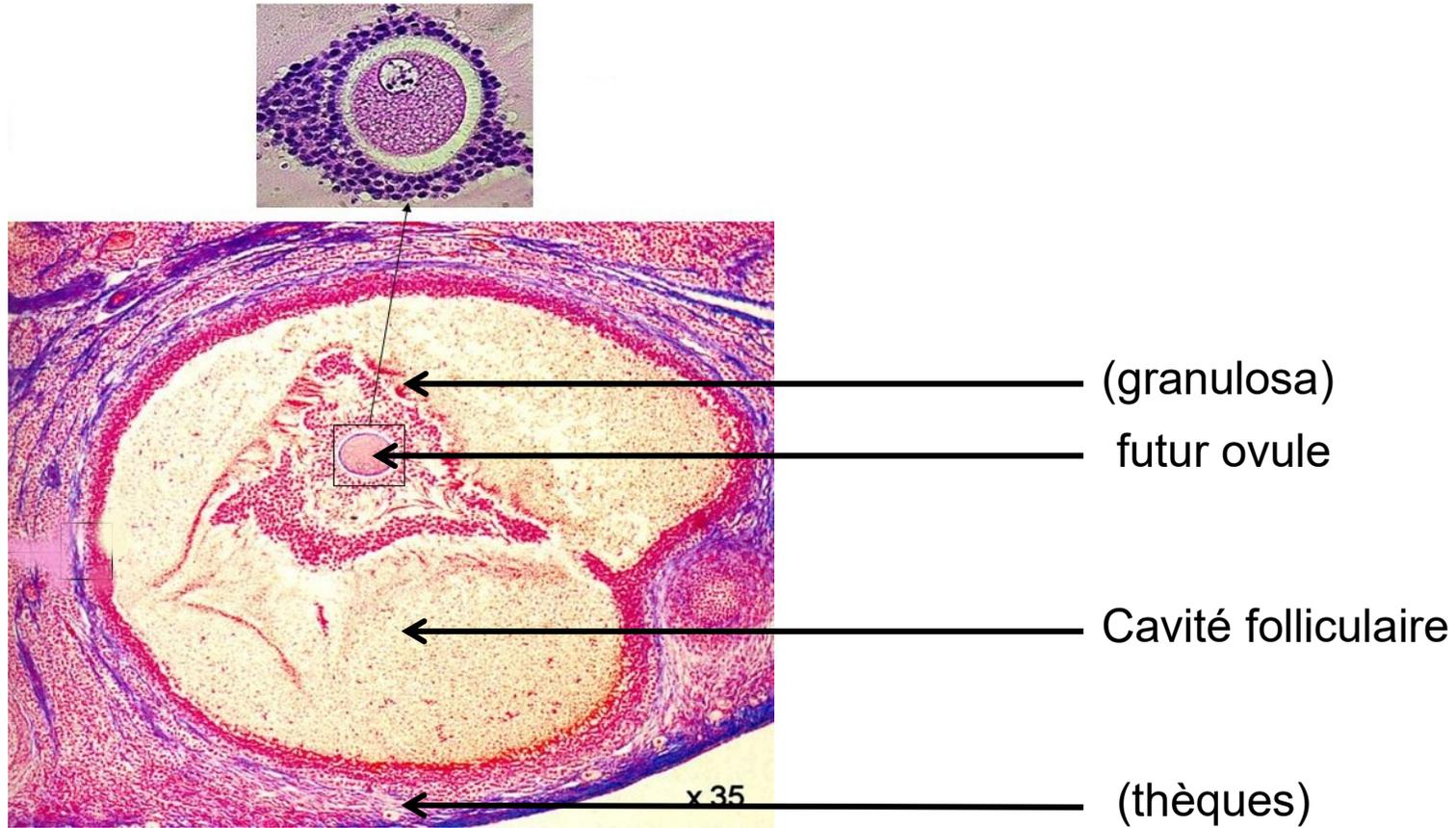
- I. De la fécondation à la naissance : acquisition des appareils reproducteurs.
- II. La puberté = acquisition de la capacité à se reproduire.
 - A. Mise en évidence de l'acquisition de la capacité à se reproduire
 - B. Fonctionnement de l'appareil reproducteur de l'homme
 - C. Fonctionnement de l'appareil reproducteur de la femme
 1. La double fonction des ovaires

Coupe microscopique d'un ovaire de femme (× 2,5).



L'ovaire contient de nombreux **follicules ovariens**. À chaque cycle, l'un d'eux grossit puis libère son ovule au cours de l'ovulation. Ce follicule devient ensuite un **corps jaune** : les cellules de la granulosa se transforment en cellules lutéales. Les cellules folliculaires, les cellules de la thèque interne et les cellules lutéales produisent les hormones ovariennes tout au long du cycle.

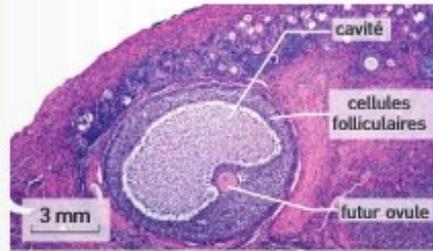
Doc 1 : Coupe transversale d'ovaire de femme (phase lutéale)



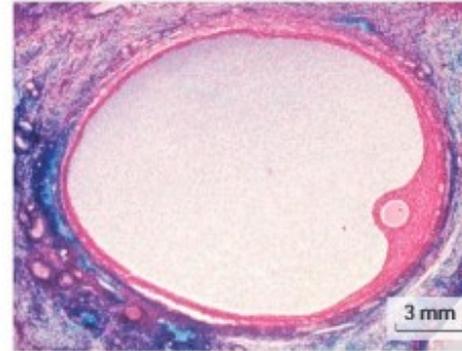
Observation microscopique d'un follicule mûr (x35)

À partir de la puberté, l'entrée en fonction des ovaires se traduit par la production d'un ovule (exceptionnellement plus) par cycle de 28 jours en moyenne.

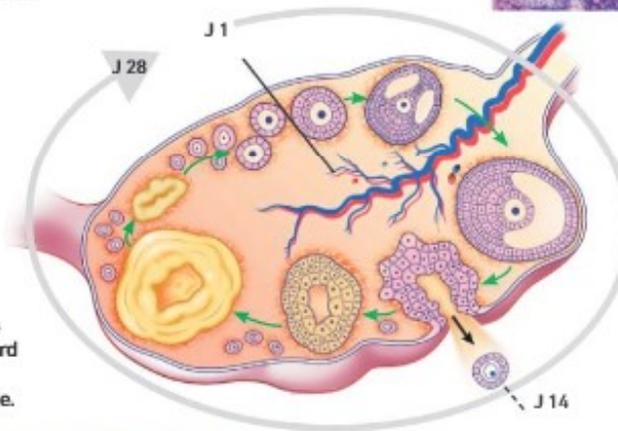
Périodiquement, plusieurs **follicules***, contenant chacun un ovule en maturation, entament une croissance. Cette évolution caractéristique se poursuit jusqu'à l'épuisement du stock de follicules, vers 45 à 55 ans en moyenne : c'est la ménopause*.



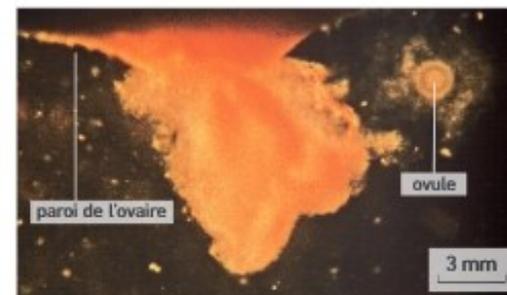
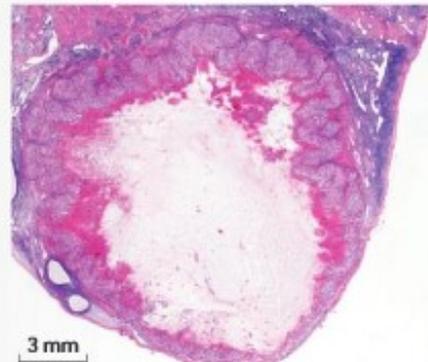
A Follicule en croissance.



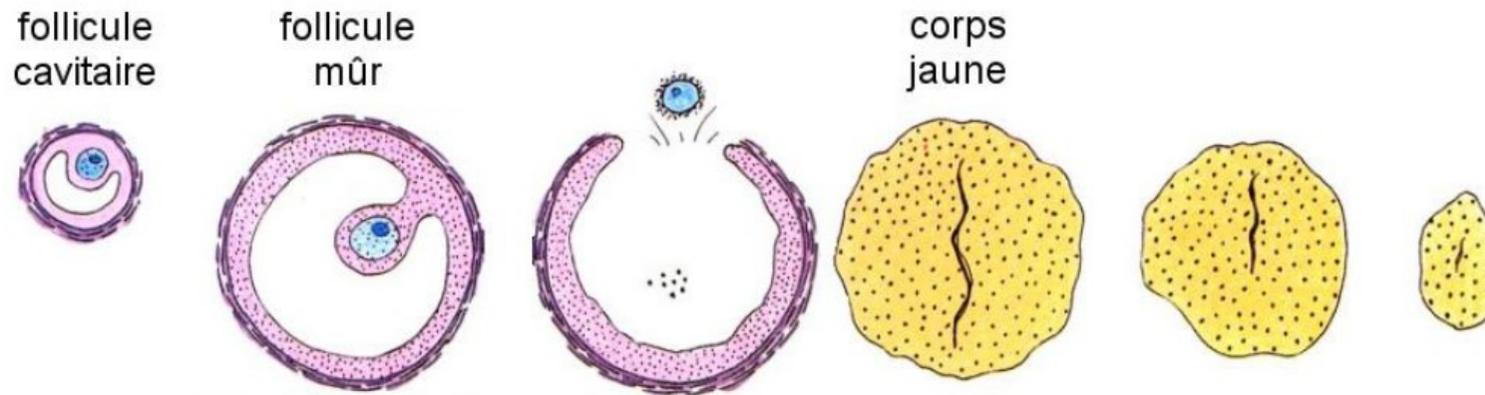
B Follicule mûr (diamètre : 15 mm)
En général, un seul follicule, dans un seul des deux ovaires, arrive à maturité.



D Corps jaune.
Après l'ovulation, le follicule se transforme en corps jaune*. D'abord volumineux, celui-ci régresse en fin de cycle.



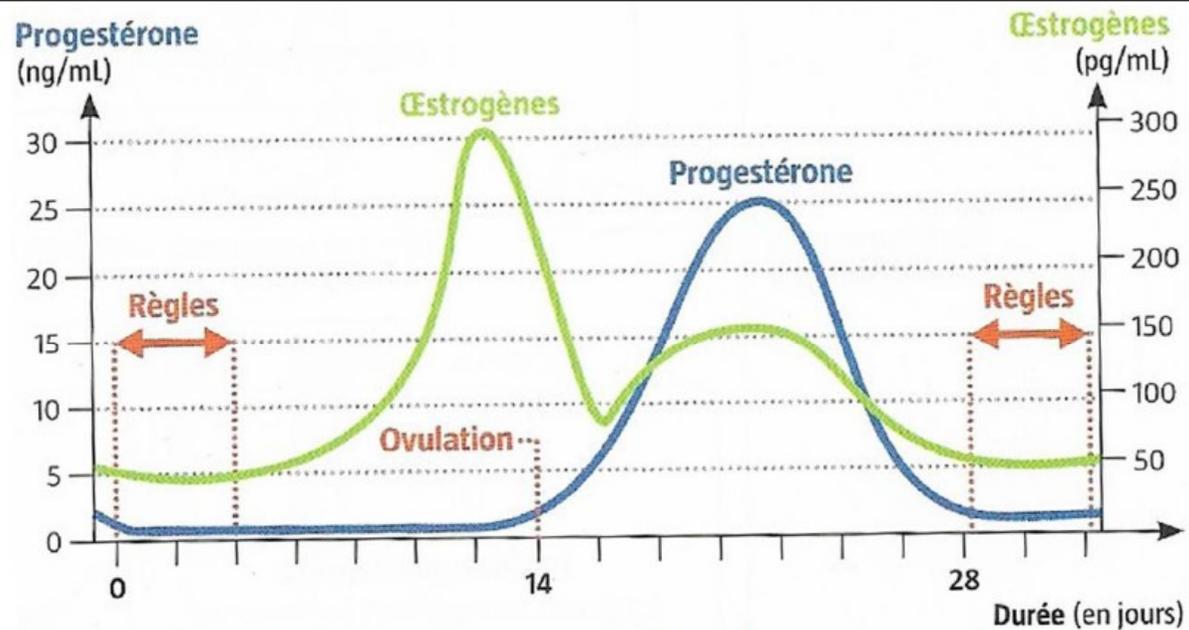
C Un moment important du cycle de l'ovaire : l'ovulation



0 ————— phase folliculaire —→ 14 ————— phase lutéale —→ 28

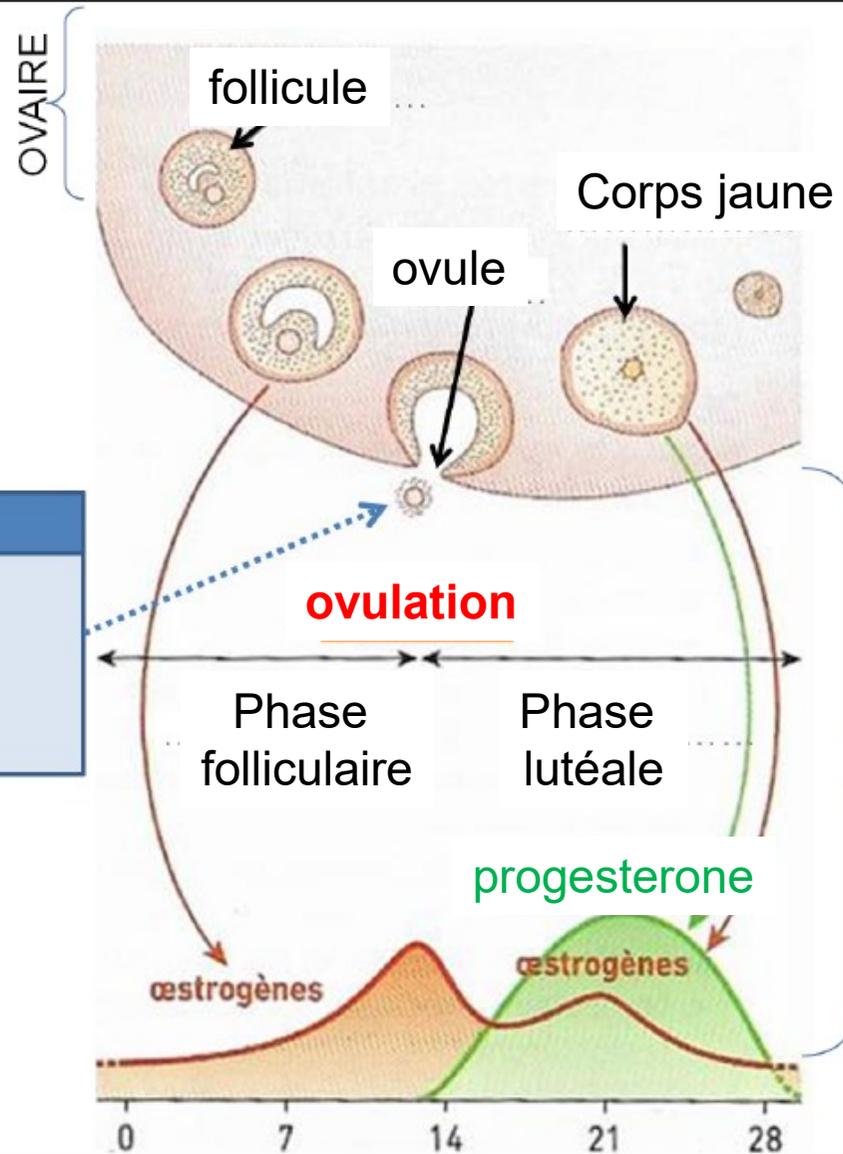
Pendant la première phase du cycle, la **phase folliculaire**, les cellules folliculaires produisent des hormones sexuelles, les œstrogènes. Après l'ovulation, les cellules composant le corps jaune produisent deux types d'hormones : les œstrogènes et la **progestérone**. Ces hormones agissent sur de nombreux organes cibles. Elles permettent l'apparition des caractères sexuels secondaires, elles contrôlent le cycle utérin, et ont une action sur le cerveau en influant notamment le désir sexuel.

Doc 2 : Evolution d'un follicule ovarien, et production d'hormones ovariennes associées



Doc 3 : Evolution des sécrétions des hormones sexuelles féminines au cours d'un cycle de 28 jours (Magnard - 2019).

SCHEMA BILAN



Fonction 1
Fabrication de gamètes (ovule)

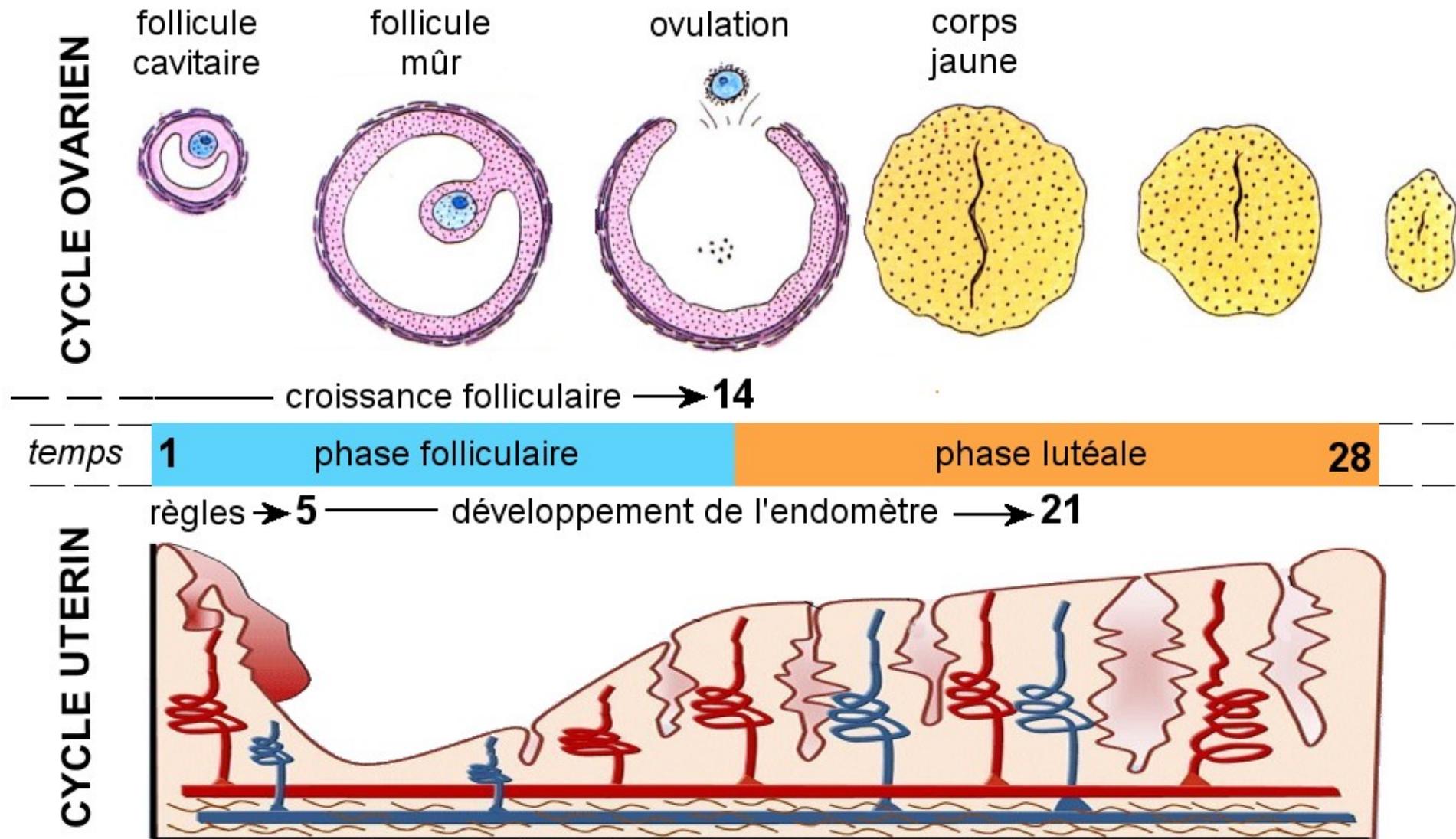
Fonction 2
Fabrication d'hormones (oest + pro)

Les ovaires ont une double fonction :

- Ils produisent des **gamètes** : ovules
- Ils produisent des hormones : **œstrogènes** et **progestérone**

Chapitre 1 : La mise en place du phénotype sexuel

- I. De la fécondation à la naissance : acquisition des appareils reproducteurs.
- II. La puberté = acquisition de la capacité à se reproduire.
 - A. Mise en évidence de l'acquisition de la capacité à se reproduire
 - B. Fonctionnement de l'appareil reproducteur de l'homme
 - C. Fonctionnement de l'appareil reproducteur de la femme
 1. La double fonction des ovaires
 2. La régulation du fonctionnement de l'appareil reproducteur féminin



Les cycles ovariens et utérins sont **synchronisés**.
Ils sont régulés par les mêmes mécanismes.

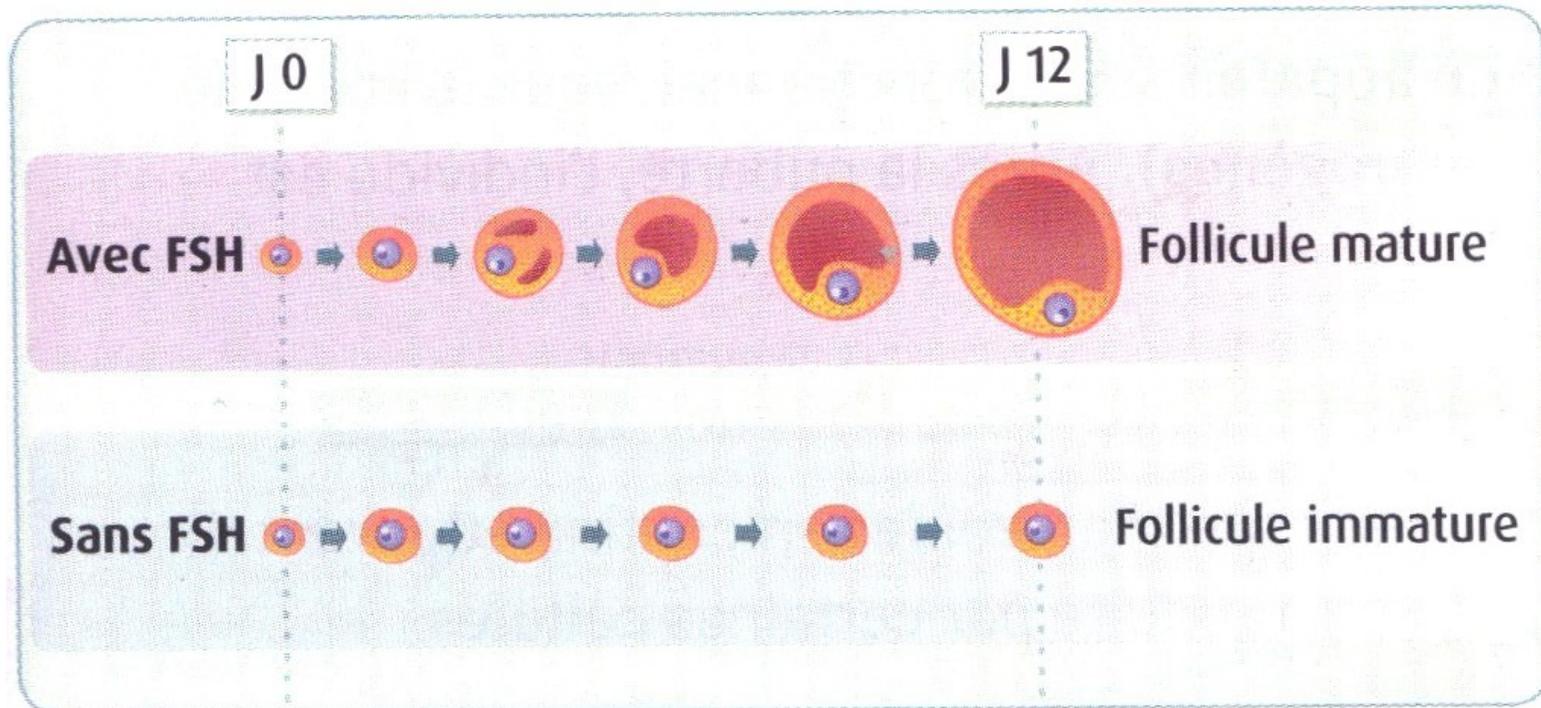
- Comme chez l'homme, la GnRH augmente la libération de LH et FSH par l'hypophyse



3 Effet de la GnRH sur la production de FSH et de LH par des cellules de l'hypophyse.

On met en culture des cellules d'hypophyse de rate. On ajoute à certaines de la neuro-hormone GnRH. Après 60 minutes, on mesure la concentration des hormones FSH et LH produites par les cellules de l'hypophyse.

- la FSH permet la maturation des follicules



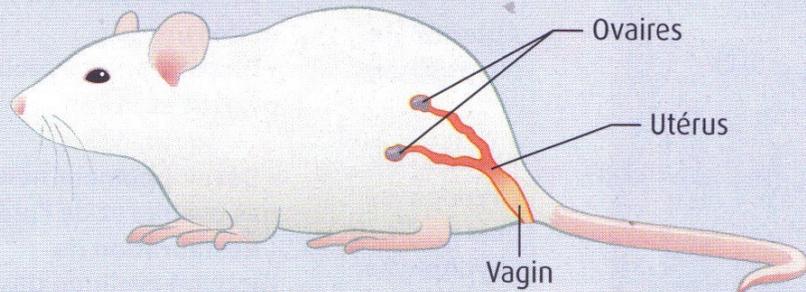
5 Effet de la FSH sur la maturation des follicules.

On met en culture des follicules immatures de rate en présence ou en l'absence de FSH. Les changements observés au cours du temps sont schématisés pour les deux conditions.

Les ovaires sont impliquées dans le contrôle du cycle utérin. C'est par le biais du sang que s'exerce ce contrôle : des **hormones** sont en jeu.

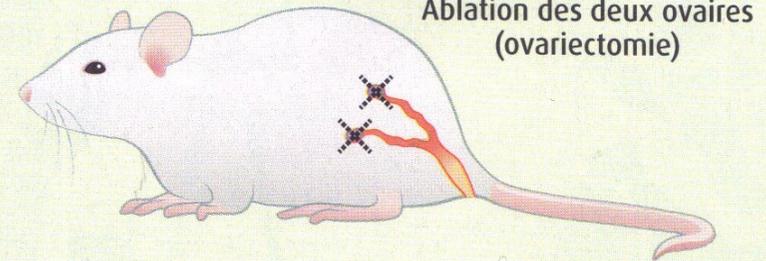
Animal témoin

1



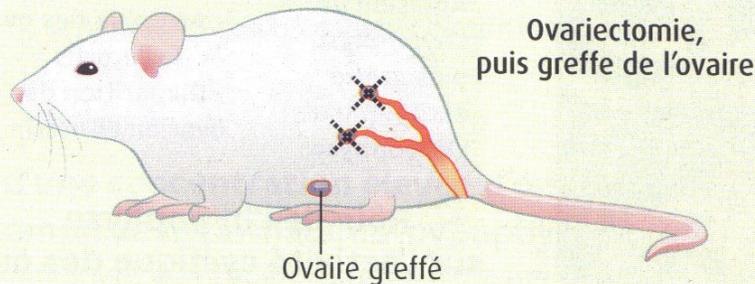
Activité cyclique des ovaires et de l'utérus

2



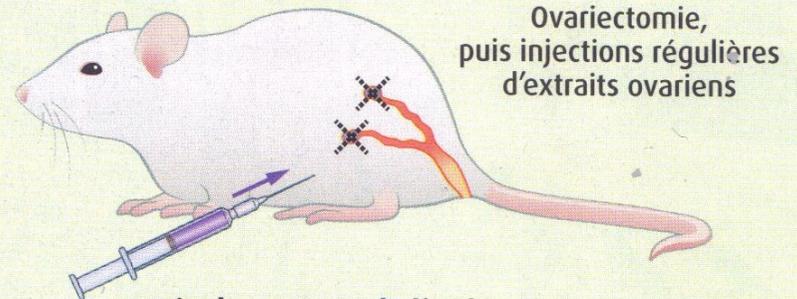
Atrophie de l'endomètre, arrêt du cycle utérin et vaginal

3



Développement cyclique de l'endomètre utérin

4

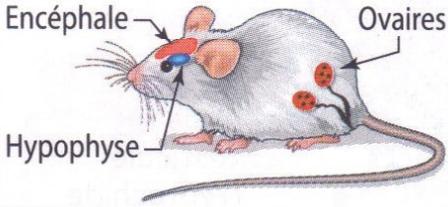
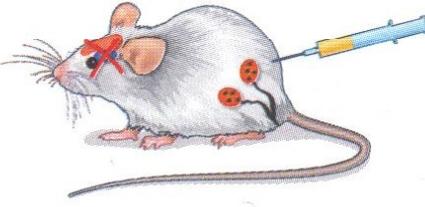
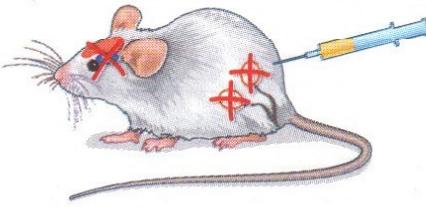


Développement de l'endomètre utérin sans variations cycliques

4

Des expériences pour étudier le rôle des ovaires dans le contrôle du cycle utérin. Des expériences de greffe ou d'ablation d'organes ont été réalisées sur différentes souris. Lors d'une greffe, seules les communications sanguines sont restaurées donc le système nerveux n'intervient pas.

Les cycles ovarien et utérin dépendent de l'hypophyse, plus particulièrement de sa sécrétion de LH et FSH. Le cycle utérin dépend de celui des ovaires.

Souris témoins	Hypophysectomie (ablation de l'hypophyse)	Hypophysectomie + injections d'extraits hypophysaires (LH et FSH) en concentrations adaptées	Ovariectomie et hypophysectomie + injections d'extraits hypophysaires (LH et FSH) en concentrations adaptées
			
<p>Activité ovarienne normale et développement normal cyclique de la muqueuse utérine (endomètre)</p>	<p>Pas d'activité ovarienne (pas de sécrétion hormonale et pas d'ovulation) et absence de développement de la muqueuse utérine</p>	<p>Reprise de l'activité ovarienne (sécrétions hormonales et ovulation) et développement normal cyclique de la muqueuse utérine</p>	<p>Absence de développement de la muqueuse utérine</p>

Protocoles et résultats d'expériences chez des souris femelles dont le cycle ovarien est très court

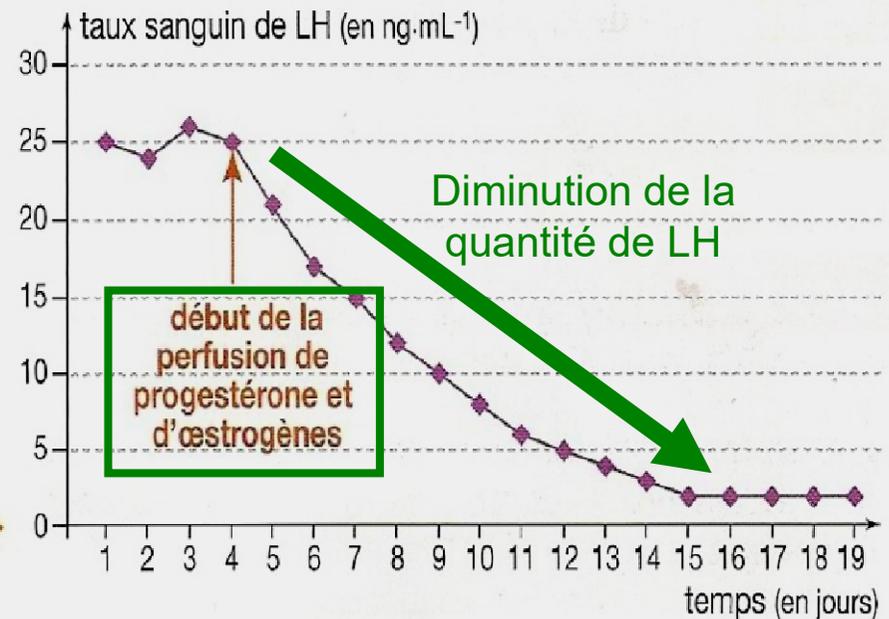
1 Conséquences de l'activité hypophysaire sur les cycles ovarien et utérin

Chez une guenon, on pratique une ovariectomie, c'est-à-dire une ablation chirurgicale des ovaires.

Quelques jours plus tard, on dose le taux sanguin de LH et on constate qu'il est stable aux alentours de $25 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$.

À partir du quatrième jour, on pratique une perfusion continue d'hormones ovariennes de manière à maintenir pour ces hormones un taux sanguin constant et relativement élevé.

Le *graphe ci-contre* traduit l'évolution du taux sanguin de LH avant et pendant la perfusion d'hormones ovariennes.



Doc. 2 Des expériences chez la guenon qui présente un cycle voisin de celui de la femme.

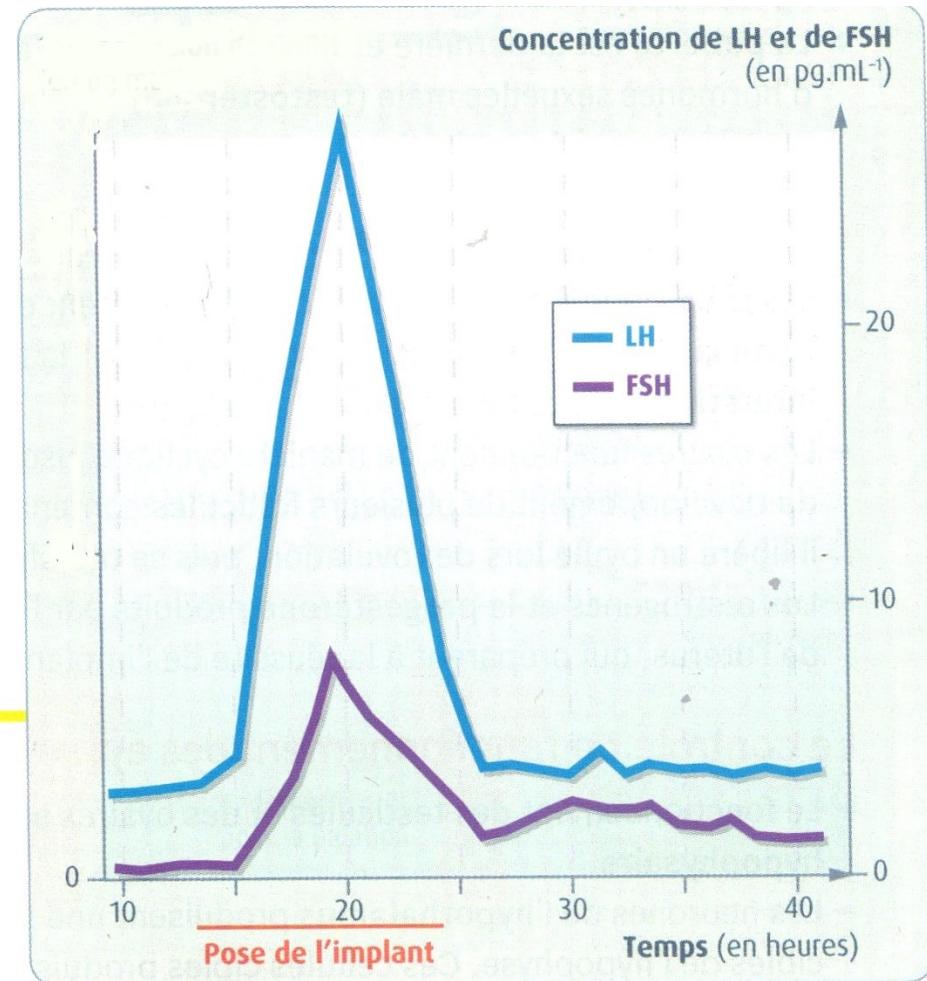
On peut en déduire que les hormones ovariennes exercent un **rétrocontrôle négatif** sur l'hypophyse.

Au-delà d'un certain seuil, les œstrogènes exercent un **rétrocontrôle positif** sur l'hypophyse.

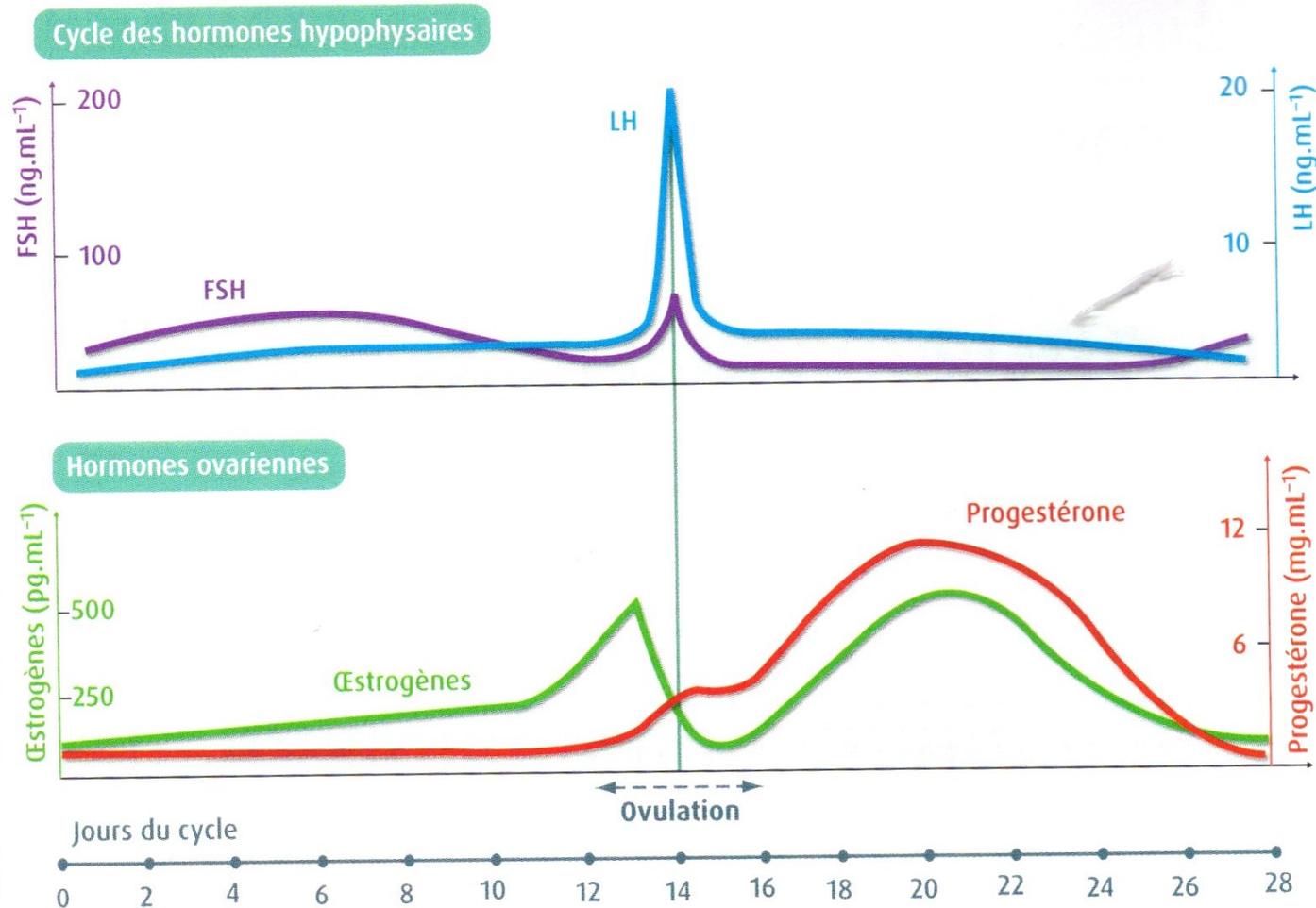
Effet d'une concentration élevée d'œstrogènes sur le complexe hypothalamo-hypophysaire.

Le fonctionnement de l'appareil sexuel de la brebis est comparable à celui de la femme. On place un implant d'œstrogènes dans l'hypothalamus d'une brebis pour tester l'effet d'une concentration élevée d'œstrogènes sur les concentrations de FSH et de LH.

6



- Quelques heures avant l'ovulation, le taux d'oestrogènes augmente.
- l'ovulation est déclenchée par un pic de LH



4 Évolution de la concentration sanguine de LH, de FSH et des hormones ovariennes au cours du cycle sexuel chez la femme.

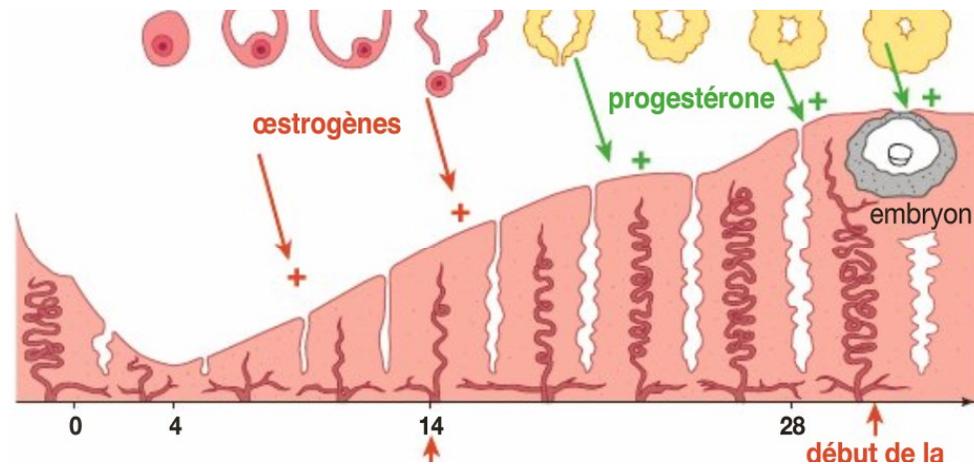
L'augmentation rapide et momentanée de la concentration de LH (pic de LH) déclenche l'ovulation dans les 28 à 36 heures qui suivent.

Lors d'un cycle, l'absence de progestérone (et d'œstrogènes) conduit à la destruction de la muqueuse utérine (menstruations)

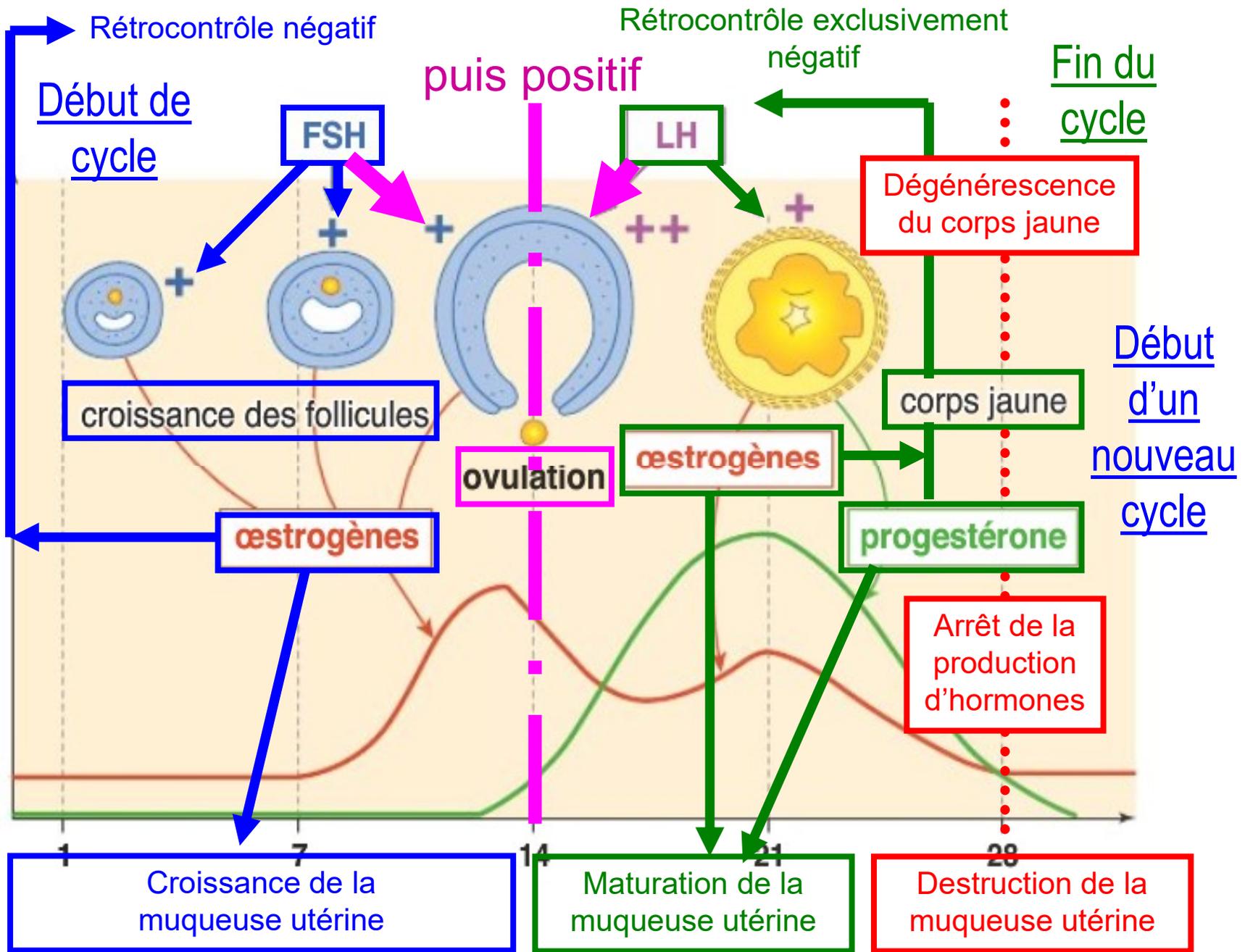
utérine.

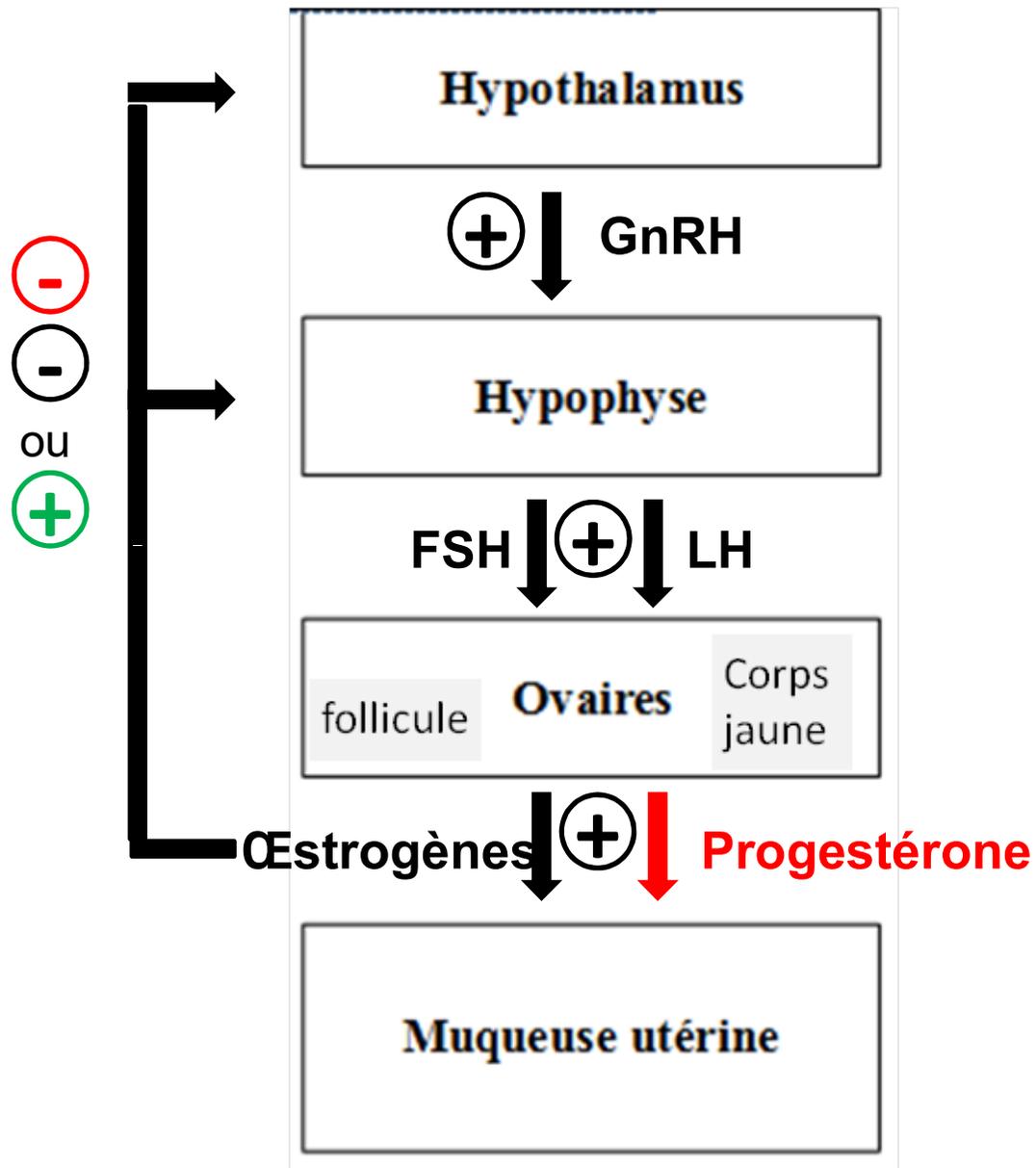
- En fin de cycle, s'il n'y a pas eu fécondation, le corps jaune régresse, ce qui provoque une chute rapide du taux sanguin des hormones ovariennes : cette chute déclenche la survenue des règles.

- En revanche, s'il y a eu fécondation, le corps jaune ne disparaît pas et continue à produire de la progestérone et, de ce fait, la muqueuse n'est pas éliminée (les règles ne surviennent pas).



Lors d'une grossesse, le corps jaune est maintenu. Il produit en continu de la progestérone qui maintient la muqueuse utérine.





J1-J13 = phase folliculaire

J13-J14 = ovulation

J15-J28 = phase lutéale

Chez la femme ovaire et utérus fonctionnent **de façon cyclique de la puberté à la ménopause**. Les cycles ont une durée de 28 jours en moyenne.

A chaque cycle :

Un des **ovaires** libère un **ovule**, c'est l'**ovulation** qui a lieu environ 14 jours avant les règles. Cette ovulation sépare le cycle en 2 phases:

- la phase **folliculaire** au cours de laquelle se développe par multiplication cellulaires intenses un follicule. A terme de cette phase, le **follicule mûr** fait 2 cm et est constitué de l'ovule entouré de la granulosa (ensemble de 50 millions de cellules) dans la quelle est- creusée une cavité remplie de liquide et en périphérie du follicule des cellules constituant les thèques.

- la phase **lutéale** au cours de laquelle le follicule rompu se transforme en **corps jaune** (les cellules accumulent des lipides et des pigments jaunes) .En fin de cycle, s'il n'y a pas eu fécondation, le corps jaune régresse et donne le corps blanc qui dégénère vite ; s'il y a eu fécondation et donc grossesse, il se maintient pendant toute la grossesse.

Rq: A la naissance, l'ovaire possède un stock déterminé d'ovocytes qui ont été formés lors de la période fœtale. Chaque ovocyte est entouré de quelques cellules folliculaires et forme un follicule ovarien. A partir de la puberté et jusqu'à la ménopause (= 50 ans), au cours d'un cycle, sur une vingtaine de follicule, un seul termine son évolution débutée 3 mois plus tôt (les autres follicules dégènèrent).

Dans le même temps, l'utérus renouvelle périodiquement la **muqueuse** (= endomètre) qui tapisse sa cavité. Le cycle utérin débute par la **dégradation de la muqueuse utérine** le premier jour des règles (ou menstruations). A la fin des règles, la muqueuse s'épaissit, s'enrichit en vaisseaux sanguins, elle est prête pour l'implantation d'un embryon vers le 21^{ème} jour du cycle (de grossesse). S'il n'y a pas de grossesse, cette muqueuse est éliminée au moment des règles.

Le fonctionnement du cycle reproducteur féminin est sous contrôle hormonal.

Le cycle ovarien est contrôlée par le **complexe hypothalamo-hypophysaire**.

L'**hypothalamus** produit la neuro-hormone, **GnRH**, qui est libérée dans le sang et va agir sur l'hypophyse. La GnRH stimule la production de manière cyclique de 2 hormones, la **LH** et la **FSH** par les cellules de l'**hypophyse**.

Ces hormones stimulent l'ovaire (croissance des follicules et sécrétion des hormones ovariennes). Le **pic de LH** observé aux alentours du 14^{ème} jour, déclenche l'ovulation.

Les **hormones** ovariennes (**œstrogènes et progestérone**) agissent sur les modifications de la structure de la muqueuse utérine au cours du cycle. De plus ces hormones exercent pendant la majeure partie du cycle un **rétrocontrôle négatif** sur l'hypophyse : elles inhibent la libération de gonadostimulines. Cependant il existe un rétrocontrôle ponctuellement positif l'avant-veille de l'ovulation.

Rq : Chez la femme comme chez de nombreuses femelles de primates, pour des taux élevés d'œstrogènes - cette hypersécrétion d'œstrogènes est consécutive au grand nombre de cellules dans les follicules mûrs - il y a stimulation (et non plus inhibition) de l'activité hypophysaire ==> la production de LH s'emballe ==> pic de LH ovulatoire. C'est le pic d'œstradiol au 12ème jour qui provoque le pic de LH au 13ème jour qui à son tour provoque l'ovulation au 14ème jour.