

Embryologie humaine

Département des sciences de la nature et de la vie
1ère année sciences de la nature et de la vie
Responsable de la matière : Dr. Hamra Fatima

Introduction à l'embryologie

Notions fondamentales d'embryologie

Quoi : L'embryologie est la science qui se consacre à l'étude du développement de l'embryon, c'est-à-dire à la période de la vie comprise entre la fécondation de l'œuf et la naissance

Décrire, mais aussi expliquer la formation de l'embryon, étudier les mécanismes et les causes du développement embryonnaire.

À quoi ça sert :

Savoir comment les organes se sont développés nous permet de mieux les connaître et ainsi de les soigner en cas de maladie.

Plusieurs maladies sont dues à un problème survenu au cours du développement embryonnaire.

L'embryogénèse : Est le processus de formation d'un organisme pluricellulaire, végétal ou animal, de la cellule œuf issue de la rencontre des gamètes (la fécondation) à un être vivant autonome.

La gamétogenèse : c'est la formation et différenciation des cellules germinales reproductrices en gamètes mâles et femelles.

- Les gamètes mâles sont **les spermatozoïdes** et se forment par la spermatogenèse.
- Les gamètes femelles sont **les ovules**, formés par l'opération d'ovogenèse.

Ces deux opérations ont lieu dans les gonades (**testicule, ovaire**). Ces gonades ont deux fonctions pour les deux sexes :

- Produire des gamètes qui sont les spermatozoïdes et l'ovule.
- Secréter les hormones sexuelles, homme : testostérone – femme : œstrogènes et progestérone.

Dans la production des gamètes, les cellules germinales : Les cellules souches de la lignée sont les cellules germinales, qui possèdent $2n$ chromosomes (cellules diploïdes) se différencient et subissent une division particulière : La méiose. Elle divise en 2, le contenu chromosomique de la cellule qui passe de 46 à 23. Lors de la fécondation l'œuf qui en résulte : Zygote est pourvu d'un équipement génétique complet et se différencie de celui des parents, il est donc [^]plus riche génétiquement.

*On nomme : **Organe annexe de la reproduction**, le système de conduit à travers lesquels sont transportés les gamètes et sont regroupés les glandes qui tapisse.

Les **caractères généraux secondaires**, comprennent tout les éléments qui contribuent à donner à l'homme et à la femme leur caractéristique extérieures : Pilosités, Silhouette,.....

Les gonades et les organes reproducteurs annexes sont présents dès la naissance mais demeurent petits et non fonctionnelles jusqu'à la puberté signifie que la maturité sexuelle est atteinte donc que la fécondation est possible (dure environ 3 à 5 ans).

Chapitre 1

Gamétogenèse

Cours 2: L'Ovogenèse

1. Définition de l'ovogenèse:

C'est la formation de cellules reproductrices femelle (ovule ou œuf vierge) cette ovogenèse à lieu dans les ovaires, où les cellules sexuelles sont associées à des cellules somatique (les cellules folliculeuses), l'ensemble forme un follicule ovarien et elle comporte les mêmes étapes d'évolution que celle de spermatogenèse pour la formation de ces ovules.

- L'ovogenèse débute dans l'ovaire embryonnaire mais s'interrompt bientôt pour reprendre au moment de la puberté au cours d'un cycle ovarien. Le processus complet de l'ovogenèse ne se termine qu'après la fécondation de l'ovocyte II.
- L'ovogenèse comprend les phases de multiplication, d'accroissement et de maturation. La phase d'accroissement et le début de la maturation s'effectuent à l'intérieur du follicule ovarien et sont liées à l'évolution de ce follicule. La fin de la maturation est retardée. Elle s'achève après la fécondation. Il n'y a pas de phase de différenciation. Le gamète femelle est un ovocyte secondaire avant la fécondation.

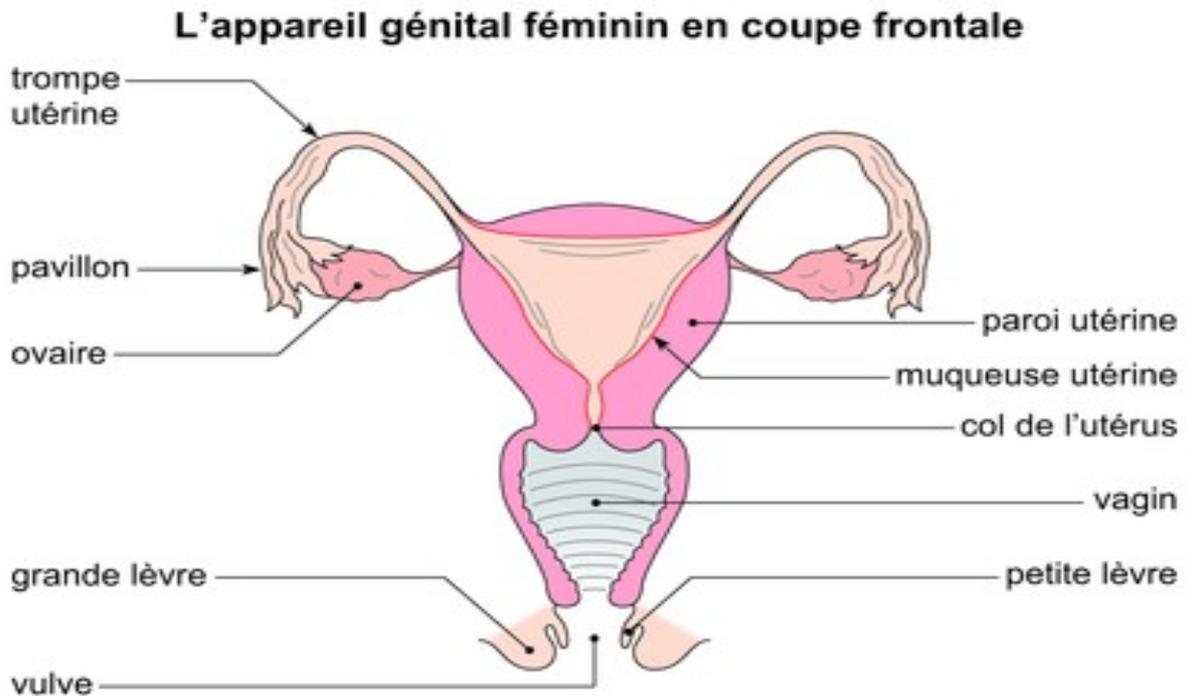
2. Anatomie de l'appareil génital féminin

*L'appareil génital féminin comprend: Les ovaires et le système de conduit féminin (les trompes utérines, utérus et vagin). Chez la femme les systèmes de conduit urinaire et reproducteur sont relativement séparés. **Les trompes utérines:** Trompes de Fallopes ne sont pas directement reliées aux ovaires mais s'ouvrent dans les cavités abdominales près d'eux.

*Cette ouverture est une expansion entourée de longues projections: Les fimbriae qui sont tapissés par un épithélium cilié.

*L'utérus est **un organe creux musculaire** à parois épaisse. Anatomiquement situé entre la vessie et le rectum, sa partie la plus inférieure est le col qui fait communiquer l'utérus avec le vagin.

*A l'inverse de l'homme où la production de spermatozoïde est continu, la maturation et la libération de l'ovule est cyclique: cycle menstruelle de 28 jours .



3. Les différentes étapes d'ovogenèse

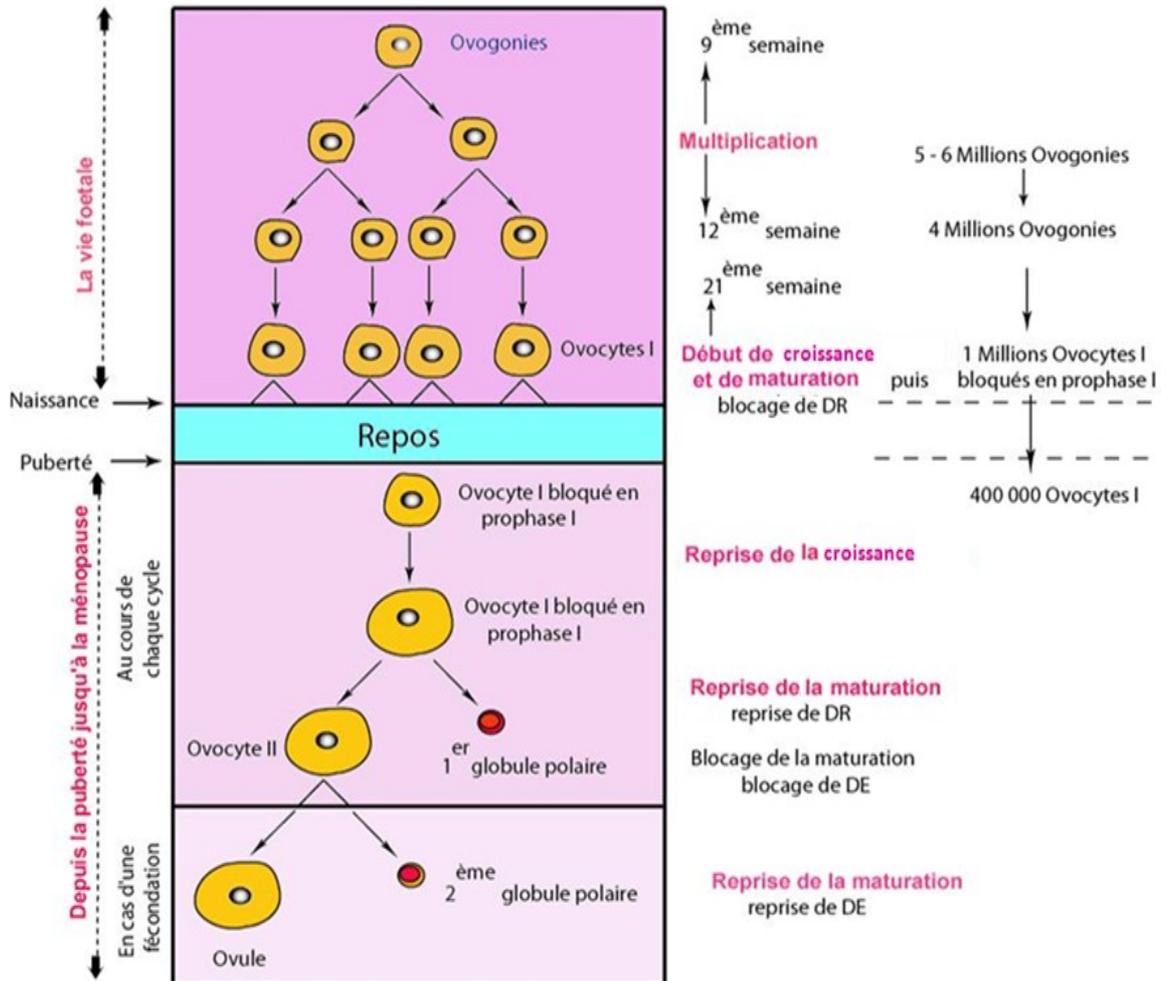
A/ Phase de multiplication et de croissance :

-Elle se déroule exclusivement pendant la vie foetale, du 3^e au 7^e mois, dans la zone corticale de l'ovaire foetal, les cellules germinales se multiplient par mitoses successives et portent le nom d'ovogonies.

-Le nombre des divisions successives n'est pas connu, mais il se forme environ 7.10^6 d'ovogonies

-Avant la naissance : Dès la 12^{ème} semaine, les ovogonies amorcent la prophase I de la méiose et se bloquent à ce stade (au stade diplotène). Elles prennent le nom d'ovocyte I (il subit une croissance (petit accroissement): le volume cellulaire augmente).

Au moment de leur blocage en prophase I, les ovocytes I sont isolés et chacun s'entoure d'une couche de cellules folliculeuses (**cellules épithéliales folliculaires aplaties**) pour former un follicule ovarien primordial (ovocyte I + cellules folliculaires).



Remarque 01:

- Le nombre des divisions successives n'est pas connu, mais il se forme environ $7 \cdot 10^6$ ovocytes primaires.
- Le stock est estimé à environ 7 millions d'ovogonies, il n'est pas renouvelé.
- Les cellules folliculeuses, d'origine épithéliale
- Cet arrêt est dû à la sécrétion de substances qui activent les protéines inhibant la méiose, OMI (Ovocyte Meiotic Inhibitor) et [AMP cyclique](#). Cette phase de la méiose est bloquée jusqu'à la puberté.

Remarque 02:

Atrésie folliculaire: 6 à 7 millions de follicules primordiaux vers le 8^e mois de vie foetale. Entre 300 000 et 2 millions à la naissance. À la fin de la puberté, il persiste environ 250 000 follicules par ovaire. À la ménopause, il n'en reste plus.

Du 7^e mois de la vie fœtale à la puberté

Pendant ce temps, les cellules germinales et des follicules entrent dans une [atrésie](#) folliculaire. À la naissance il ne reste plus que 700.000 d'ovocytes I et seulement 400.000 à la [puberté](#)

*A la puberté apparaisse une autre opération c'est la folliculogenèse qui se fait en parallèlement à l'ovogenèse. (Alors ici quelques les cellules somatique formant un follicule mûr contenant l'ovocyte au tour de jeune ovocyte

Au cours de chaque cycle ovarien, plus de vingt follicules primordiaux entament le processus de maturation néanmoins, habituellement un seul follicule atteint la pleine maturité et est ovulé tandis que les autres s'atrésient avant l'ovulation

La maturation folliculaire implique des changements dans l'ovocyte, les cellules folliculeuses et le stroma qui les entoure. Cette maturation est stimulée par la FSH (follicule stimulating hormon), hormone gonadotrope sécrétée par l'antéhypophyse.

B/ Phase de maturation

Dans la phase de maturation, il aura 2 types d'expulsions :

- **1^{ère} expulsion :**

Se fait à l'intérieur de la cavité folliculaire de l'ovocyte I entouré d'une 1^{ère} couche de cellules folliculeuses appeler **corona radiata**

L'ovocyte I va terminer sa 1^{ère} division de méiose (division réductionnelle) et donnera deux cellules haploïdes à (n)chr ,sauf que ces deux cellules ne sont pas égaux , l'une de grande volume c'est l'ovocyte II et l'autre plus petite reste collé à l'ovocyte II s'appelle globule polaire, destiné à dégénérer.

Chez l'humain, la ponte ovulatoire, ou ovulation, se produit juste après la première division méiotique. C'est donc un ovocyte II qui est largué par l'ovaire et capté par le pavillon de l'oviducte. Un seul ovocyte II est émis tous les 28 jours environ, depuis la puberté jusqu'à la ménopause, par chacun des ovaires alternativement. Le nombre total de gamètes produits par une femme pendant sa vie entière est de l'ordre de 500 au maximum.

- **2^{ème} expulsion :**

Se fait à l'extérieur de follicule de degraaf et de l'ovaire vers la trompe de Fallope c'est une ovulation. Cet ovocyte II reste bloqué du 2^{ème} de méiose (s'arrête en métaphase II, au bout de 6 à 7 h), jusqu'à la pénétration du spermatozoïde.

→ **En présence de spermatozoïde : (s'il y a fécondation)**

L'ovocyte terminera sa 2^{ème} division de méiose et donnera deux autres cellules inégales, l'une grande c'est l'ovotide et l'autre petite c'est un globule, ainsi le 1^{er} globule polaire se divise et donnera 2 globules polaires. Donc on aura à la fin de cette maturation un ovotide lié à 3 globules polaires.

Le follicule de degraaf se transforme en corps jaune gestatif ou de grossesse

→ **Absence du spermatozoïde (ou de fécondation) :**

Si il n'y a pas de fécondation, l'ovocyte II dégénéra et le follicule mûr se transforme en corps jaune cyclique ou progestatif qui se régresse ou se dégénère et un nouveau cycle ovarien peut reprendre

C/Phase de différenciation :

Cette phase permet la transformation d'ovotide en ovule préalable fécondé.

Développement du follicule ovarien

La folliculogénèse

1- Définition

L'ensemble des processus par lesquels un follicule primordial se développe pour atteindre l'ovulation. C'est un processus continu de la puberté à la ménopause.

2-Différents types de follicules

a- Follicule primordial : Chez l'embryon, les ovogonies sont des cellules arrondies et indifférenciées, de diamètre d'environ 20 μm , retrouvées en groupes dans le cortex ovarien, particulièrement à la périphérie du cortex. Par la suite, l'ovocyte I, d'environ 30 μm bloqué au stade diplotène de la première division méiotique, s'entoure d'une assise de petites cellules somatiques pavimenteuses (aplaties), reliées par des ponts cytoplasmiques et desmosomes : les cellules folliculaires. Ovocyte I et épithélium folliculaire pavimenteux forment ensemble le follicule primordial. Plusieurs d'entre eux dégénèrent.

b- Follicules primaire (environ 45 μm) : Ovocyte I entouré d'une seule couche de cellules folliculeuses cubiques. À partir de la puberté, la sécrétion de FSH et de LH par l'antéhypophyse stimule le développement des follicules évolutifs. À chaque cycle, plusieurs follicules primaires entrent dans une phase de croissance.

- La membrane de Slavjanski devient visible.

-La zone pellucide se met en place (membrane glycoprotéique)

-L'ovocyte est toujours en prophase de 1^{ère} division méiotique

c- Follicules secondaire (50 à 180 μm):

Les cellules folliculaires se multiplient et se disposent en une vingtaine de couches autour de l'ovocyte I. Elles constituent la granulosa. La couche la plus interne, régulièrement disposée autour de la pellucide, se nomme la Corona radiata

La thèque interne : Elle se forme autour de la membrane basale par différenciation du stroma cortical. Les cellules, initialement fusiformes, deviennent cubiques. Elles acquièrent des récepteurs pour LH. La thèque interne comprend plusieurs couches cellulaires et est richement vascularisée. Ce dernier élabore (l'oestrogènes et progestérone).

La thèque externe : est couche formée de cellules stromales.

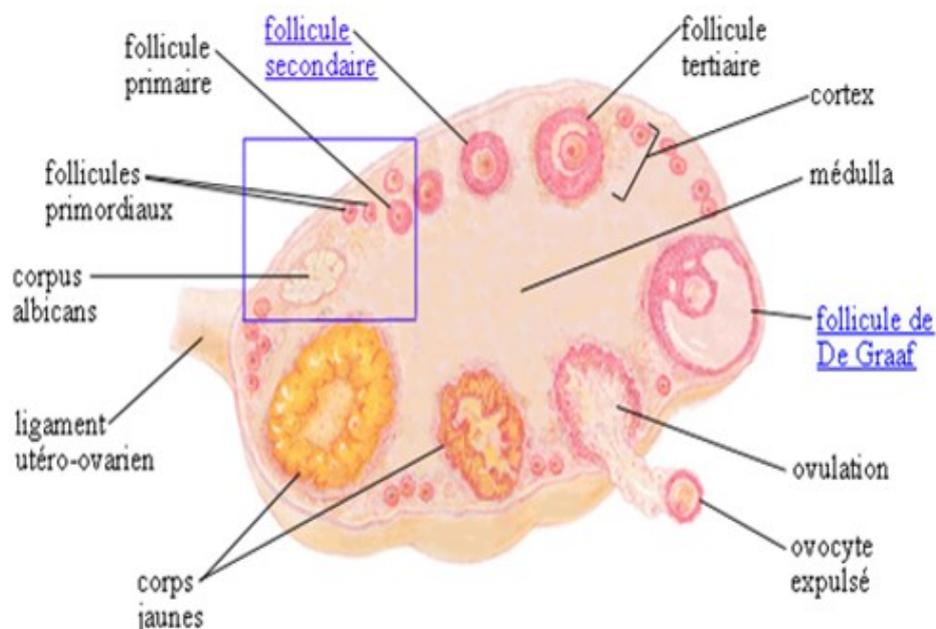
d- Follicule tertiaire ou cavitaire ou Antral (environ 5mm de diamètre):

- Il se définit par l'apparition d'une cavité unique creusée dans l'épaisseur de la granulosa, **l'antrum**.
- Il se forme par confluence de petites cavités au sein de la granulosa et renferme un liquide appelé « **liquide folliculaire** ». le liquide folliculaire de l'antrum dérive du plasma sanguin
- Il contient une concentration plus élevée d'hormones stéroïdes.

E- Follicule mature préovulatoire ou follicule de De Graaf (20mm) :

L'ovocyte est entouré par une seule assise de cellules de granulosa : **la corona radiata**

- L'ovocyte et la corona radiata sont reliés au reste de la granulosa par le cumulus oophorus
- L'ensemble fait saillie dans l'antrum
- La thèque interne contient des amas de cellules à sécrétion stéroïde



Ovulation et la ponte ovulatoire

L'accroissement volumétrique du fluide folliculaire dans l'antre exerce une pression considérable sur le tissu folliculaire et entraîne sa rupture à la surface de l'ovaire, rupture qui est également sous le contrôle de l'hormone hypophysaire lutéinisante. Le cumulus oophorus et la zone granulaire se brisent, les thèques cèdent et l'ovocyte, sa zone pellucide et sa couronne radiaire, ensemble l'**ovule**, sont relâchés dans la cavité pelvienne. Le fluide folliculaire est aussi expulsé. L'ovaire étant recouvert par l'ampoule de l'oviducte (les deux n'étant pas continus mais apposes), l'ovule émis est donc facilement capté par l'ampoule et s'engage dans l'oviducte qui le transporte vers l'utérus.

Ce qui reste du follicule dans l'ovaire, le follicule déhiscent, se transforme en **corpus luteum** (corps jaune): Les capillaires sanguins de la thèque interne envahissent l'espace entre les cellules folliculaires restantes qui, sous l'effet de FSH et LH circulantes, se transforment en cellules endocrines sécrétant progestérones et œstrogènes. Ces hormones gagnent la circulation et préparent la paroi utérine à une nidation éventuelle. S'il y a fécondation le corps jaune est maintenu par l'action d'hormones, sinon il dégénère et une cicatrice se forme, le corpus albicans (corps blanc).

Control hormonal de l'ovogenèse: A partir de la puberté, l'hypothalamus (est une région située à la base du cerveau qui contrôle les fonctions de la vie végétatives) Sécrète des hormones déclenchantes (releasing hormones- RH ou GnRH) qui stimulent l'activité de l'hypophyse antérieure. Celle-ci, en réponse, élabore deux hormones glycoprotéiques gonadotrophes de structure assez voisines.

- **FSH:** Follicle stimulating hormone, active la croissance des follicules ovariens, dont la sécrétion d'œstrogènes par les cellules de la thèque interne. L'atresie folliculaire est due au fait que le taux de FSH circulante ne suffit pas à assurer la croissance de tous les follicules engagés dans la phase de maturation durant un cycle donné. Seulement quelques follicules, généralement un seul chez l'humain, complètent la maturation. La FSH stimule ensuite la formation du corps jaune.
- **LH:** luteinizing hormone, provoque la rupture du follicule mûr et l'ovulation en plus de déclencher la poursuite de la première division méiotique de l'ovocyte I. La LH

stimule la transformation du follicule déhiscent en corps jaune qui secrète de la progestérone et œstrogène.

*Un équilibre doit exister entre les deux hormones : Le contrôle de la phase finale de croissance du follicule nécessite un maximum de FSH en présence de LH. Ces hormones déterminent aussi le nombre de follicules qui mûrissent simultanément et qui dégénèrent.

*Dans le contrôle de la gamétogenèse, l'hypothalamus représente l'étape de **perception**, l'antéhypophyse celui d'**exécution** et les gonades constituent les glandes **cibles**.

Le cycle hormonal

Les hormones sexuelles féminines varient au cours du temps, réalisant un cycle appelé cycle hormonal. Ce cycle dure environ 28 jours et est caractérisé par deux phases de 14 jours. La 1^{re} phase est dite oestrogénique. Elle fait immédiatement suite aux règles. La sécrétion oestrogénique est assurée par les follicules en maturation. La 2^{ème} phase est caractérisée par la présence d'œstrogènes et de progestérone. Par abus de langage, on caractérise souvent cette phase sous le nom progestative.

Le jour 0 :

- Le cycle commence avec l'écoulement menstruel pour les 5 premiers jours et la concentration de LH, FSH et œstrogènes sont relativement constant.

Le jour 5 :

- La phase folliculaire du cycle ovarien s'étend du 6^{ème} jour au 14^{ème} jour du cycle vers la fin de cette période, les concentrations de LH et l'œstrogènes augmentent tandis que les celles de FSH diminuent (cette diminution de FSH est pour empêcher la maturation de plusieurs follicules à la fois).
- La FSH favorise la maturation du follicule dans l'ovaire qui lui-même libère de l'œstrogènes, ce dernier stimule la libération de LH et fait augmenter l'épaisseur de la muqueuse utérine.

Le jour 15:

- La dernière phase du cycle est la phase lutéale qui s'étend du 15^{ème} au 28^{ème} jour.
- Les concentrations de LH, FSH et œstrogènes diminuent graduellement.

- Le follicule se transforme en corps jaune qui libère la progestérone, cette dernière prépare l'utérus à recevoir l'œuf fécondé en continuant d'épaissir la muqueuse utérine et en bloquant l'effet de la LH.
- Si l'œuf n'est pas fécondé, le corps jaune se désagrège, la concentration de progestérone diminue et l'écoulement menstruel qui fait recommencer le cycle.

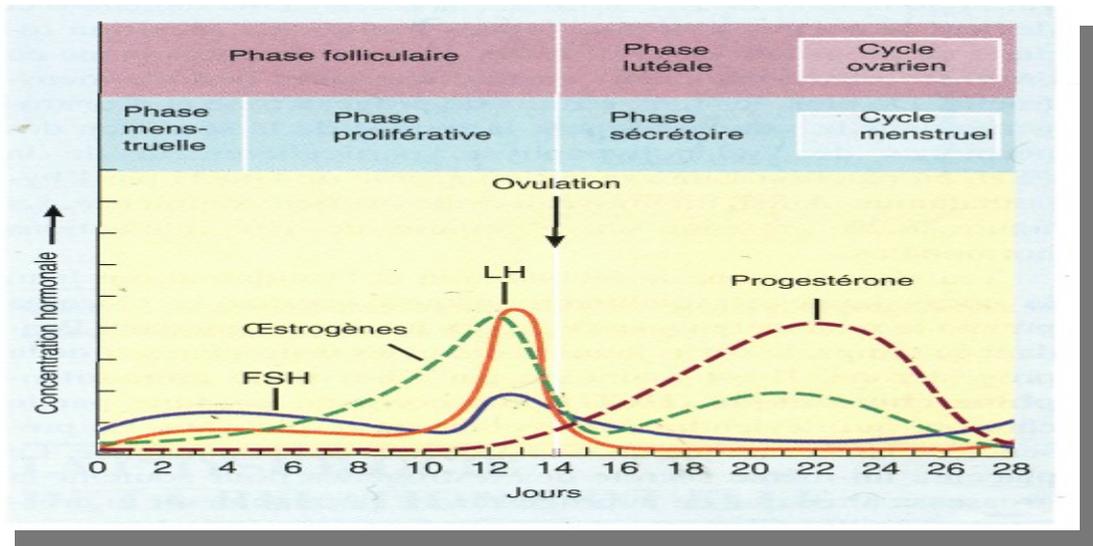


Figure : Relation entre les hormones, les cycles ovarien et menstruel

5- Regulation hormonal de l'ovogenèse

Avant la puberté, la croissance ovarienne inhibe la production de GNRH par hypothalamus. Au début de la puberté, l'hypothalamus sécrète la GNRH qui stimule l'hypophyse afin qu'elle sécrète l'hormone de FSH et la LH.

- FSH stimule les ovaires dans leur production d'œstrogènes ainsi que la croissance des follicules.
- LH est provoqué l'ovulation et le reste de follicule se transforme en corps jaune qui sécrète de la progestérone et œstrogène.

Les œstrogènes sont responsables, de l'épaississement de l'endomètre où ira s'implanter l'ovule s'il y a fécondation.

La progestérone quant à elle joue un rôle important dans la préservation de la muqueuse utérine en cas de grossesse. S'il n'y a pas fécondation de l'ovule, le taux de progestérone baisse, ce qui entraîne le décollement de la muqueuse utérine et provoque les menstruations.

6- Rôle de L'œstrogène

- Favoriser la formation des caractères sexuels secondaires.
- Stimule la maturation folliculaire
- Accélérer le métabolisme
- Stimule la croissance de l'endomètre
- Stimule les contractions involontaires de l'utérus.