

embryologie humaine

Dr. ZERAOULA Ali

Université de ANNABA

Faculté des sciences

Département de Biologie

Cour destinée aux étudiant de 1er année Médecine

ali.zeraoula@univ-annaba.dz

1.0 Mars 2025

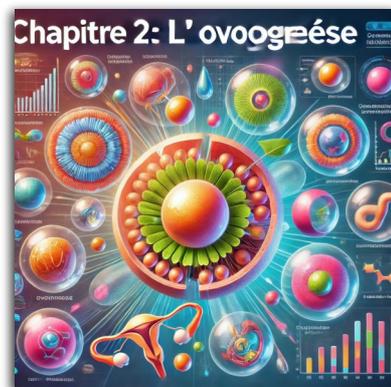
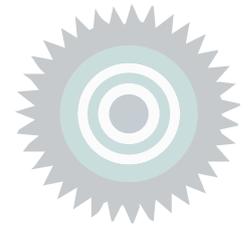


Table des matières

Objectifs	3
I - Ovogenèse	4
1. Objectifs	4
2. introduction	4
3. pré-requis.....	5
4. Exercice : test pré requis	5
5. Anatomie de l'appareil génital féminin	5
5.1. Ovaires	6
5.2. Trompes de Fallope (oviductes = trompes utérines)	7
5.3. Utérus	7
5.4. Col utérin	7
5.5. Vagin	7
5.6. Organes génitaux externes	7
6. Déroulement de la folliculogenèse	8
6.1. Follicule primordial	8
6.2. Follicule primaire	9
6.3. Follicule secondaire	9
6.4. Follicule tertiaire (cavitaire).....	10
6.5. Follicule mur (De Graaf)	10
6.6. Corps jaune.....	11
6.7. Corps blanc (corpus albicans)	11
7. L'ovulation.....	11
8. Étapes de l'ovogenèse	11
8.1. Phase de multiplication	12
8.2. Phase de croissance	13
8.3. Phase de maturation.....	13
8.4. Contrôle hypothalamo-hypophysaire.....	14
9. Exercice : Évaluer et prouver mes informations	15
II - Test de Sortie : Spermatogenèse & Ovogenèse	16
Solutions des exercices	17
Glossaire	18
Abréviations	19
Webographie	20

Objectifs



À l'issue de cet enseignement, l'étudiant devra être capable de :

- **Reconnaître** l'origine embryologique des tissus normaux
- **Expliquer** comment l'origine embryologique des tissus permet d'interpréter l'apparition d'états pathologiques comme les malformations, les inflammations, les infections ou les néoplasies
- **Analyser** l'origine embryologique des cellules pour comprendre et justifier le développement des différents organes

Ovogenèse



1. Objectifs

À l'issue de ce chapitre, l'étudiant devra être capable de :

- **Situer** précisément le lieu où se déroule l'ovogenèse dans l'appareil reproducteur féminin
- **Décrire** l'évolution temporelle du processus d'ovogenèse depuis la période fœtale jusqu'à l'âge adulte
- **Préciser** le caractère cyclique de l'ovogenèse
- **Identifier** l'origine des cellules productrices de gamétocytes femelles
- **Décrire** la chronologie de l'évolution des follicules ovariens tout au long du processus d'ovogenèse
- **Analyser** les principales composantes cellulaires de chaque stade folliculaire
- **Analyser** les stades de division chromosomique (prophase I, métaphase II) associés aux différents types de follicules
- **Décrire** les caractéristiques chromosomiques du gamétoocyte (ovocyte) au cours de l'ovogenèse

2. introduction



Rappel

Les gonades (glandes sexuelles ou ovaire) sont représentées chez la femme par les ovaires et ont une double fonction :

- **endocrine** : consiste en la sécrétion des hormones sexuelles femelles (**œstrogènes** et **progestérone**);
- **exocrine** : il s'agit de l'**ovogenèse***, c'est à dire du processus de transformation de cellules souches appelées **ovogonies** en **gamètes femelles** ou **ovocytes II**.

Les deux différences essentielles, concernant l'activité gonadique, entre les sexes masculin et féminin sont représentées par le fait que chez la femme, cette activité est :

- **limitée** dans le temps (**de la puberté à la ménopause**), alors que chez l'homme, cette activité **décline** progressivement mais **ne s'interrompt pas**.
- **cyclique**, alors que chez l'homme, elle est **continue**.



Définition

L'ovogenèse est représentée par un ensemble de **phénomènes** qui conduit à la **formation** de cellules aptes à être fécondées, les « **ovules** ». Elle se déroule dans la **gonade femelle** ou **ovaire** et s'achève lors de la **fécondation**.

3. pré-requis

Avant de commencer ce chapitre, vous devez être capable de :

Décrire les principales étapes de la méiose.

Expliquer la différence entre un ovocyte de premier ordre (ovocyte I) et un ovocyte de second ordre (ovocyte II).

Identifier la structure générale de l'appareil reproducteur féminin (ovaires, utérus).

Expliquer le rôle des principales hormones impliquées (œstrogènes, progestérone, FSH, LH).

Comprendre les grandes étapes du cycle menstruel.

Expliquer comment se fait la régulation hormonale du cycle ovarien et utérin.

Si certains de ces concepts ne sont pas encore bien acquis, il est conseillé de les réviser avant de continuer afin de mieux comprendre le processus d'ovogenèse

4. Exercice : test pré requis

[solution n°1 p. 17]

🔍 "Ovogenèse: Vérifiez Vos Bases Avant de Plonger !"

Quelle hormone déclenche l'ovulation ?

- LH
- FSH
- Progestérone

Exercice

Quelle hormone déclenche l'ovulation ?

- LH
- FSH
- Progestérone

Exercice

Expliquez pourquoi l'ovogenèse est limitée dans le temps.

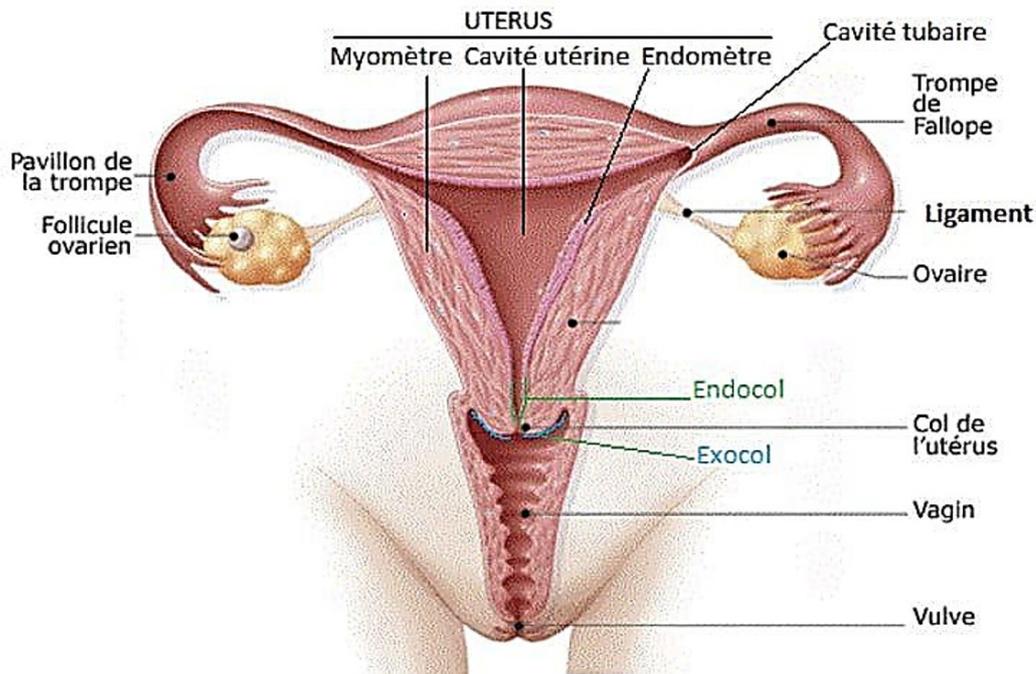
Exercice

Nommez les trois phases de l'ovogenèse.

5. Anatomie de l'appareil génital féminin

L'appareil génital féminin comprend :*

- **Les gonades (ovaires)** : assurant la production des gamètes et des hormones sexuelles.
- **Le tractus génital** : trompes de Fallope, utérus, col utérin et vagin.
- **Les organes génitaux externes** : grandes et petites lèvres, glandes de Bartholin.



Appareil génital féminin

5.1. Ovaires



Les ovaires se situent dans la **cavité pelvienne**, l'un à droite, l'autre à gauche. L'ovaire mesure 1 cm de largeur sur 3 cm de longueur. Il est partiellement recouvert par le **pavillon de l'oviducte (trompes de Fallope)**.

Une coupe de l'ovaire montre de l'extérieur vers l'intérieur :

l'albuginée : c'est un tissu conjonctif qui enveloppe l'ovaire

l'épithélium germinatif

le cortex ovarien : il occupe la partie périphérique de l'ovaire, on y trouve les différents stades de la **folliculogénèse**

la médulla : elle constitue la **partie centrale** de l'ovaire. Elle est composée de **tissu conjonctif lâche**, riche en **vaisseaux sanguins, lymphatiques** ainsi que des **nerfs**.

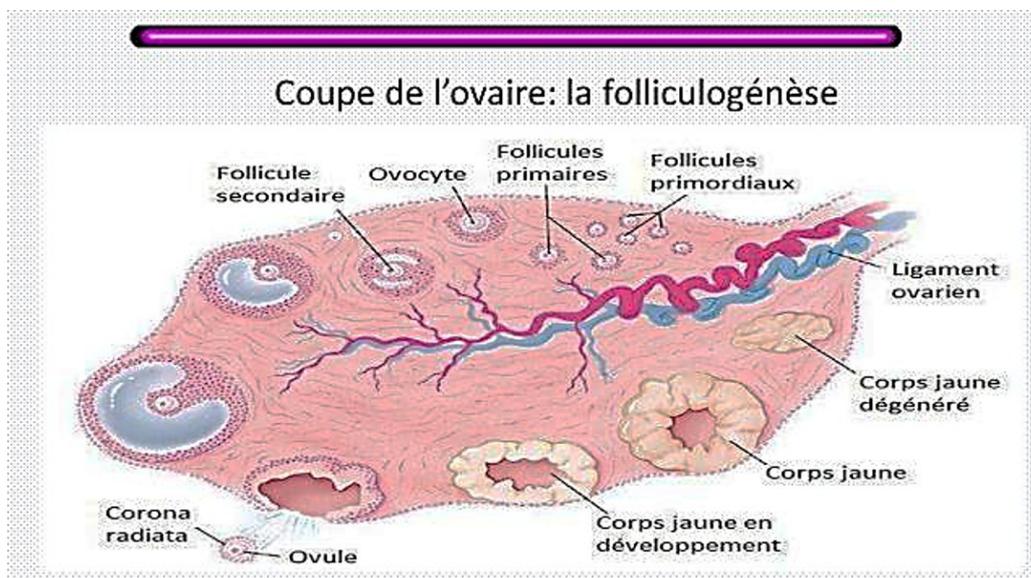


schéma représente une Coupe longitudinale d'un ovaire

5.2. Trompes de Fallope (oviductes = trompes utérines)

Elles mesurent de 10 à 14 cm de longueur. Elles relient les ovaires qu'elles coiffent à l'utérus. La **lumière des trompes** de Fallope est tapissée par un **épithélium de revêtement**, dont la forme est fonction du **cycle menstruel**.

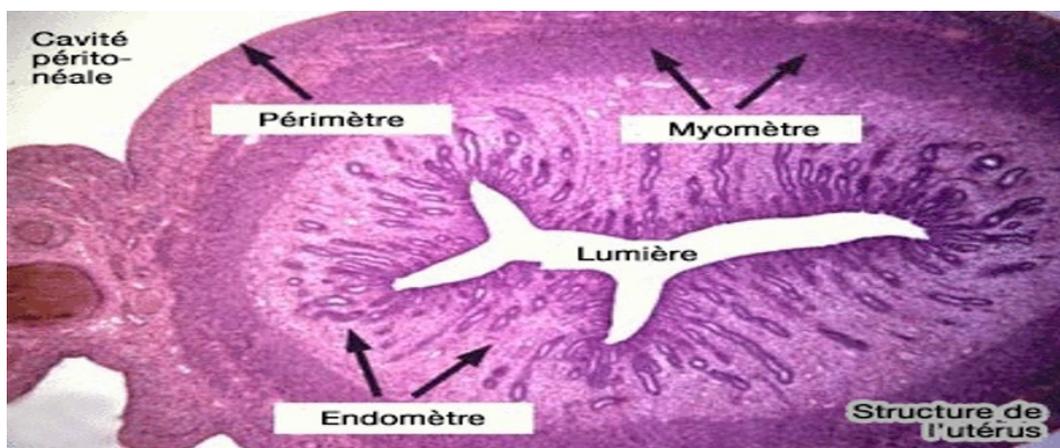
5.3. Utérus



Il se présente sous forme d'une poire aplatie à l'avant et à l'arrière. Il mesure de 6 à 7 cm de longueur sur 4 cm de largeur.

*La paroi utérine comprend de l'extérieur vers l'intérieur :**

- **une séreuse ou adventice** suivant les endroits (séreuse recouvre la surface externe de l'utérus au niveau péritonéal et Adventice : dans les zones où le péritoine est absent)
- **le myomètre** : c'est une couche **musculaire** lisse et épaisse
- **l'endomètre** : c'est une **muqueuse** dont l'épaisseur, la vascularisation et le rythme de sécrétion se modifient pendant le cycle menstruel.



La paroi utérine

[cf. Etude de l'utérus]

5.4. Col utérin

Il fait saillie à la partie haute du **vagin**. La **partie vaginale du col** renferme de nombreuses **glandes** qui sécrètent la **glaipe cervicale** et d'autres sécrétions (pertes). La glaipe cervicale **sélectionne** et **facilite** le passage des **spermatozoïdes** du vagin vers la **cavité utérine**.

5.5. Vagin

Il constitue un conduit dans lequel s'effectuent la **copulation** et le dépôt du **sperme**. Il est **sensible** aux variations des **taux hormonaux ovariens** (œstrogène et progestérone). Il repose sur une **lame basale** qui à son tour, fait jonction avec un **tissu conjonctif** dense et une musculuse.

5.6. Organes génitaux externes

Grandes lèvres et petites lèvres constituent deux bourrelets adipeux recouverts d'**épiderme**. Elles sont riches en **glandes sudoripares et sébacées**.

-Les **glandes annexées** à l'appareil génital féminin sont : les **glandes bulbo urétrales**, les **glandes de Bartholin** et les **glandes cervicales**.

6. Déroulement de la folliculogénèse

C'est un processus biologique ovarien (dans le cortex ovarien), **cyclique** consistant en la **maturation progressive** du **follicule ovarien**, une enveloppe de cellules **somatiques** contenant un **ovocyte* immature (ovocyte I)**. Le début de cette **folliculogénèse** commence avec le **follicule primordial** et comprend de nombreuses étapes aboutissant à l'**ovulation** ou à son **involution**.*

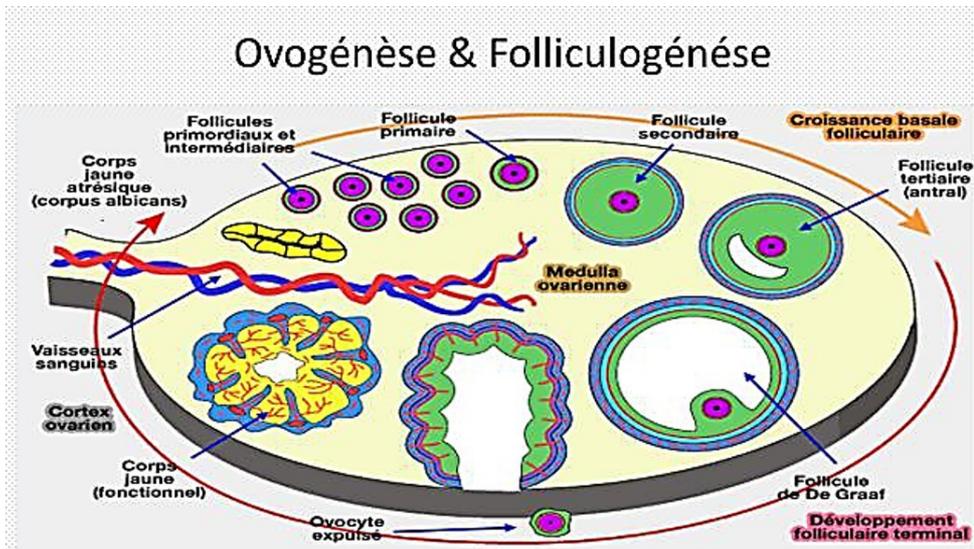


schéma présente l'ovogénèse et la folliculogénèse

[cf. folliculogénèse]

6.1. Follicule primordial

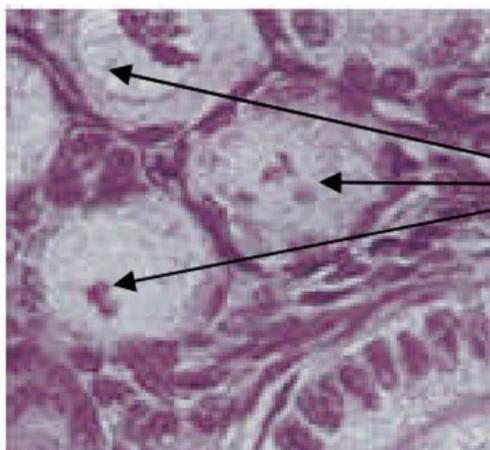
La folliculogénèse débute à partir du **7ème mois** de la **grossesse** par la mise en place des **follicules primordiaux**.

Le follicule primordial est composé d'un **ovocyte I, bloqué en prophase I**, entouré par **quelques cellules folliculaires aplaties**. A la **naissance** le nombre de follicules primordiaux est de **1 millions** par ovaire en moyenne.

De la naissance à la puberté, la folliculogénèse est bloquée, provoquant ainsi la dégénérescence de **60%** du stock initial des follicules primordiaux.

A la puberté leur nombre baisse à **400000** par ovaires.

De la puberté jusqu'à la ménopause, une fois par mois et juste après les **menstruations** ou **règles**, une vingtaine de *follicules primordiaux** continue la folliculogénèse. Habituellement, un **seul** arrive à terme les autres dégènèrent.



Follicules primordiaux

image microscopique d'un follicules primordiaux

6.2. Follicule primaire

La taille du follicule a **augmenté**, et le se caractérisant ainsi par :

un gros ovocyte I, bloqué en prophase I

une **seule couche** de cellules folliculaires **cubiques**

une zone pellucide* entre l'ovocyte I et les cellules folliculaires

une thèque indifférenciée

une membrane de Slavjansky entre la thèque indifférenciée et les cellules folliculaires.

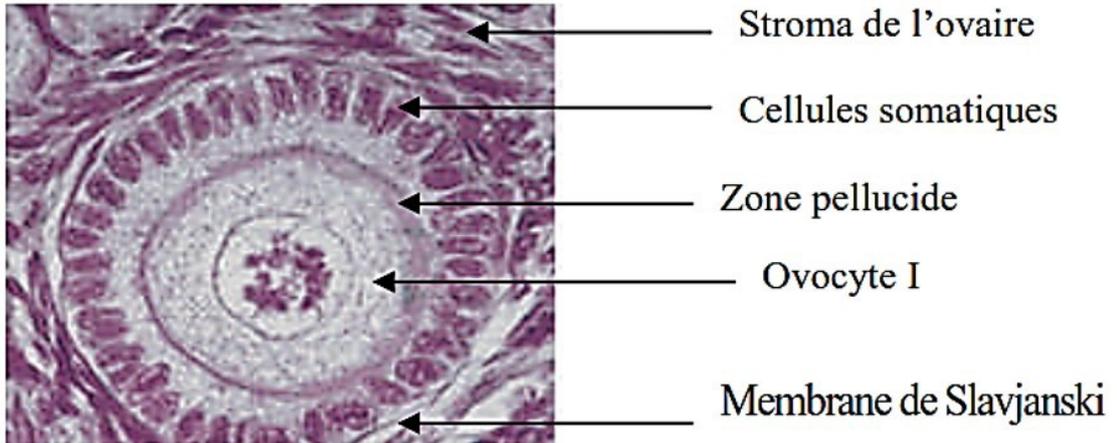
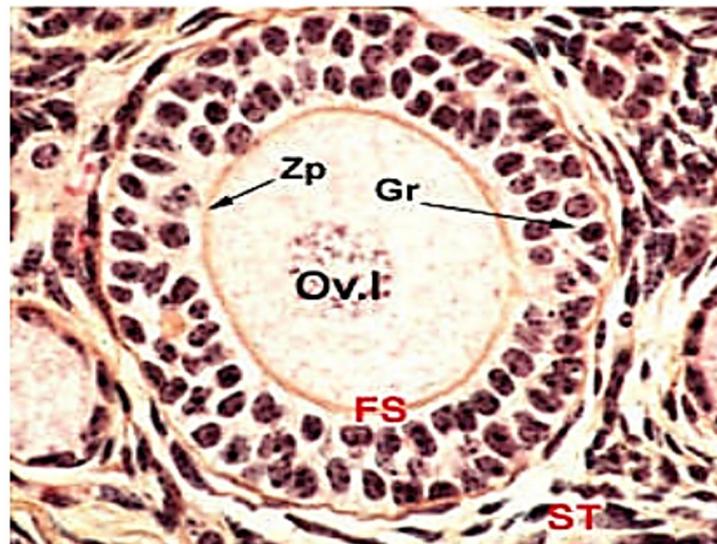


image microscopique d'un Follicule primaire

6.3. Follicule secondaire

Le nombre de **couches de cellules folliculaires est plus important**. L'ensemble des cellules folliculaires est dit **granulosa***. A ce stade, la thèque s'est différenciée en deux thèques bien distinctes : l'une **interne cellulaire** et l'autre **externe fibreuse**.



Ov . I ovocyte I ; **Zp** zone pellucide ; **ST** stroma ovarien

image microscopique d'un Follicule secondaire

6.4. Follicule tertiaire (cavitaire)

Le follicule a presque atteint sa taille mature. Il change de forme pour devenir ovalaire. L'**ovocyte I**, très **volumineux**, migre dans une région épaisse de la granulosa, pour devenir **excentrique**, dite **cumulus oophorus**. Dans la granulosa, apparaissent des **lacunes** remplies de **liquide folliculaire**. Les cellules de la **thèque interne** sont capables d'**excréter les oestrogènes**

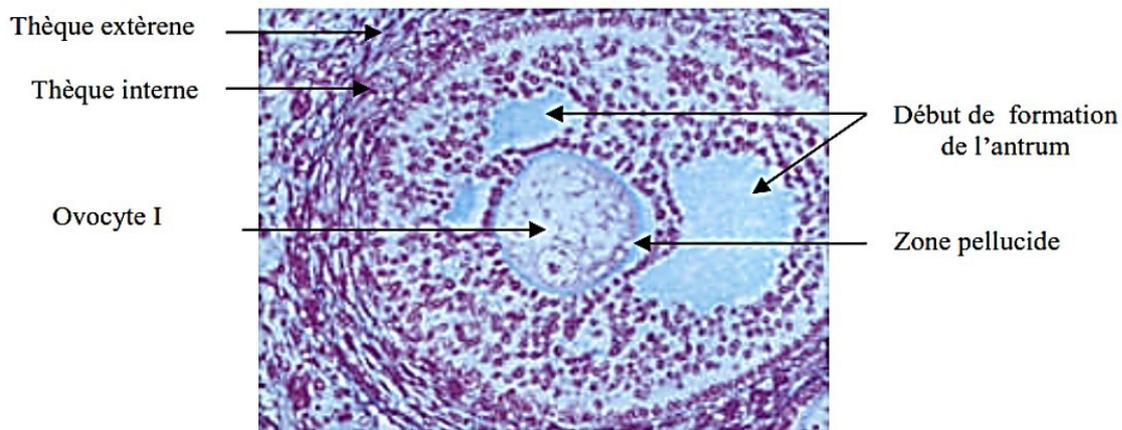


image microscopique d'un Follicule tertiaire

6.5. Follicule mur (De Graaf)

*Follicule mur (De Graaf)** atteint sa taille mature qui est de l'**ordre de 2.5 cm**. Les **lacunes fusionnent** en une grande et unique vacuole dite **antrum folliculaire**, remplie de liquide folliculaire. La première assise du cumulus oophorus, plaquée contre la zone pellucide se différencie en une **corona radiata**.

Quelques heures avant l'ovulation, l'ovocytes I achève sa **division réductionnelle** et donne l'**ovocyte II (n chr.) bloqué en métaphase II** et le premier **globule polaire (G.P.)** qui demeure peu apparent dans la zone pellucide.



Figure 2.7 Follicule de De Graaf

Ov . I ovocyte I ; **Zp** zone pellucide ; **ST** stroma ovarien ; **Cr** corona radiata ; **Gr** granulosa ; **Co** cumulus oophorus ; **Th** thèques ; **Fp** follicule primordial ; **FP** follicule primaire ; **FS** follicule secondaire

image microscopique d'un Follicule mur

6.6. Corps jaune



Fondamental

Le follicule déhiscent se cicatrise formant ainsi une **glande endocrine** temporaire dite **corps jaune**. Les cellules de la granulosa du corps jaune deviennent **lutéales**, capables de synthétiser la **progestérone**. Les cellules de la **thèque interne** synthétisent toujours les **œstrogènes**.

Le corps jaune peut évoluer de deux manières différentes à savoir :

- **En l'absence de fécondation** : le *corps jaune** est dit **progestatif**, sa durée de vie est de **14 jours**
- **En cas de fécondation** : le corps jaune est dit **gestatif**, sa durée de vie est de **3 mois**. Ensuite, il dégénère et le relais de la synthèse des **stéroïdes** est pris par les cellules du **placenta**

6.7. Corps blanc (corpus albicans)

Dans l'ovaire, la **dégénérescence** du corps jaune donne le corps blanc, qui sera **phagocyté** par les **cellules phagocytaires**.

7. L'ovulation



Fondamental

*Sous l'influence d'une décharge de la **LH** et de la **FSH** élaborées par l'**antéhypophyse**, et les forces exercées par le liquide folliculaire l'ovocyte II, la zone pellucide, la corona radiata et quelques cellules du cumulus oophorus sont expulsés, hors de l'ovaire, pour tomber dans le tiers externe ou distal de la trompe de Fallope ou l'oviducte.**

La **ponte ovulaire** a lieu 36 heures après le **pic ovulatoire**, le follicule de de Graaf, vidé de son contenu, s'affaisse et se plisse ; c'est le follicule déhiscent qui va se transformer en corps jaune.

La **membrane de Slavjansky** disparaît, laissant pénétrer les capillaires des thèques dans la granulosa, ce qui entraîne une transformation des cellules folliculeuses : elles augmentent considérablement de volume et sécrètent un pigment légèrement jaune, la lutéine, responsable de la teinte jaune pâle du corps jaune sur un ovaire à l'état frais ; c'est le **phénomène de lutéinisation**.



Complément

Plusieurs facteurs influençant l'ovulation

- Les femmes qui souffrent d'**obésité**, en effet Le poids joue un rôle très important dans la régulation de l'ovulation. Des **dérèglements hormonaux** sont souvent observés chez ces personnes.
- A l'inverse, ces troubles se produisent aussi chez **les femmes très minces** ou qui ont eu des **troubles du comportement** alimentaire (**boulimie, anorexie**).
- Un **choc psychologique** peut provoquer une **anovulation** plus ou moins longue.
- De même, le **stress** et l'**anxiété** ne sont pas sans incidences. N'oublions pas que c'est le cerveau qui commande les mécanismes de l'ovulation.
- La pratique d'un **sport intensif** peut également ralentir l'ovulation.

8. Étapes de l'ovogenèse

L'ovogenèse comporte trois phases : une phase de multiplication, une phase d'accroissement et une phase de maturation.

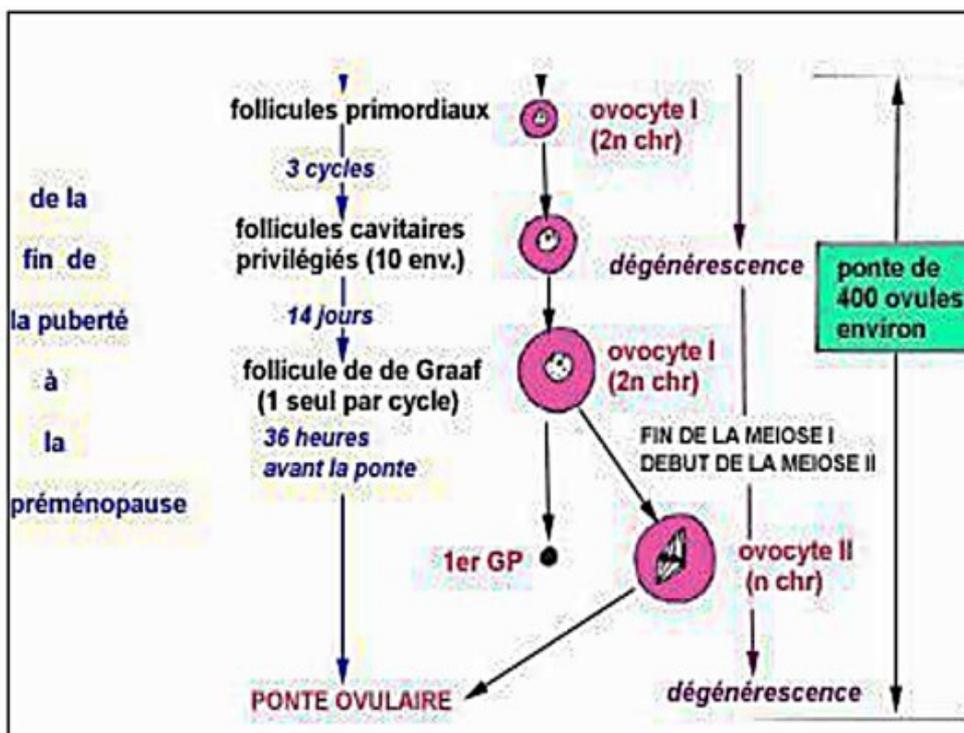
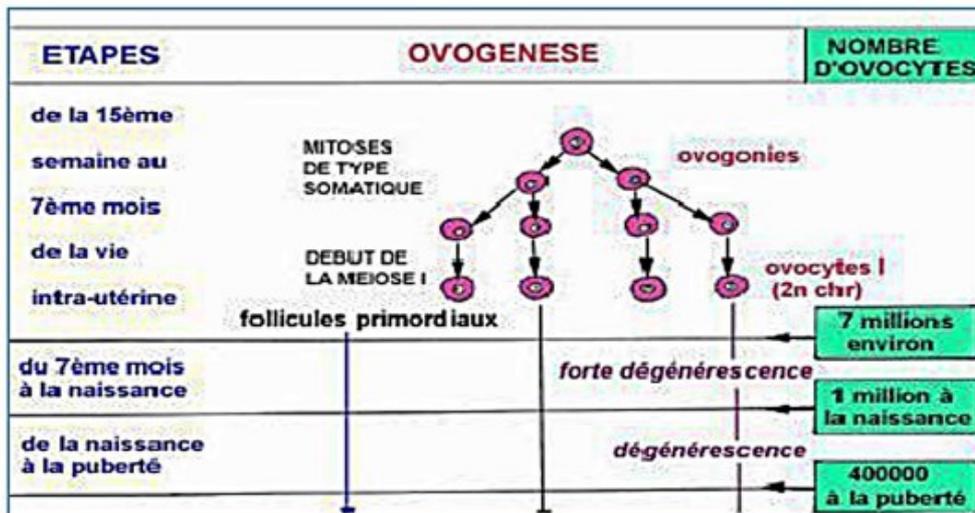


diagramme de l'ovogénèse

8.1. Phase de multiplication



Elle intéresse les **ovogonies**, cellules souches **diploïdes** et elle est caractérisée par une **succession de mitoses** qui va aboutir à la formation d'**ovocytes I (ovocytes primaires)**, également **diploïdes**. Cette phase a lieu, chez la femme, au cours de la **vie embryonnaire et fœtale**.

Les ovogonies :

- -sont observées dans la zone corticale de l'ovaire embryonnaire
- ont une forme sphérique et sont de petite taille
- dégénèrent, pour la plupart, vers le 7^{ème} mois de la vie intra-utérine
- donnent des ovocytes I (2n chromosomes, 2q ADN), cellules qui immédiatement après leur formation

- s'entourent de cellules folliculaires et d'une membrane périphérique qui les sépare du reste du stroma ovarien, l'ensemble désignant le **follicule primordial**
- doublent leur capital d'ADN (**4q ADN**) et amorcent la première division de **méiose**, laquelle **se bloque au stade de prophase 1**. L'ovocyte entre alors dans un état quiescent dans lequel il peut demeurer pendant de **nombreuses années**.



à l'issue de cette phase de **multiplication** (naissance) se trouve constitué un stock **non renouvelable** d'ovocytes I (environ un million), contenus chacun dans un follicule primordial.

8.2. Phase de croissance



Elle se caractérise par une **augmentation** très importante de la **taille** de l'**ovocyte I**, très longue, elle ne s'achève qu'au moment de la maturation du follicule et consiste en des **synthèses d'ARN et de protéines** qui joueront un rôle capital lors de la **fécondation** et pendant les **premiers stades** du développement embryonnaire.

Il est à noter que :

- les follicules primordiaux ainsi que les ovocytes I qu'ils contiennent régressent en grand nombre entre la naissance et la puberté
- il en restera seulement **400 000** au moment de la **puberté**
- moins de **500** se développeront jusqu'à l'**ovulation** au cours de la vie génitale active de la femme.



Les **ovocytes de premier ordre** ne terminent pas leur première **division de méiose** avant l'âge de la **puberté**, du fait d'un **inhibiteur** de la méiose **secrété** par les **cellules folliculaires**.

8.3. Phase de maturation



Chaque mois entre la puberté et la ménopause, au moment de l'**ovulation** (expulsion du gamète par un follicule parvenu à maturité), l'**ovocyte I** (2n chromosomes, 4q ADN) **achève** la première division de la **méiose** et donne un **ovocyte II** (n chromosomes, 2q ADN) avec émission du 1er globule polaire (n chromosomes, 2q ADN). Cette division est très inégale, l'ovocyte II **gardant** la totalité du **cytoplasme**.

Immédiatement après, commence la **2ème division de méiose**. Mais le processus **se bloque** encore une fois (**en métaphase de 2ème division : méiose incomplète**) et est conditionné par la survenue ou non de la fécondation :

- en l'**absence de fécondation**, l'ovocyte reste à ce stade de la méiose et dégénère ensuite rapidement.
- **s'il y a fécondation**, l'ovocyte II achèvera sa maturation et se transformera en ovule mûr avec émission du 2ème globule polaire.

La phase de **maturation** est donc bien plus **complexe** que dans la **spermatogenèse** et présente les trois particularités suivantes :

- la méiose (maturation nucléaire) y est incomplète, inégale avec un arrêt prolongé

- la maturation cytoplasmique (dernière étape de la phase de croissance) en est synchronisée
- enfin, cette phase de maturation est associée à la folliculogénèse.



C'est la **fécondation** par un spermatozoïde activant l'ovocyte II qui permet l'achèvement de la **méiose** en donnant une ovule et un deuxième globule polaire. S'il n'y a pas de fécondation l'ovocyte II est expulsé bloqué en métaphase 2 à la fin du cycle (10 à 12 jours après l'ovulation).

8.4. Contrôle hypothalamo-hypophysaire



L'activité ovarienne est dépendante de l'activité **hypophysaire** (pour **FSH* et *LH**).*

Le taux de FSH : augmente pendant la **phase folliculaire** (pré-ovulatoire) puis donne un **pic** synchronisé avec la LH pendant l'**ovulation**.

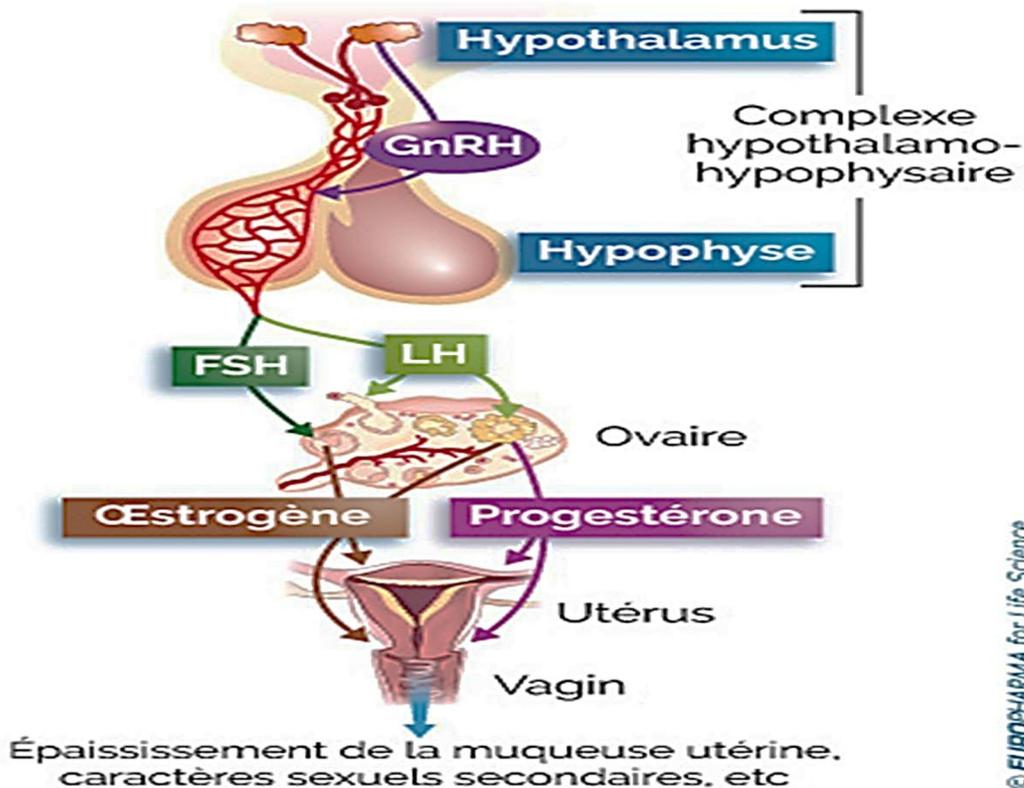
Le taux de LH : le **pic** principal précède de **36 heures l'ovulation** et permet la sécrétion de **progestérone**.

La **FSH** agit sur la **croissance** des **follicules** et sur la production d'**œstrogène**.

Les hormones ovariennes exercent des **rétrocontrôles négatifs** sur la production de LH ou de FSH :

- La progestérone a un rétrocontrôle négatif sur la LH.
- Les œstrogènes ont un rétrocontrôle négatif sur la production de FSH.

Le **GnRH*** : elle est synthétisée au niveau de l'**hypothalamus**. Sa sécrétion est **pulsatile** (2 ou 3 coups par heure) et elle agit sur les hormones **hypophysaires**.



© EUROPHARMA for Life Science

schéma explicatif du Contrôle hypothalamo-hypophysaire

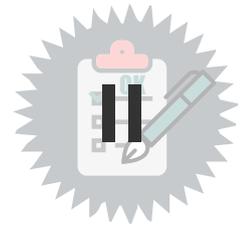
[cf. l'ovogenèse chez la femme]

9. Exercice : Évaluer et prouver mes informations

[solution n°2 p. 17]

L'ovogenèse commence dès la vie [] avec la formation des ovocytes primordiaux dans le []. Ces cellules restent bloquées en [] jusqu'à la []. À chaque cycle menstruel, sous l'effet de la [], plusieurs follicules commencent à se développer, mais un seul arrivera à maturité sous l'action de la [], déclenchant l' []. L'ovocyte II reste bloqué en [] jusqu'à la []. Après l' [], le follicule rompu se transforme en [], qui sécrète la progestérone nécessaire à la préparation de l' [].

Test de Sortie : Spermatogenèse & Ovogenèse



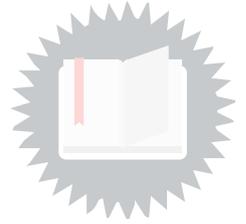
Exercice 1 : 🚀 "Duel Cellulaire : Spermatogenèse vs Ovogenèse – Saurez-vous Tout Classifier ?"

Classer les éléments par catégorie pour vérifier la maîtrise de la Spermatogenèse & Ovogenèse

- Différenciation (spermiogenèse) Œstrogènes (phase folliculaire) Ovocyte I
- Follicule de De Graaf (ovulation) Testostérone. Maturation (méiose)
- Multiplication (spermatogonies) Tubes séminifères (production)
- Menstruation (début du cycle). LH (cellules de Leydig) Progestérone (corps jaune).
- Tubes séminifères (production) FSH (cellules de Sertoli) LH (pic ovulatoire)
- Ovulation (jour 14)

Phases de la spermatogenèse	Lieu de la spermatogenèse	Hormones de la spermatogenèse	Folliculogenèse	Hormones clés de l'Ovogenèse	Événements cycliques

Solutions des exercices



Solution n°1

[exercice p. 5]

"Ovogenèse: Vérifiez Vos Bases Avant de Plonger !"

Quelle hormone déclenche l'ovulation ?

- LH
- FSH
- Progestérone

Exercice

Quelle hormone déclenche l'ovulation ?

- LH
- FSH
- Progestérone

Exercice

Expliquez pourquoi l'ovogenèse est limitée dans le temps.

Le stock d'ovocytes est fixé à la naissance et diminue avec l'âge jusqu'à la ménopause.

Exercice

Nommez les trois phases de l'ovogenèse.

Phase de multiplication, phase de croissance, phase de maturation

Solution n°2

[exercice p. 15]

L'ovogenèse commence dès la vie fœtale avec la formation des ovocytes primordiaux dans le follicule ovarien. Ces cellules restent bloquées en ovocyte I jusqu'à la puberté. À chaque cycle menstruel, sous l'effet de la FSH, plusieurs follicules commencent à se développer, mais un seul arrivera à maturité sous l'action de la LH, déclenchant l'ovulation. L'ovocyte II reste bloqué en méiose II jusqu'à la fécondation. Après l'ovulation, le follicule rompu se transforme en corps jaune, qui sécrète la progestérone nécessaire à la préparation de l'endomètre.

Glossaire



Corps jaune

Structure formée après l'ovulation, sécrétant de la progestérone

Follicule de De Graaf

Dernier stade de maturation avant l'ovulation

Follicule primordial

Premier stade de développement d'un follicule ovarien

Granulosa

Couche de cellules folliculaires entourant l'ovocyte, impliquée dans la maturation

Ovocyte

Gamète femelle haploïde, bloqué en métaphase II avant la fécondation

Ovogenèse

Processus de formation des ovocytes dans les ovaires

Zone pellucide

Enveloppe entourant l'ovocyte, jouant un rôle dans la fécondation

Abréviations



FSH : Hormone Folliculo-Stimulante
GNRH : Gonadotropin-Releasing Hormone
LH : Hormone Lutéinisante

Webographie



<http://univ.ency-education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/embryo1an16-folliculogenese.pdf>

<https://www.vetopsy.fr/anatomie/systeme-genital/uterus-perimetre-myometre.php>

<https://www.monblocoperatoire.com/anatomie-et-pathologie-4/>

<https://facmed.univ-constantine3.dz/wp-content/uploads/2022/10/OVULATION.pdf>