

La Fonction de reproduction chez l'homme

I-Organisation de l'appareil reproducteur

L'appareil reproducteur de l'homme comprend

1-Deux **gonades** : les testicules qui assurent, à partir de la puberté et de façon continue, la production d'innombrables spermatozoïdes. Les testicules assurent également, à la puberté, l'apparition des caractères sexuels secondaires masculins. Après la puberté, ils assurent le maintien de ces caractères

2-Des **voies génitales** : ce sont

- a- Les deux épидидymes : ils sont le lieu de transit et de maturation des spermatozoïdes.
- b- Les deux canaux déférents (spermiductes) assurant le transit des spermatozoïdes.
- c- L'urètre assurant l'évacuation des spermatozoïdes.

3-Les **glandes annexes** : ce sont :

- a- deux vésicules séminales : elles sécrètent un liquide nutritif riche en fructose.
- b- Une prostate : elle sécrète un produit d'aspect laiteux riche en enzymes.
- c- Deux glandes de Cowper : elles sécrètent un liquide diluant le sperme.

II- Le testicule, une gonade à double fonction

- 1- La production des spermatozoïdes (**spermatogenèse**) : c'est une fonction assurant la fertilité de l'individu.

Cette fonction se réalise dans les tubes séminifères (paroi des TS)

C'est la **fonction exocrine** des testicules

- 2- La détermination des caractères sexuels masculins : L'action du tissu interstitiel par l'intermédiaire d'hormone est mise en évidence par des **expériences de castration, de greffe de testicule au mâle castré ou d'injection d'extrait testiculaire** à ce mâle.

Cette fonction est assurée par l'intermédiaire d'une hormone sexuelle mâle ou androgène : la **testostérone (fonction endocrine)**

À la puberté la testostérone détermine l'apparition des **caractères sexuels secondaires (CSS)** : développement de la verge, des glandes annexes, de la pilosité, de la musculature, modification de la voix et du comportement sexuel masculin

Après la puberté la testostérone assure le **maintien des caractères sexuels secondaires masculins**.

- Elle stimule également l'évolution des cellules germinales de la paroi du tube séminifère en spermatozoïdes (spermatogenèse).

L'action ciblée de la testostérone s'explique par la présence dans les cellules cibles, de récepteurs spécifiques à cette hormone.



III-La spermatogenèse

1- La structure du spermatozoïde :

a- Le spermatozoïde est une cellule très différenciée. Il est formé de trois parties :

- La tête contenant un noyau coiffé d'un acrosome.
- Le noyau du spermatozoïde est haploïde : il contient $n = 23$ chromosomes.
- La pièce intermédiaire contenant la base du flagelle et de nombreuses mitochondries disposées en hélice.
- La queue formée d'un flagelle entouré par la membrane plasmique.

b- Le spermatozoïde se déplace dans les voies génitales de la femme pour s'unir avec le gamète femelle et former un œuf (la fécondation) c'est une cellule mobile.

Les caractéristiques cytologiques permettant au spermatozoïde d'accomplir sa fonction sont :

- ✓ Sa forme allongée hydrodynamique
- ✓ la masse très faible de son cytoplasme
- ✓ la présence de flagelle dont les mouvements assurent la propulsion du spermatozoïde
- ✓ la présence des mitochondries pour fournir l'énergie nécessaire aux mouvements du flagelle.
- ✓ La présence, au niveau de la tête du spermatozoïde, d'un acrosome permettant la pénétration du spermatozoïde à l'intérieur du gamète femelle et un noyau haploïde à $n=23$ chromosomes.
- ✓ L'union au cours de la fécondation du spermatozoïde avec le gamète femelle (à $n = 23$ chromosomes) assure le rétablissement, dans l'œuf, de la diploïdie : $2n = 46$ chromosomes.

2-La spermatogenèse

a-observation de la paroi des tubes séminifères

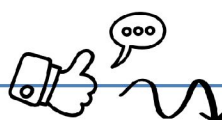
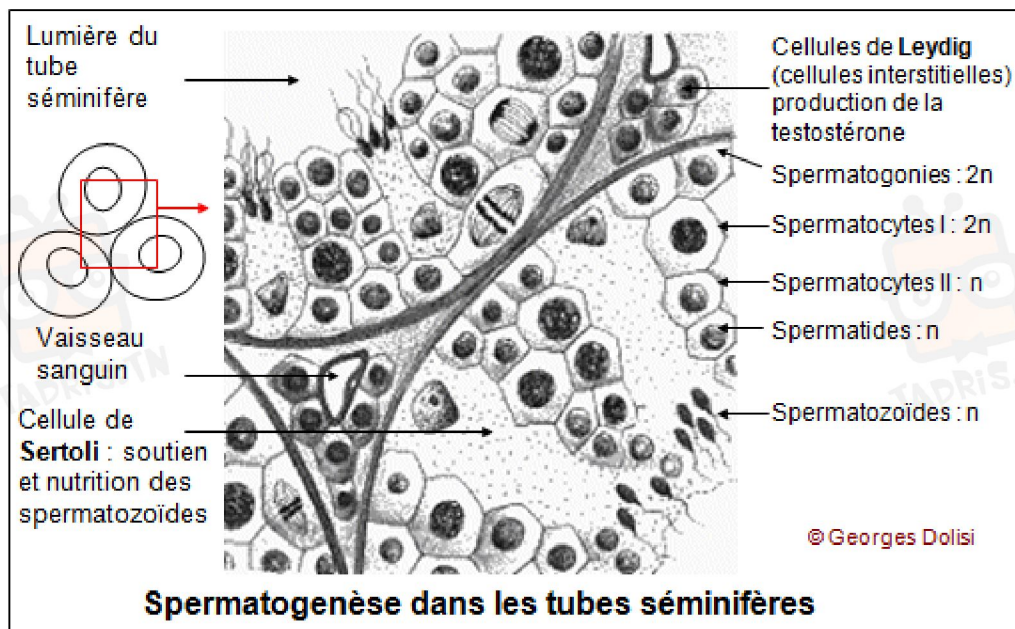
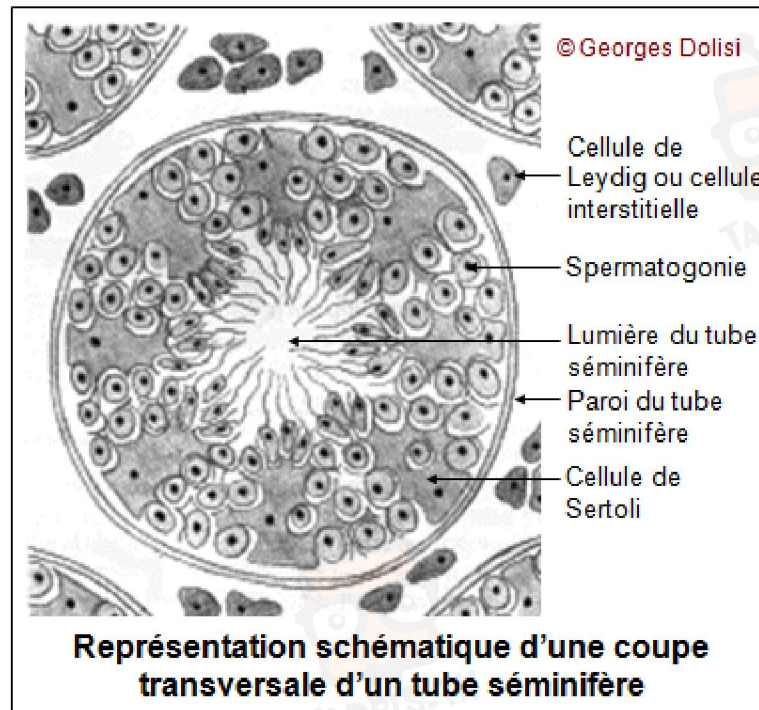
L'observation microscopique de la coupe des tubes séminifères montre que la paroi de ces tubes présente deux catégories de cellules :

- ✓ les cellules de la lignée germinale qui permettent la formation des spermatozoïdes.
- ✓ les cellules de Sertoli qui ont un rôle sécréteur, de soutien et de nutrition.

Les cellules de la lignée germinale n'ont pas le même aspect et la même taille, on distingue en allant de la périphérie vers la lumière du tube séminifère :

- des petites cellules à noyau dense : les spermatogonies à $2n$ chromosomes dont certaines sont en division.
- des cellules de grande taille à noyau moins dense : les spermatocytes I à $2n$ chromosomes
- des cellules plus petites à noyau réduit, généralement groupées par deux : les spermatocytes II à n chromosomes
- des cellules plus petites que les spermatocytes II à noyau arrondi et central, plus proches de la lumière du tube séminifère : les spermatides à n chromosomes.
- des spermatozoïdes à n chromosomes dont certains ont la tête plantée dans les cellules de Sertoli. D'autres spermatozoïdes sont libérés dans la lumière du tube séminifère.





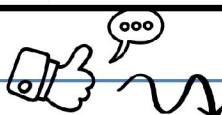
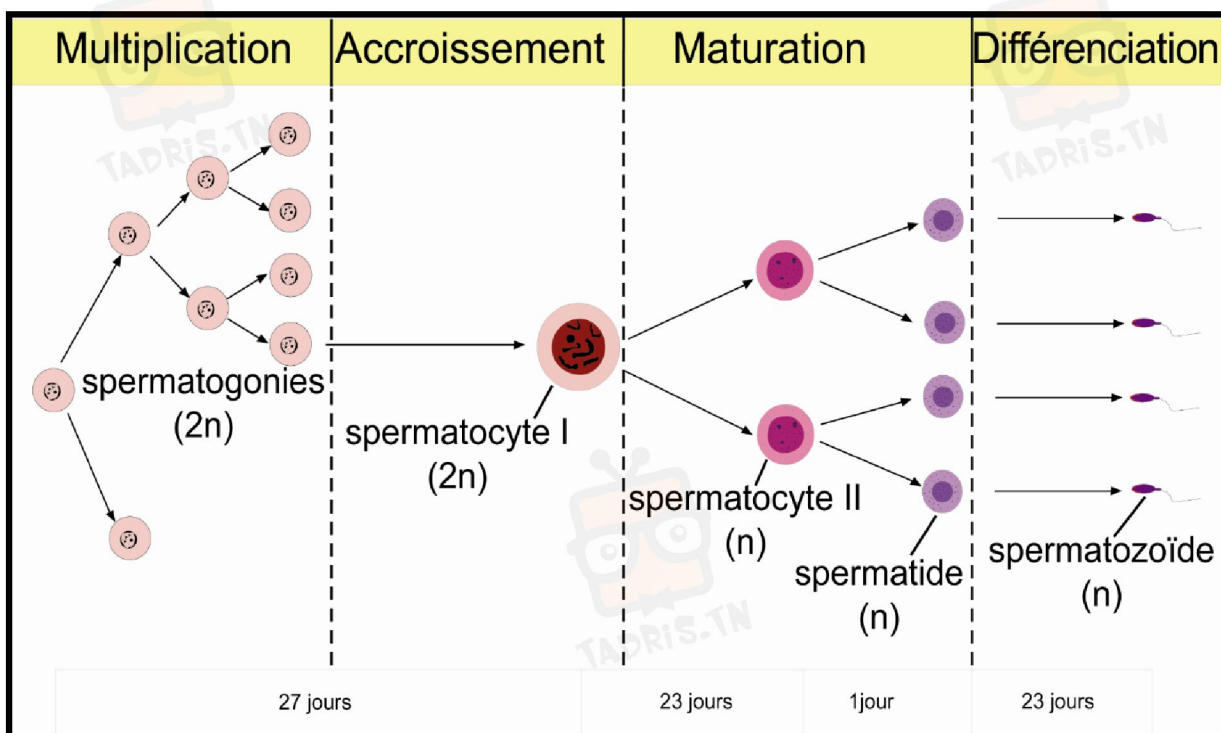
b-Déroulement de la spermatogenèse

L'observation de la paroi des tubes séminifères suggère que les différents aspects cellulaires correspondent à des stades d'évolution des cellules germinales en spermatozoïdes : c'est la **spermatogenèse**

La spermatogenèse comporte 4 phases :

- **La phase de multiplication** : La division des spermatogonies (cellules souches à $2n$ chromosomes) situées à la périphérie des tubes séminifères, par mitose, permet leur multiplication.
- Chaque spermatogonie, se divisant par mitose, donne :
 - une spermatogonie qui reste en périphérie du tube séminifère pour assurer la conservation du stock de spermatogonies
 - une autre spermatogonie qui subit d'autres mitoses permettant la multiplication du nombre de spermatogonies qui s'engagent dans la spermatogenèse.
- **La phase d'accroissement** : les spermatogonies subissent un léger accroissement et deviennent des spermatocytes I (toujours à $2n$ chromosomes).
- **La phase de maturation** : les spermatocytes I sont des cellules à $2n$ chromosomes, alors que les spermatocytes II et les spermatides sont des cellules à n chromosomes ; il y a donc une réduction du nombre de chromosomes. Cette réduction est due à l'intervention de la méiose qui comprend deux divisions : une division réductionnelle puis une division équationnelle.
- **La phase de différenciation ou spermiogénèse** : Les spermatides subissent de profonds remaniements et deviennent des spermatozoïdes : réduction du cytoplasme, formation de l'acrosome, apparition de la pièce intermédiaire et du flagelle.

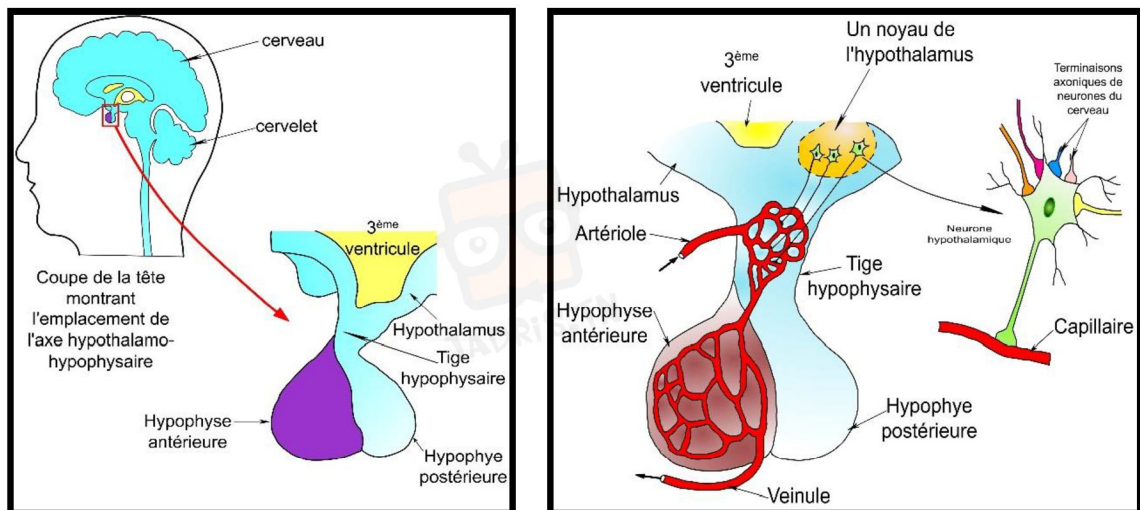
Chez l'homme la spermatogenèse dure 74 jours



Un rappel de la justification des différentes actions expérimentales :

- L'ablation d'un organe montre que cet organe intervient.
- Une greffe montre que cet organe agit par voie sanguine et non par voie nerveuse.
- Une injection confirme que c'est un message chimique qui agit.
- Le dosage variable des hormones injectées introduit la notion de message chimique codée en concentration.
- Une analyse chimique permet d'identifier l'hormone qui intervient.

IV - Régulation du fonctionnement de l'appareil reproducteur de l'homme



1- L'hypothalamus contrôle l'hypophyse

Les observations cliniques et les résultats expérimentaux montrent que l'hypothalamus contrôle l'activité de l'hypophyse par l'intermédiaire d'une neurohormone.

- L'hypothalamus sécrète une hormone nommée GnRH (Gonadotrophin-Releasing hormon) ou gonadolibérine.
- C'est une neurohormone car elle est sécrétée par des neurones ayant leurs corps cellulaires dans un noyau de l'hypothalamus et leurs axones dans la tige hypothalamo-hypophysaire au niveau des vaisseaux sanguins.

La GnRH se fixe sur des récepteurs des cellules de l'antéhypophyse et stimule la synthèse et la sécrétion par ces cellules de deux hormones gonadotropes LH et FSH.

2- L'hypophyse contrôle le fonctionnement des testicules

Les expériences d'ablation de l'hypophyse chez un animal mâle et d'injection d'extraits hypophysaires à cet animal montrent que :

- l'hypophyse contrôle le développement des testicules et le déroulement de la spermatogenèse
- la sécrétion de la testostérone par les cellules interstitielles. Ce contrôle se fait par l'intermédiaire d'hormones.



Action des hormones hypophysaires

L'hypophyse sécrète deux hormones agissant sur les testicules : La LH et la FSH. Ces hormones sont nommées gonadostimulines ou gonadotrophines :

- La LH : C'est une hormone hypophysaire qui, agissant sur les cellules interstitielles ou cellule de Leydig, stimule la sécrétion de testostérone
- La FSH : c'est une hormone hypophysaire qui active indirectement la spermatogenèse.

En se liant aux récepteurs des cellules de Sertoli, la FSH stimule la synthèse par ces cellules d'une protéine, l'ABP (Androgen Binding Protein) indispensable à la réception de la testostérone par les cellules germinales, ce qui active la spermatogenèse. (Achèvement la spermatogenèse)

- L'hypophyse, par son lobe antérieur, sécrète des **hormones** qui véhiculées par le sang, atteignent le testicule, stimulent son développement et son fonctionnement.

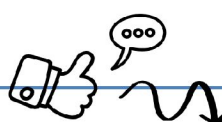
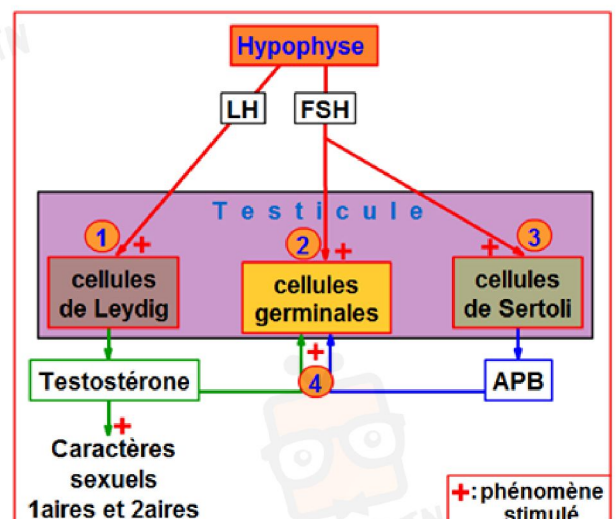
Ces hormones hypophysaires, les **gonadostimulines** (= gonadotrophines) sont de nature protidique.

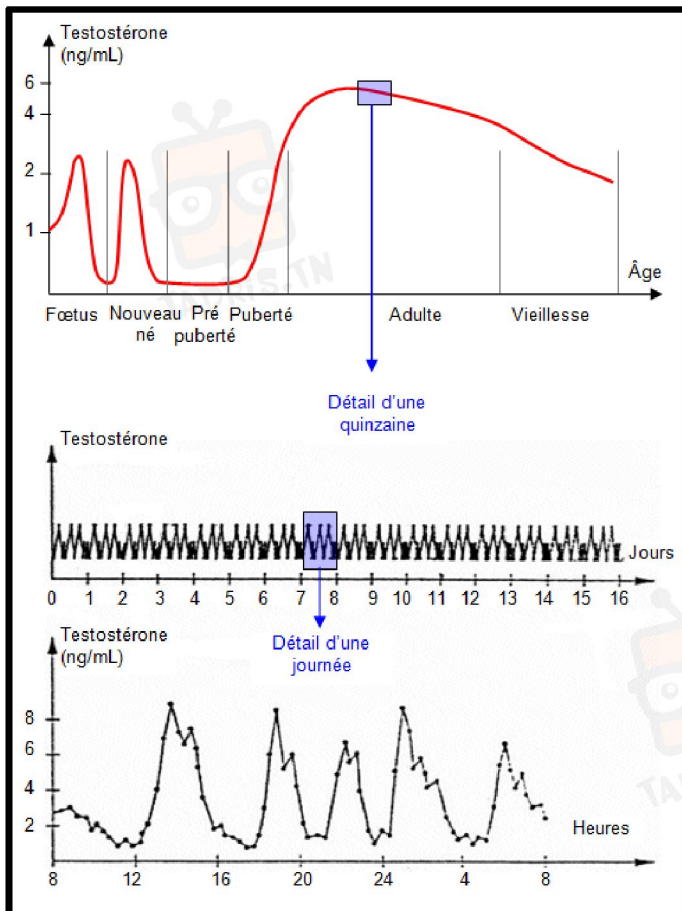
- L'hypophyse libère deux gonadostimulines :

- La **LH** qui agit sur les cellules de Leydig et **stimule** ainsi la libération de testostérone ;
- La **FSH** qui agit sur les tubes séminifères permettant leur bon développement.

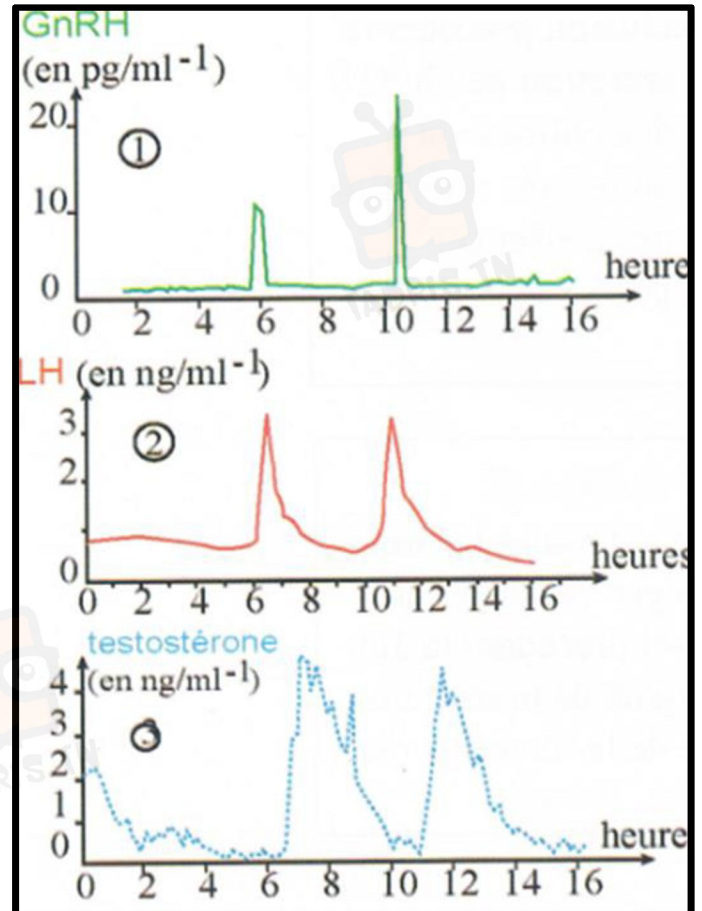
- Le déroulement de la spermatogenèse résulte du jeu des deux hormones. En effet,

- 1 La LH **stimule** les cellules de Leydig (qui possèdent des récepteurs spécifiques à LH) qui produisent la testostérone.
- 2 La FSH agit **directement** sur la **multiplication des spermatogonies** (qui à ce stade possèdent donc des récepteurs spécifiques à FSH).
- 3 La FSH **stimule** aussi les **cellules de Sertoli** qui produisent alors une protéine de liaison, l'**APB**.
- 4 L'**APB**, est indispensable au **transport de la testostérone et sa fixation** sur les cellules germinales pour **compléter** la spermatogenèse.

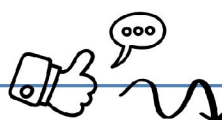
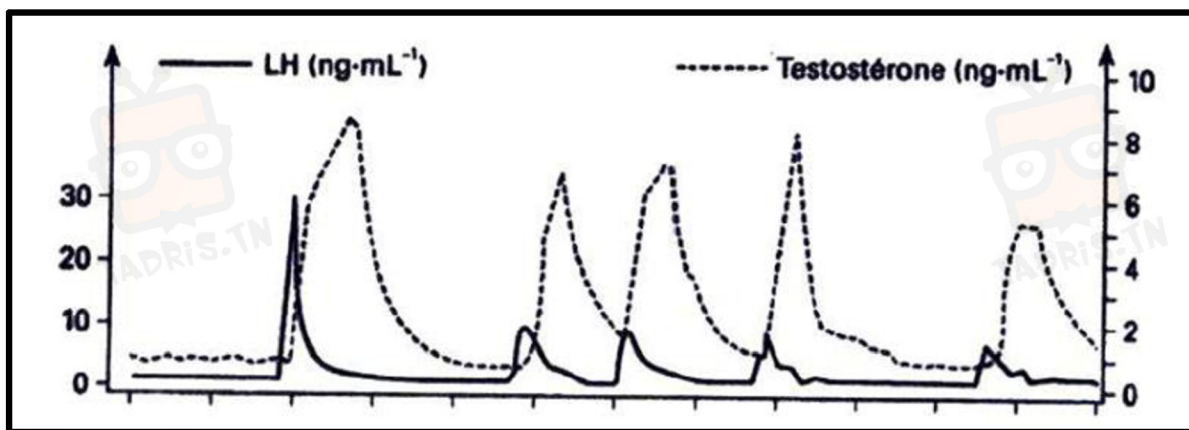




Sécrétion pulsatile de TTT



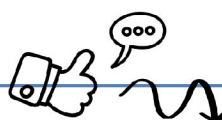
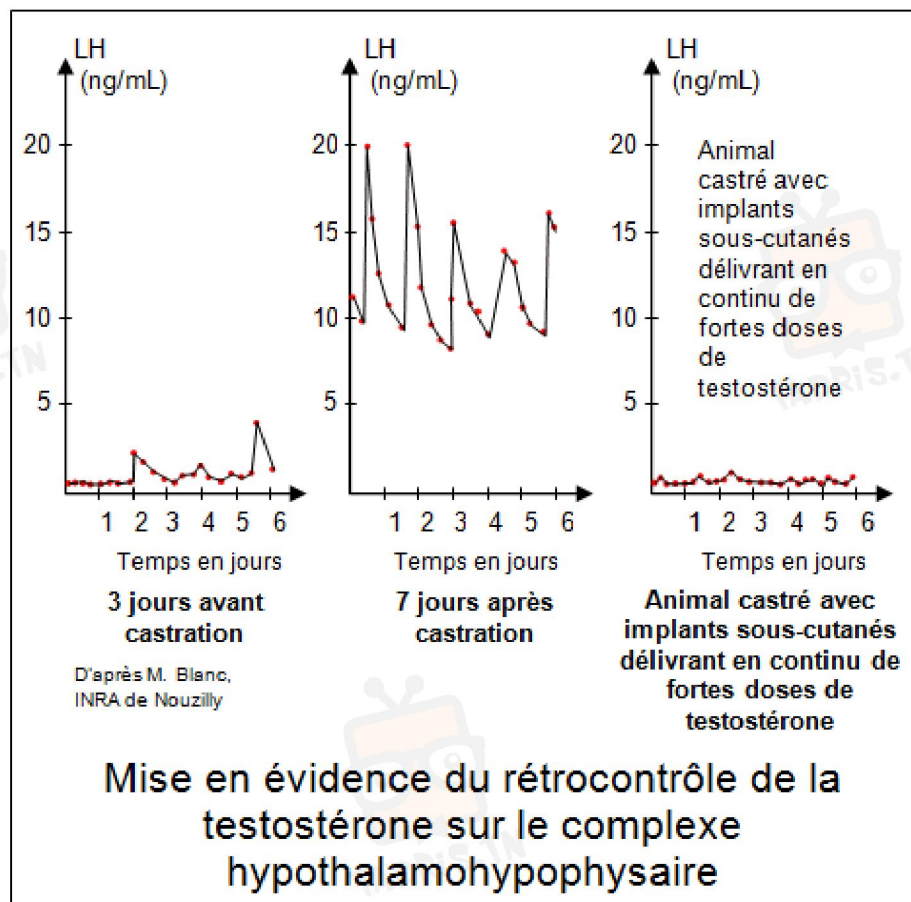
relation de causalité



3- Les testicules exercent un feed-back sur l'axe hypothalamo-hypophysaire

Des expériences montrent que la testostérone exerce en permanence un effet modérateur sur l'axe hypothalamo-hypophysaire. Ce mécanisme, désigné sous le nom de feed-back négatif ou rétrocontrôle négatif ou rétroaction négative, assure une stabilité des sécrétions de la testostérone.

- ✓ Toute hausse du taux de testostérone par rapport aux valeurs de référence accentue le freinage sur l'axe hypothalamo-hypophysaire. Il se produit alors une baisse de la production de GnRH et des gonadostimulines et le testicule, moins stimulé, abaisse sa production de testostérone.
- ✓ la baisse du taux de testostérone par rapport aux valeurs de référence provoque une levée de l'inhibition sur l'axe hypothalamo-hypophysaire. Il se produit alors, une augmentation de la production de GnRH et de gonadostimulines, ce qui stimule le testicule et augmente sa production et sa sécrétion de testostérone.
- L'inhibine, une hormone sécrétée par les cellules de Sertoli, exerce un rétrocontrôle négatif sur la synthèse et la sécrétion de FSH par les cellules gonadotropes. Cette rétroaction négative a pour but de maintenir la production des spermatozoïdes à une valeur normale



Révision du chapitre

Pour chaque item suivant, il peut y avoir une ou deux réponse(s) exacte(s).

Indiquez pour chaque cas la (ou les) lettre(s) correspondant à la (ou aux) réponse(s) exacte(s)

1. Les gonades mâles sont des glandes :

- a- endocrine.
- b- exocrines.
- c- endocrine et exocrine.
- d- mixtes.

2. La méiose est une division cellulaire qui caractérise les cellules :

- a- somatique.
- b- germinales.
- c- somatiques et germinales.
- d- de Sertoli.

3. Les spermatides :

- a- petites cellules diploïdes.
- b- petites cellules haploïdes.
- c- grosses cellules diploïdes
- d- petites cellules haploïdes situées près de la lumière du tube séminifère.

4. La testostérone est sécrétée par les cellules

- a- de Sertoli.
- b- interstitielles.
- c- germinales.
- d- de Leydig.

5. Au cours de la spermatogenèse une spermatide subit :

- a- une multiplication pour donner des spermatozoïdes.
- b- une maturation pour donner un spermatozoïde.
- c- un accroissement pour donner un spermatozoïde.
- d- une différenciation pour donner un spermatozoïde

6- Dans la paroi des tubes séminifères, la spermatogenèse :

- a- se déroule de l'intérieur vers l'extérieur
- b- suit l'ordre suivant : multiplication - accroissement - différenciation - maturation
- c- met en jeu la mitose et la méiose
- d- permet la formation d'un spermatozoïde à partir de chaque spermatogonie.

7- Parmi les cellules de la paroi du tube séminifère, celles qui sont diploïdes (à 2n chromosomes) sont :

- a- les spermatogonies
- b- les cellules de Sertoli
- c- les spermatocytes I
- d- les spermatides



8- Les caractères cytologiques du spermatozoïde qui lui permettent d'assurer sa fonction (Féconder le gamète femelle) sont :

- a- l'existence du flagelle
- b- sa forme hydrodynamique
- c- son cytoplasme riche en réserves nutritives
- d- la présence d'un acrosome dans sa tête.

9- Le spermatocyte II est le résultat de :

- a- la multiplication des spermatogonies
- b- l'accroissement d'une spermatogonie
- c- la division réductionnelle de la méiose
- d- la division équationnelle de la méiose

10- La testostérone est une hormone sexuelle :

- a- sécrétée par les tubes séminifères
- b- dont la sécrétion est commandée par la LH
- c- agissant uniquement sur les tubes séminifères
- d- responsable de l'apparition des caractères sexuels secondaires.

11- La greffe d'un fragment de testicule sous la peau d'un mâle castré :

- a- corrige sa stérilité
- b- restaure ses caractères sexuels secondaires
- c- provoque la baisse des sécrétions hypophysaires de FSH et de LH
- d- provoque les mêmes effets que les injections d'extraits testiculaires.

12- le rétrocontrôle testiculaire par la testostérone :

- a- permet le maintien du taux sanguin de la testostérone à une valeur constante
- b- peut être positif ou négatif selon le taux de testostérone dans le sang
- c- est le contrôle de l'activité testiculaire par l'axe hypothalamo-hypophysaire
- d- est un rétrocontrôle négatif

13- Parmi les effets biologiques suivants, ceux de la testostérone sont :

- a- la stimulation de la spermatogenèse
- b- la modification de la voix
- c- le développement de la musculature
- d- l'augmentation de la température corporelle

14- Chez l'homme une stérilité d'origine hypophysaire due à une lésion de l'hypophyse est corrigée par des injections :

- a- de testostérone
- b- de FSH + LH
- c- de GnRH
- d- d'inhibine



15- Chez un rat castré :

- a- l'injection de fortes doses de testostérone freine la sécrétion de LH
- b- l'injection de l'inhibine augmente le taux de la FSH
- c- le taux de LH augmente alors que celui de la FSH se maintient normalement
- d- le taux de FSH et de LH augmentent normalement

16- La testostérone :

- a- stimule les noyaux hypothalamiques
- b- contrôle la sécrétion de l'inhibine
- c- permet le développement des caractères sexuels primaire pendant l'enfance
- d- agit sur les caractères sexuels secondaires pendant la puberté

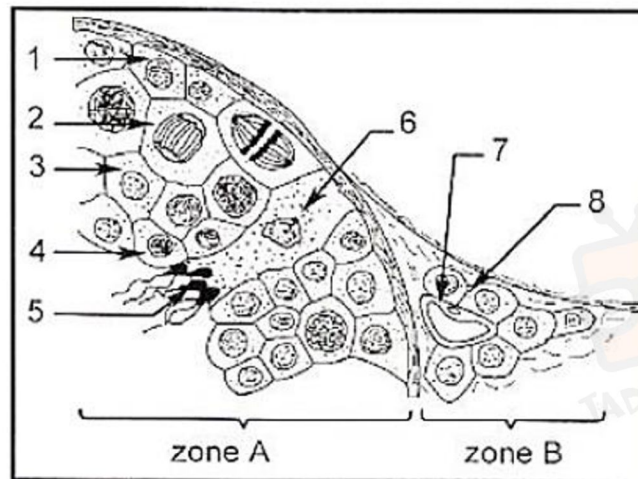
17- L'activité testiculaire :

- a- est parfois stimulée, parfois freinée par les gonadostimulines.
- b- freine en permanence la sécrétion des gonadostimulines
- c- est contrôlée par la GnRH
- d- est endocrine.

Exercice N°1

A/ On se propose d'étudier certains aspects de la fonction reproductrice chez l'homme.

1) Le document 1, ci-dessous, représente une coupe simplifiée d'une portion de testicule d'un homme adulte :



Document 1

- a- Que représentent les zones A et B indiquées sur le document 1
- b- Annotez les éléments de 1 à 8 en reportant sur votre copie les numéros et les noms correspondants.
- c- Nommer le phénomène qui conduit à la formation de l'élément 5 à partir de l'élément 1.
- d- Reconstituer à l'aide d'un schéma de synthèse les étapes de ce phénomène.



2) Afin de comprendre le rôle des testicules dans la fonction reproductrice, on a réalisé des expériences sur deux lots de souris : lot 1 et lot 2. Les expériences sont résumées dans le document 2 :

	Expériences	Résultats
Lot 1	1/ destruction par les rayons X des cellules de la zone B (voir document 1)	- régression des caractères sexuels secondaires - stérilité
Lot 2	2/ destruction par les rayons X des cellules de la zone A (voir document 1)	- maintien des caractères sexuels secondaires. - Stérilité

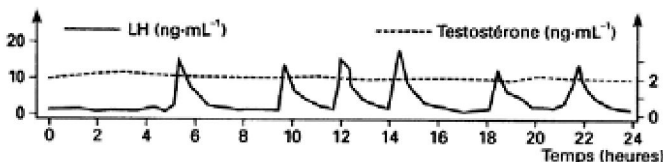
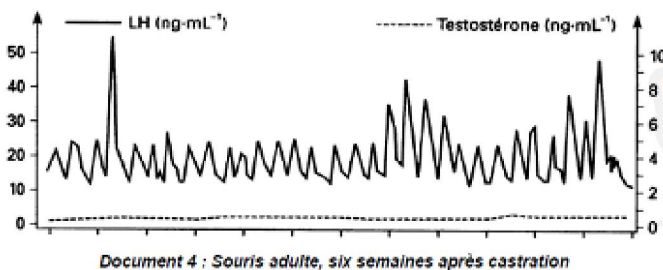
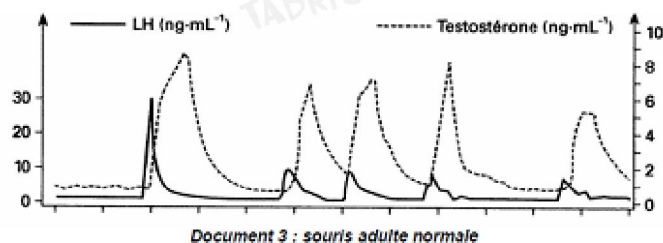
Document 2

A partir de l'analyse des résultats de ces deux expériences et de vos connaissances, expliquer le rôle de la zone A et de la zone B.

B/ Le fonctionnement de l'appareil reproducteur mâle est sous contrôle hormonal.

Des observations suggèrent l'existence d'interactions entre les testicules et l'hypophyse antérieure.

Les graphes ci-dessous (documents 3, 4 et 5) montrent les résultats de dosages sanguins réguliers, durant 24 heures, de LH et de testostérone chez des souris.



1) À partir de l'analyse des documents 3, 4 et 5,

a- Dégager le mode de sécrétion de ces deux hormones (LH et Testostérone).

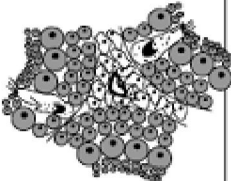
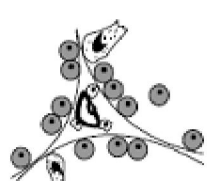
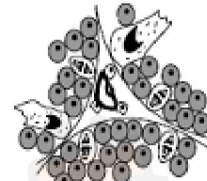
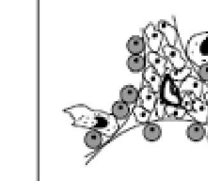
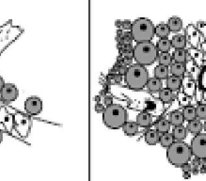
b- Dégager les relations entre les testicules et l'hypophyse.

2) A l'aide d'un schéma récapitulatif et en utilisant les données de A et B, vous résumez la régulation endocrinienne de la fonction reproductrice mâle.



Exercice 2

Pour comprendre certains aspects de la fonction reproductrice chez l'homme, on réalise, chez des souris pubères, les expériences et les observations de structures testiculaires représentées dans le tableau suivant :

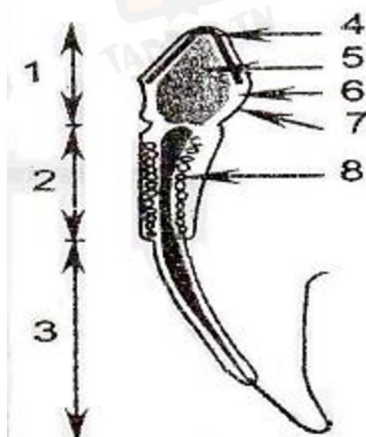
Expériences	Souris pubère (témoin)	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3	Expérience 4
		hypophysectomie des souris pubères	injections répétées de FSH à des souris hypophysectomisées	injections répétées de LH à des souris hypophysectomisées	injections répétées de FSH et de LH à des souris hypophysectomisées
Observations					

1- A partir de l'observation des schémas représentés dans ce tableau, indiquez les résultats obtenus dans les expériences 1, 2, 3 et 4 et l'effet sur la spermatogenèse et les caractères sexuels secondaires des souris.

2- Déduisez le rôle des hormones hypophysaires dans les fonctions testiculaires.

Exercice 3

Le spermatozoïde est une cellule sexuelle dont la structure est adaptée à sa fonction. Le document ci-dessous représente l'organisation de cette cellule sexuelle.



1- Légendez ce document en reportant sur votre copie les numéros correspondants.

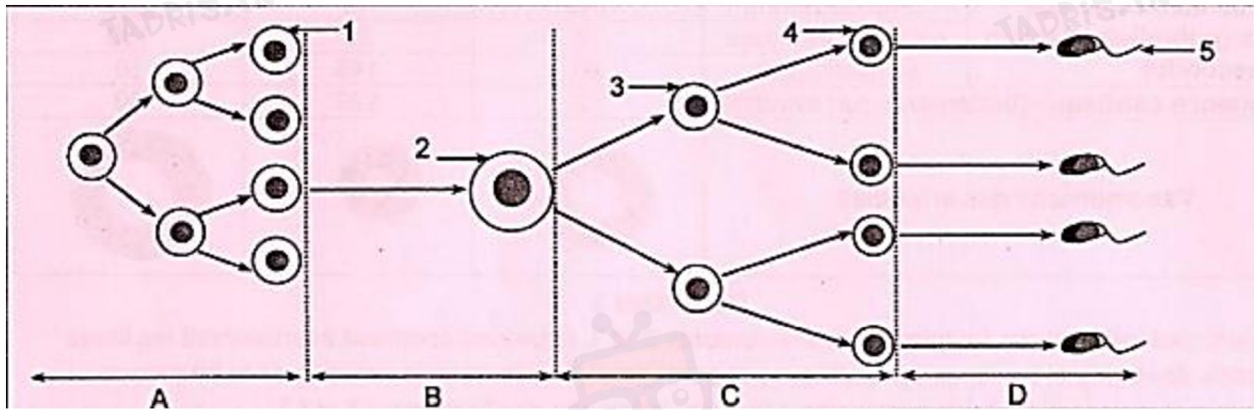


2- Précise les rôles des structures 3, 4, 5 et 8 dans l'accomplissement de la fonction du spermatozoïde.

3- Citez quatre particularités caractérisant cette cellule sexuelle.

Exercice 4

Le document 1 représente un schéma simplifié du déroulement de la spermatogenèse.



1-

a) Identifier les phases A, B, C et D de la spermatogenèse.

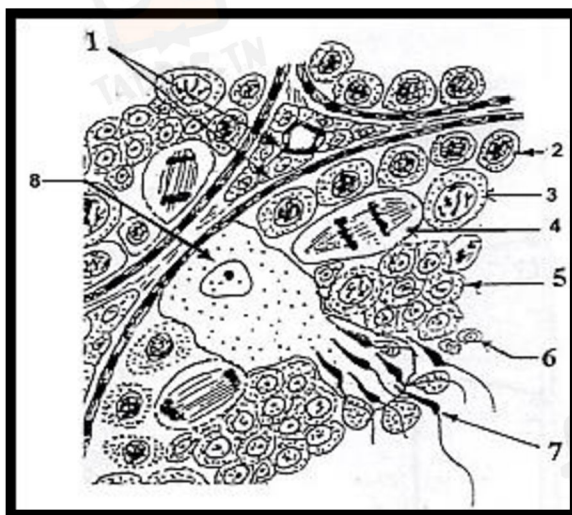
b) Nommez les cellules désignées par les flèches 1, 2, 3, 4 et 5.

c) préciser le nombre et l'état des chromosomes des cellules désignées par les flèches 1, 2, 3, 4 et 5.

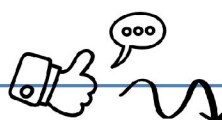
2- expliquer le mécanisme de contrôle hormonal du déroulement de la spermatogenèse

Exercice 5

Le document suivant représente une coupe partielle d'un testicule humain



1- compléter la légende du document 1 en associant à chaque numéro de flèche le nom correspondant.



2- S'agit-il d'un animal pubère ou non. Justifier votre réponse.

3- Quel est le rôle des deux cellules 1 et 8 et préciser le devenir de la cellule 4.

4- Le testicule est un organe mixte. Analyser le document 1 en vue de confirmer cette information

Exercice 6

On se propose d'étudier quelques aspects de la régulation de la fonction testiculaire chez l'homme à partir de l'analyse d'expériences sur l'animal.

On réalise alors plusieurs injections de gonadotrophines à des animaux impubères, certains lots sont traités par des injections de FSH, d'autres par des injections de LH.

Le tableau suivant représente les résultats de ces traitements.

Traitements	Lignée germinale	cellule de Sertoli	cellules de Leydig	Caractères sexuels secondaires
Injection de LH à l'animal impubère	Au repos	Peu développées	activées	Développés
Injection de FSH à l'animal impubère	Activées partiellement	développées	inactive	absents

1)- A partir de l'analyse de ces résultats, indiquer les cellules cibles probables de chacune des gonadostimulines.

2)- Donner une explication quant au développement des caractères sexuels secondaires dans l'un des cas.

On réalise ensuite des cultures des cellules hypophysaires dans des différentes situations et toujours en présence de GnRH. Le tableau suivant regroupe les résultats obtenus.

Situations	Cellules hypophysaires seules	Cellules hypophysaires + Cellules rénales ou d'un autre organe	Cellules hypophysaires + Cellules de Sertoli	Cellules hypophysaires + Cellules de Leydig
Production de FSH	100%	100%	62%	100%
Production de LH	100%	100%	100%	63%

3)- Quelles informations tirez-vous de l'exploitation de ces résultats.

D'autre part si on enlève chez un animal adulte un seul testicule (castration unilatérale), on observe une hypertrophie du testicule restant.

4)- Par un raisonnement adéquat, expliquer cette observation.

5)- Résumez la régulation endocrinienne entre l'hypophyse et le testicule par un schéma fonctionnel.

