

SV-A-I REGARDS SUR UN ORGANISME MÉTAZOAIRE : UN BOVIDÉ

INTRODUCTION

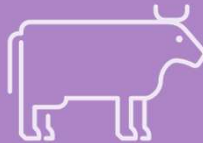
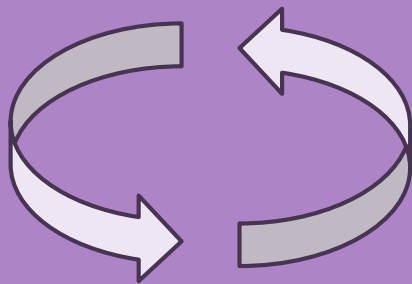
Quelle est l'organisation et le fonctionnement chez la vache, des systèmes accomplissant les grandes fonctions caractéristiques d'un organisme animal ?

Quelles sont les interrelations entre ces fonctions ?

Quelle est leur dimension adaptative et évolutive ?

II- L'APPAREIL REPRODUCTEUR PERMET UNE REPRODUCTION EN MILIEU AERIE

SV-A-I REGARDS SUR UN ORGANISME MÉTAZOAIRE : UN BOVIDÉ



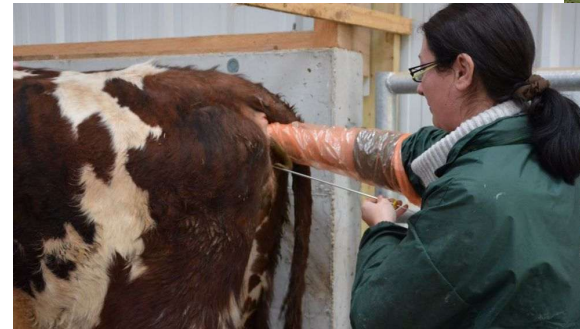
PROGRAMME

Savoirs visés	Capacités exigibles
L'appareil reproducteur est le lieu de production des gamètes (méiose et différenciation) et de sécrétion d'hormones. C'est également le lieu de la fécondation et de la gestation dans l'organisme maternel. La reproduction sexuée est un processus conservatoire et diversificateur. Elle génère des individus qui sont de la même espèce que les parents, mais dont la diversité permet la sélection.	- Repérer au cours de la reproduction sexuée les moments et les modalités de diversification des génotypes

II- L'APPAREIL REPRODUCTEUR PERMET UNE REPRODUCTION EN MILIEU AERIEN

■ Reproduction sexuée chez la vache

- ⇒ comprendre les mécanismes associés au **cycle de développement** de cette espèce (méiose et fécondation, mais aussi gestation et mise bas)
- ⇒ maîtriser les paramètres internes (nerveux, hormonaux) et externes (œstrus, saisonnalité éventuelle, dominance-subordination)
- ⇒ mener des conduites d'élevage efficaces en termes de productivité.



II- L'APPAREIL REPRODUCTEUR PERMET UNE REPRODUCTION EN MILIEU AERIEN

INTRODUCTION

Reproduction : (n.f.) s.l. processus biologique permettant la production d'un nouvel individu à partir d'un (ou plusieurs) individu(s) préexistant(s) de la même espèce.

Fonction de reproduction : (n.f.) ensemble des systèmes et appareils assurant la pérennité de l'espèce.

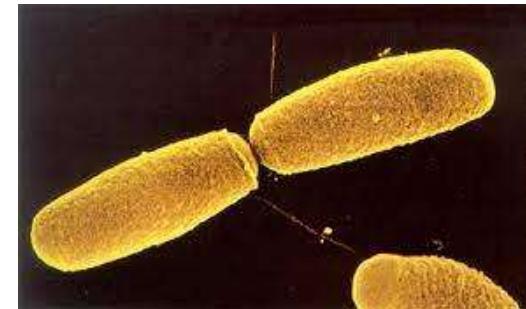
≠ Fonctions de nutrition → pérennité de l'individu.

- Deux grands types de reproduction (s.l.) dans le vivant :
 - Reproduction **asexuée** = Multiplication
 - Reproduction **sexuée** = Reproduction (s.s.)
- Reproduction asexuée et sexuée ne sont pas exclusives
→ tous les cas **intermédiaires** sont possibles

Ex : Reproduction asexuée exclusive ou en alternance avec la reproduction sexuée

Reproduction asexuée
exclusive

Reproduction sexuée
exclusive



INTRODUCTION

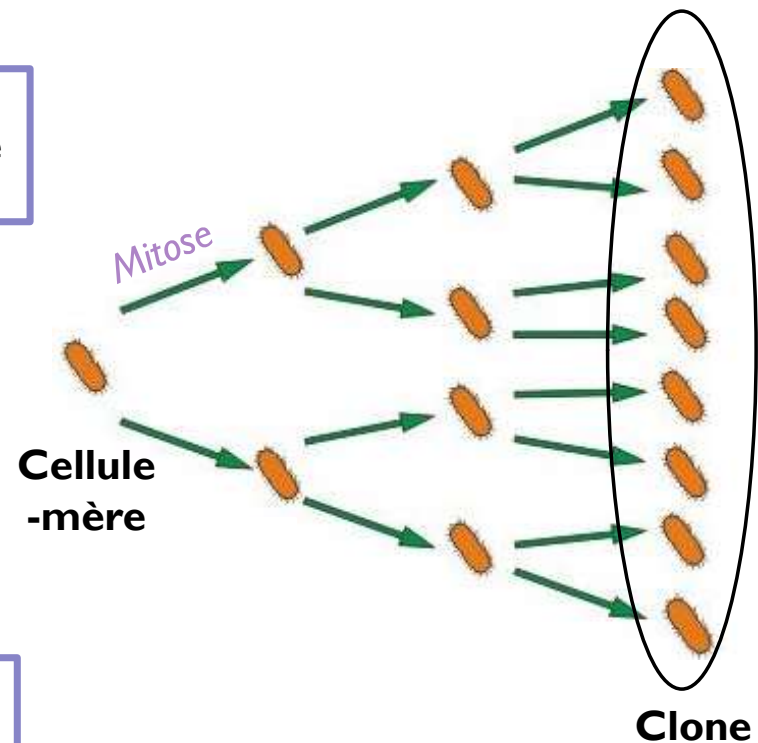


REPRODUCTION ASEXUÉE

Reproduction (ou multiplication) asexuée : (n.f.)
Capacité d'un organisme à se multiplier seul, sans partenaire
(sans faire intervenir la fusion de deux gamètes).

- Mécanisme de la reproduction asexuée : **mitose**
- Les cellules-filles sont **génétiquement identiques** à la cellule-mère (aux mutations près).

Clone : (n.m.) Ensemble des cellules (ou des individus)
issues d'une même cellule-mère par mitose et
génétiquement identiques à celle-ci (aux mutations près)



II- L'APPAREIL REPRODUCTEUR PERMET UNE REPRODUCTION EN MILIEU AERIEN

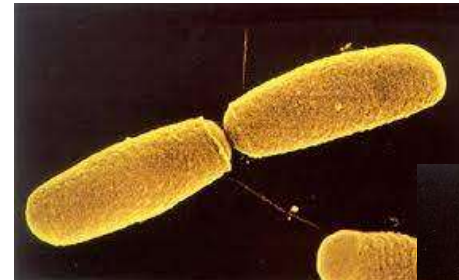
Introduction: reproduction asexuée

I. Chez les unicellulaires

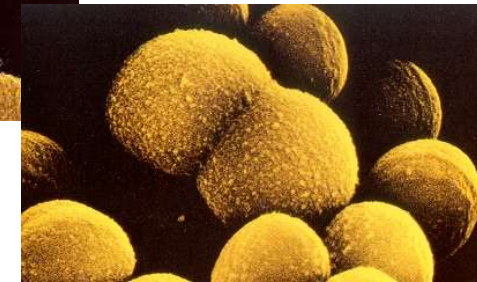
- Chez les **Procaryotes** (*Eubactéries et Archéobactéries*)

- **Fission binaire = scissiparité**

= Doublement de la taille de la cellule puis séparation en 2 cellules identiques



Fission d'un bacille (en haut)
et d'un coccus (en bas)



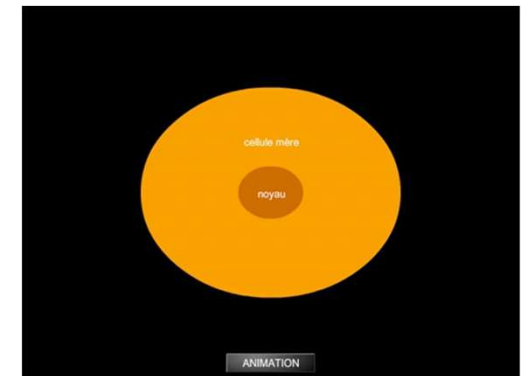
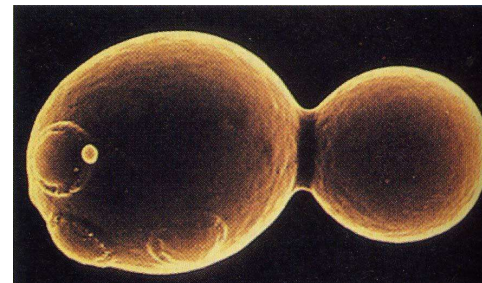
- Chez les **Eucaryotes** unicellulaires

- **Scissiparité**

- **Bourgeonnement**

= Formation, sur la cellule-mère, d'un bourgeon plus petit qu'elle qui se sépare puis se développe

✓ Ex : levure de boulanger



Bourgeonnement chez la levure de boulanger

II- L'APPAREIL REPRODUCTEUR PERMET UNE REPRODUCTION EN MILIEU AERIEN



Introduction: reproduction asexuée

2. Chez les pluricellulaires

Métazoaires

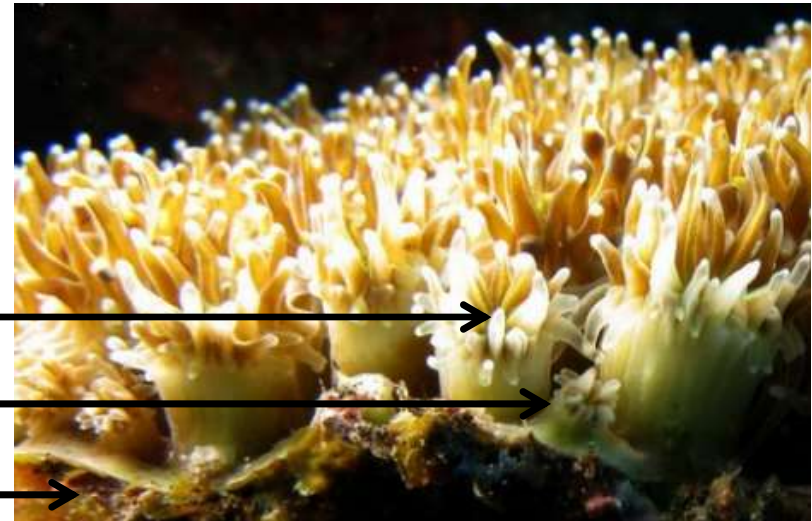
Bourgeoisement = gemmiparité :

formation de bourgeons sur un individu parental conservé

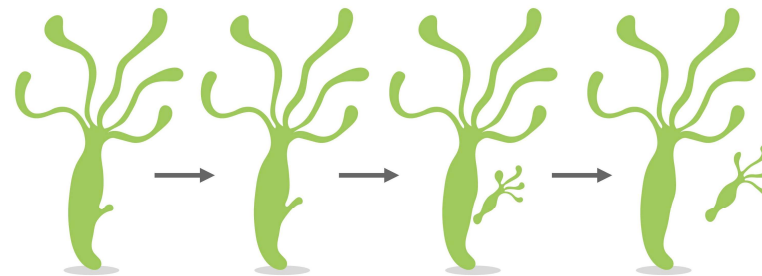
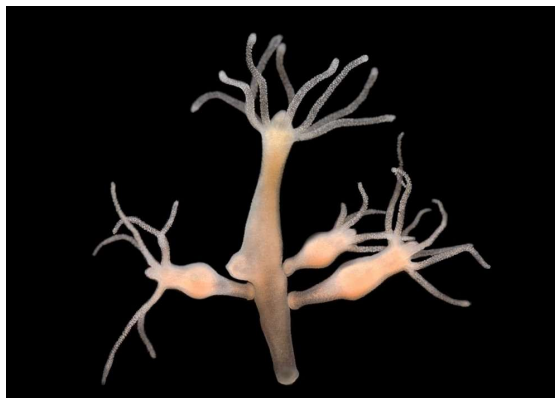
- ✓ avec séparation
Ex : hydre

- ✓ sans séparation
Ex : corail (colonie de polypes)

Bourgeoisement dans une colonie de polypes : le corail s'étend sur le substrat (MNHN)



Bourgeoisement d'une hydre



II- L'APPAREIL REPRODUCTEUR PERMET UNE REPRODUCTION EN MILIEU AERIEN



Introduction: reproduction asexuée

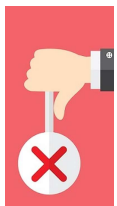


3. Avantages / inconvénients

- La reproduction asexuée présente certains avantages mais aussi des inconvénients majeurs :



- ✓ **simple et rapide** : simple mitose (\neq méiose + fécondation), pas besoin d'un partenaire
- ✓ **Non aléatoire**
- ✓ **Peu coûteuse**
 - Expansion rapide et massive d'un clone (= ensemble d'individus génétiquement identiques)



- ✓ **Peu de variabilité génétique** (uniquement par les mutations, rares et aléatoires)
 - Fragilité face aux variations environnementales
 - Ex : modification du biotope, maladie émergente, nouveau parasite...

→ La reproduction asexuée est efficace, mais dans un environnement stable et favorable et/ou pour une grande population à multiplication rapide (favorisant l'apparition de mutations).

II- L'APPAREIL REPRODUCTEUR PERMET UNE REPRODUCTION EN MILIEU AERIEN



Introduction: reproduction sexuée

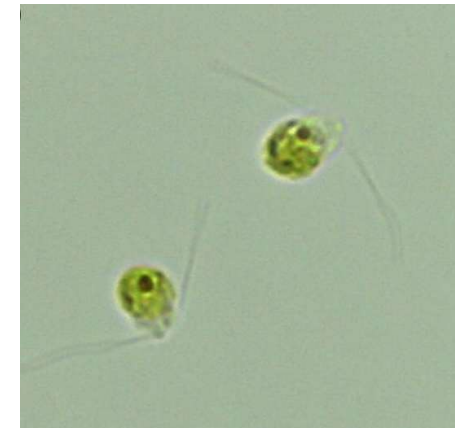
I. Définitions

Reproduction sexuée : (n.f.) chez les Eucaryotes, formation d'un nouvel être vivant suite à la fusion de 2 cellules reproductrices.

- Cellules reproductrices = **gamètes, haploïdes (N)**
- Les 2 gamètes peuvent être de morphologies...
 - ... semblables (ex : nombreuses algues vertes, champignons)
→ **Isogamie**
 - ✓ On ne distingue pas de gamète mâle/femelle
 - ... différentes (ex : animaux)
 - ✓ **Anisogamie**
 - ✓ On distingue un **gamète femelle** (le plus gros) et un **gamète mâle**

Gamète femelle	Gamète mâle
Ovocyte (animal) ou oosphère (végétal)	Spermatozoïdes (animal) ou pollen (gamétophyte contenant le spz)
Cellule fécondable	Cellule fécondante
Peu mobile	Mobile
Riche en réserves nutritives	Pauvre en réserves nutritives
Produits en faibles qté	Produits en grandes qté

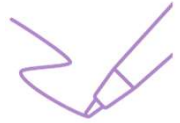
Caractéristiques des gamètes mâle/femelle chez les animaux (et le végétaux)



Gamètes identiques de l'ulve (laitue de mer)

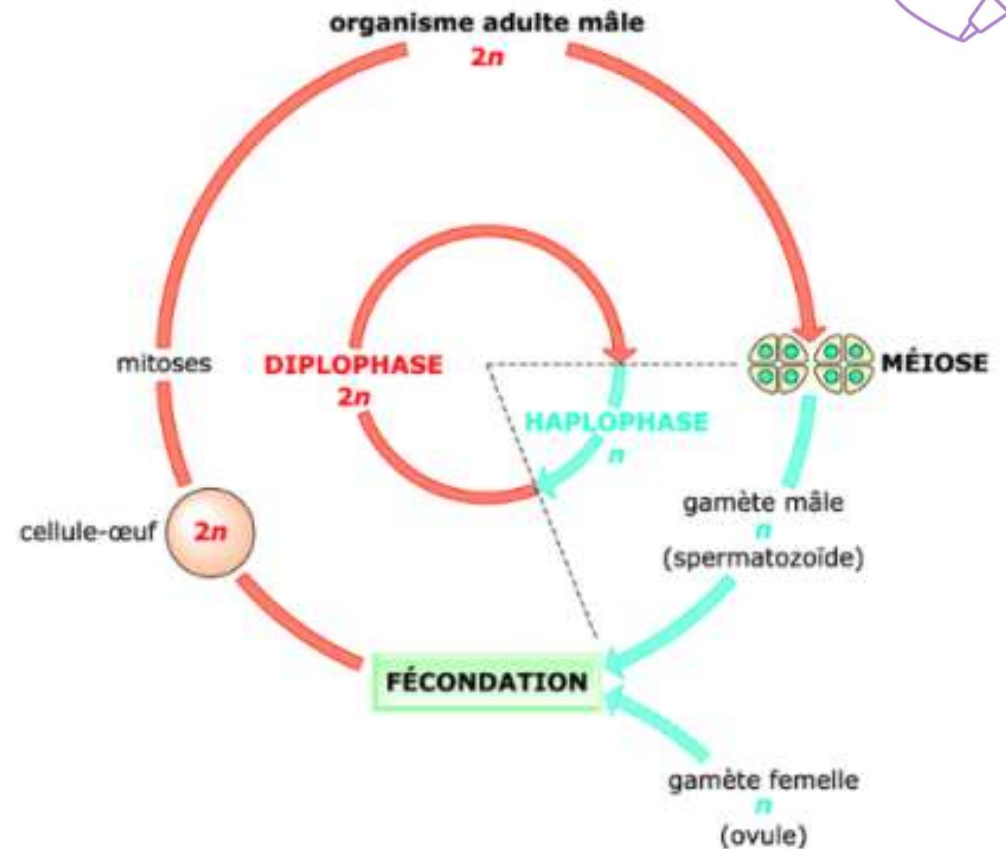
II- L'APPAREIL REPRODUCTEUR PERMET UNE REPRODUCTION EN MILIEU AERIEN

Introduction: reproduction sexuée



- Les **gamètes haploïdes (n)** sont produits lors de la gamétogenèse, par **méiose**.
- Les gamètes fusionnent lors de la **fécondation** pour donner un **zygote diploïde (2n)**
- Méiose et fécondation sont les deux **processus fondamentaux** et **complémentaires** de la **reproduction sexuée**.
- Elles permettent de créer de la **diversité génétique** par brassage intra- et inter-chromosomique.

Cf. SV-F



Cycle de développement d'un mammifère à diplophase dominante

Rem : La diplophase n'est pas toujours dominante
(Ex : Champignon Sordaria)

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

II- L'APPAREIL REPRODUCTEUR PERMET UNE REPRODUCTION EN MILIEU AERIEN

A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARES)

I. Le cycle de développement est diplophasique

- **gonochorisme** (chez les Animaux): deux sexes (mâle et femelle) séparés et portés par des individus différents
- ⇒ femelle = la Vache et mâle = le Taureau
- reproduction **sexuée** ⇒ 2 mécanismes cellulaires complémentaires : **la méiose et la fécondation**.
- **Cycle diphasique** : une **haplophase** (représentée ici par les seuls gamètes) et une diplophase (tout le reste du cycle), soit deux phases à dominante **diplophasique**
- **Cycle monogénétique** : une seule génération. On appelle génération une étape du cycle vital caractérisée par un développement végétatif, c'est-à-dire au moins une mitose.

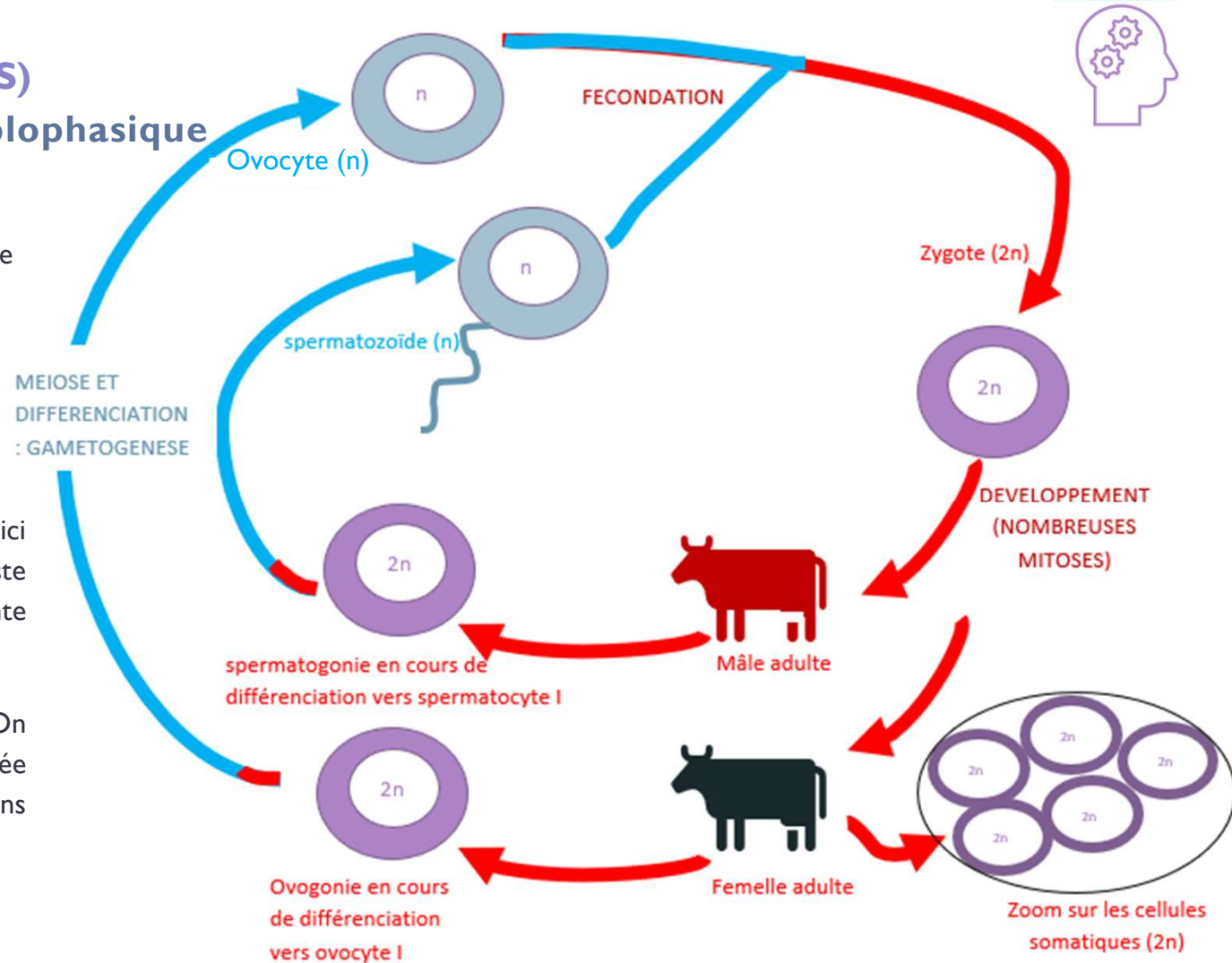


Figure 1 : Cycle de développement de la vache, espèce monogénétique diplophasique (en rouge la diplophase en bleu l'haplophase)

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux géotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARÉS)

2. La méiose précède la fécondation

- En interphase, une cellule **somatique diploïde**
→ $2n$ chromosomes à une chromatide
- Avant la méiose : étape de **réplication** (phase S) = doublement du matériel génétique
 - $2n$ chromosomes à 2 chromatides
- **Etape 1** de méiose : **division réductionnelle**
 - n chromosomes à 2 chromatides
- **Etape 2** de méiose : **division équationnelle**
 - n chromosomes à 1 chromatide

1 cellule diploïde \Rightarrow 4 cellules haploïdes génétiquement uniques

Méiose : n.f. succession de 2 divisions cellulaires qui a lieu dans les cellules diploïdes de la lignée germinale formant les gamètes haploïdes, non identiques génétiquement.

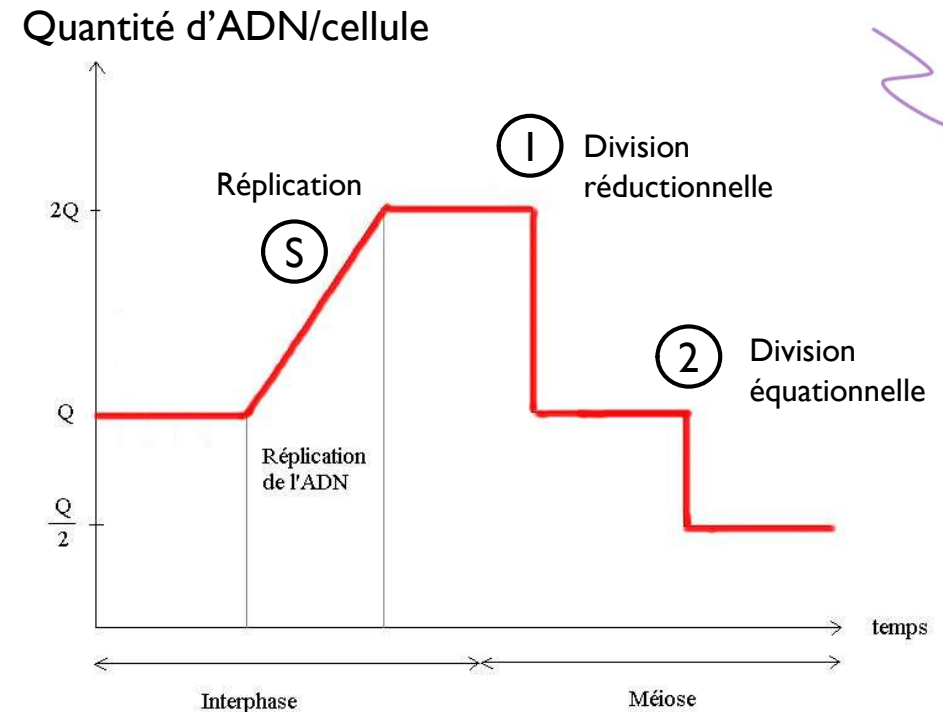


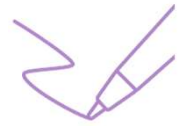
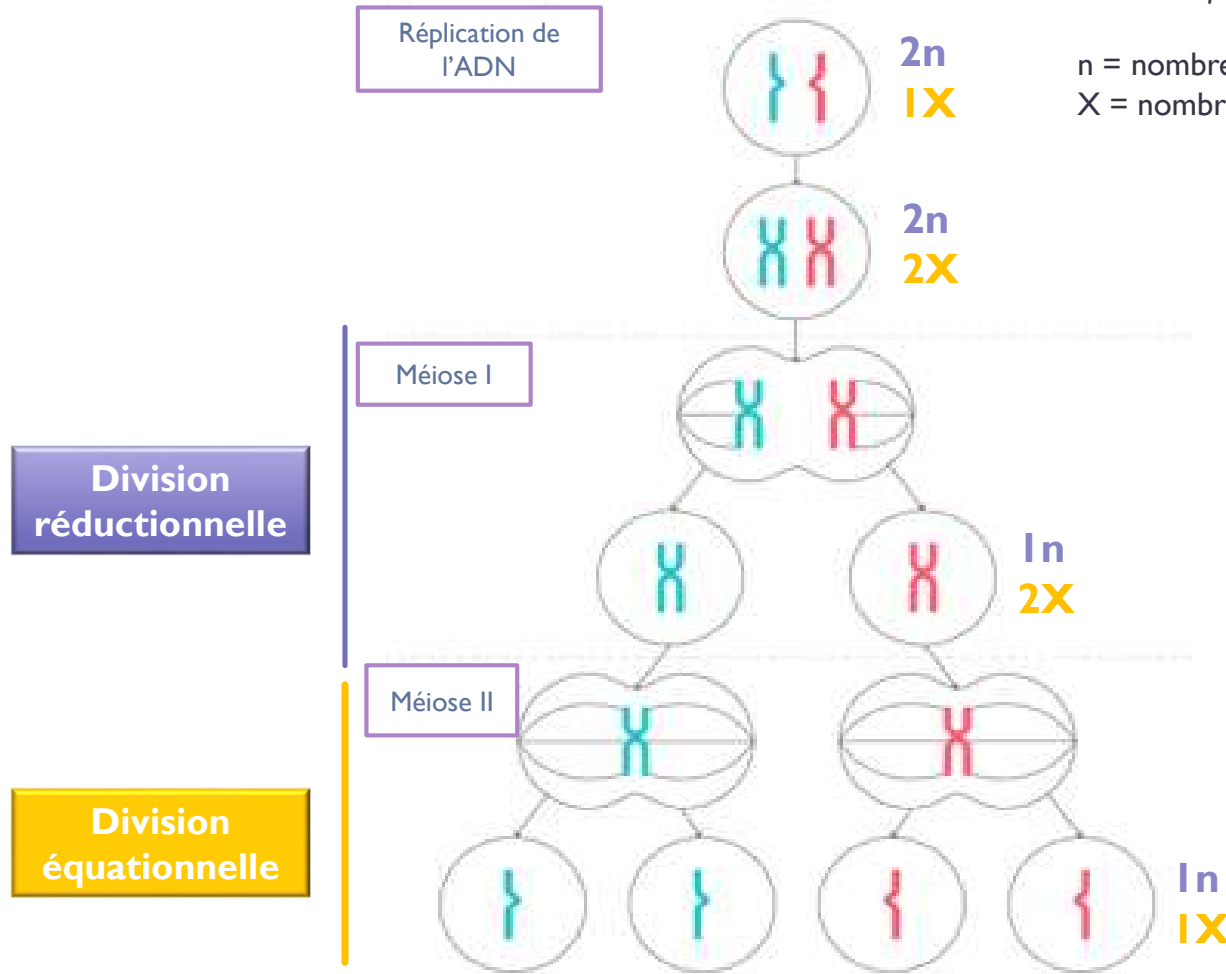
Figure 2 : Graphique de l'évolution de la quantité d'ADN durant la méiose

A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARES)

2. La méiose précède la fécondation

Aspect quantitatif de la méiose

n = nombre de chromosomes par cellule
 X = nombre de chromatides par chromosome



A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARÉS)

2. La méiose précède la fécondation

La 1^{ère} division de la méiose est réductionnelle



Vous devez être capables d'écrire les formules chromosomiques de chaque cellule

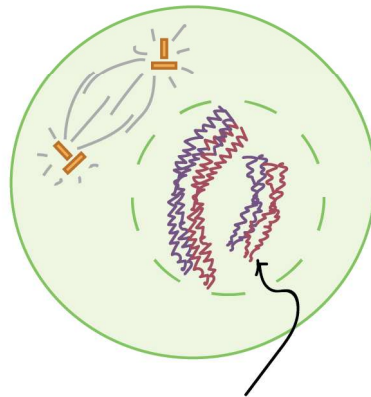


Cf SV-F Moodle test de validation des acquis sur la méiose

PHASES DE LA MEIOSE I

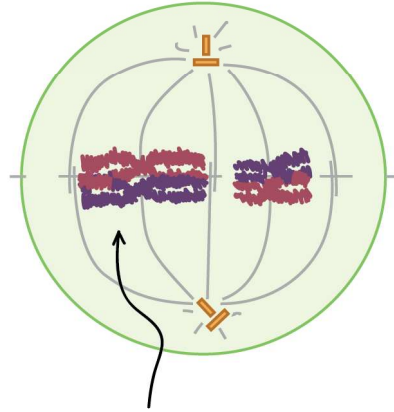
Prophase I

La cellule de départ est diploïde (2n)



Les chromosomes homologues s'apparient et échangent des fragments (le crossing over ou enjambement)

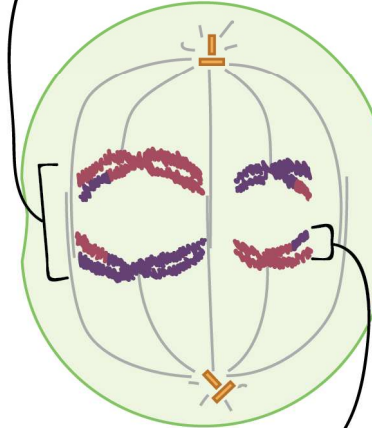
Métaphase I



Les paires homologues s'alignent sur la plaque métaphasique

Anaphase I

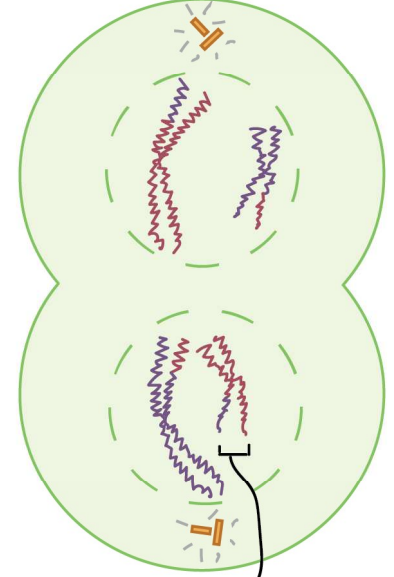
Les homologues se séparent vers les deux extrémités de la cellule



Les chromatides sœurs restent ensemble

Télophase I

Les cellules nouvellement formées sont haploïdes (n)



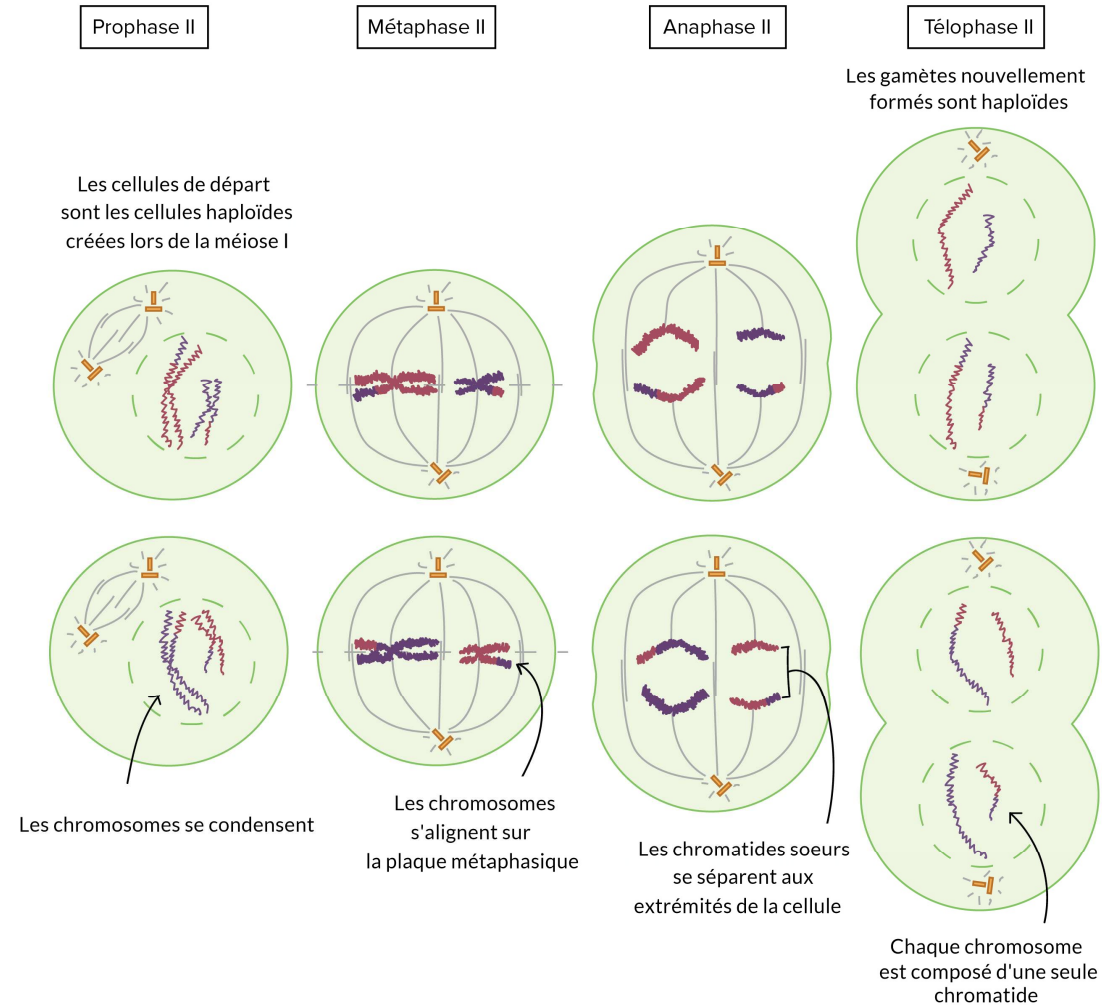
Chaque chromosome a deux chromatides sœurs (non identiques)

A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARÉS)

2. La méiose précède la fécondation

La 2^{ème} division de la méiose est équationnelle

PHASES DE LA MEIOSE II



PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

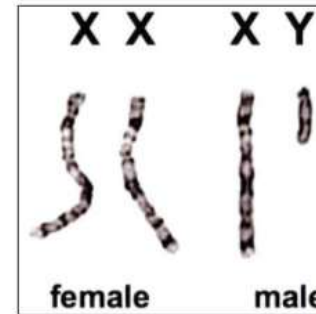
1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARES)

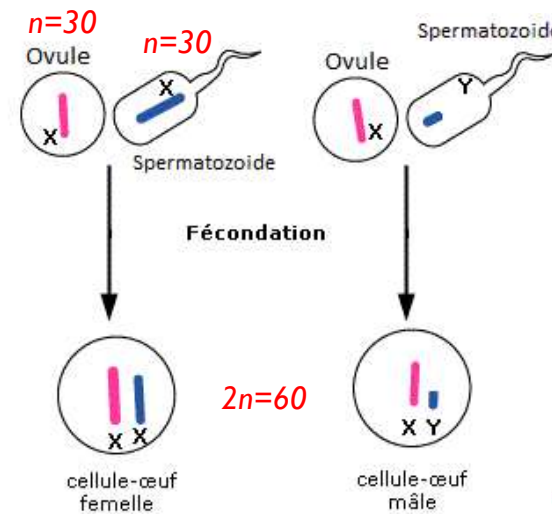


3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

- cellules reproductrices = **gamètes, haploïdes (n)**.
 - ✓ Ex : $n=23$ chez *Homo sapiens* ; **$n=30$** chez ***Bos taurus*** ; $n=39$ chez *Canis lupus familiaris*, $n=19$ chez *Felis catus*
- Isogamie : 2 gamètes de morphologies semblables (ex : nombreuses algues vertes, champignons)
 - ✓ On ne distingue pas de gamète mâle/femelle (macroscopiquement et microscopiquement)
- Anisogamie** : distinction entre gamète femelle (le plus gros) et gamète mâle
 - Etude de la complémentarité de deux gamètes chez les Mammifères (motilité, ressources énergétiques, génomes).



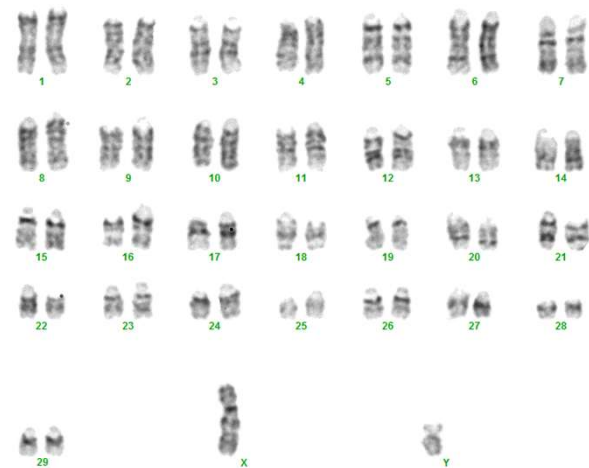
Gonosomes = Chromosomes sexuels
(Paire n°30) XY chez le mâle, XX chez la femelle



la fécondation rétablit le caryotype $2n=60$ de *Bos taurus*



Un caryotype de Génoise

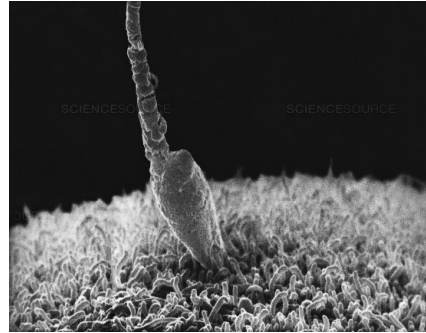


Un caryotype de Taureau

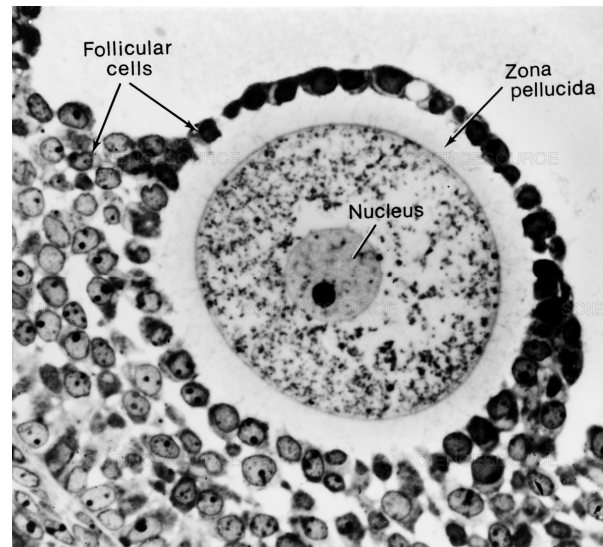
A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARES)

3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

- **Ovocyte** dans ovaire: gamète femelle, **bloqué en prophase I** jusqu'à l'ovulation
- Entouré de **cellules folliculaires différenciées** en cellules de la granulosa et cellules de la thèque
- Accumulation de réserves sous forme de **vitellogénine** (lipoprotéine), stock d'ARNm (chez la vache œuf **alécithe** = très pauvre en vitellus → cf mise en place du placenta)
- Nombreuses mitochondries
- Grosse cellule (30 à 130 µm en fin de maturation /follicule mûr de vache = 25 mm)



Passage de la membrane vitelline
David M. Phillips / The Population Council / Science Source



Ovocyte I observé au MET

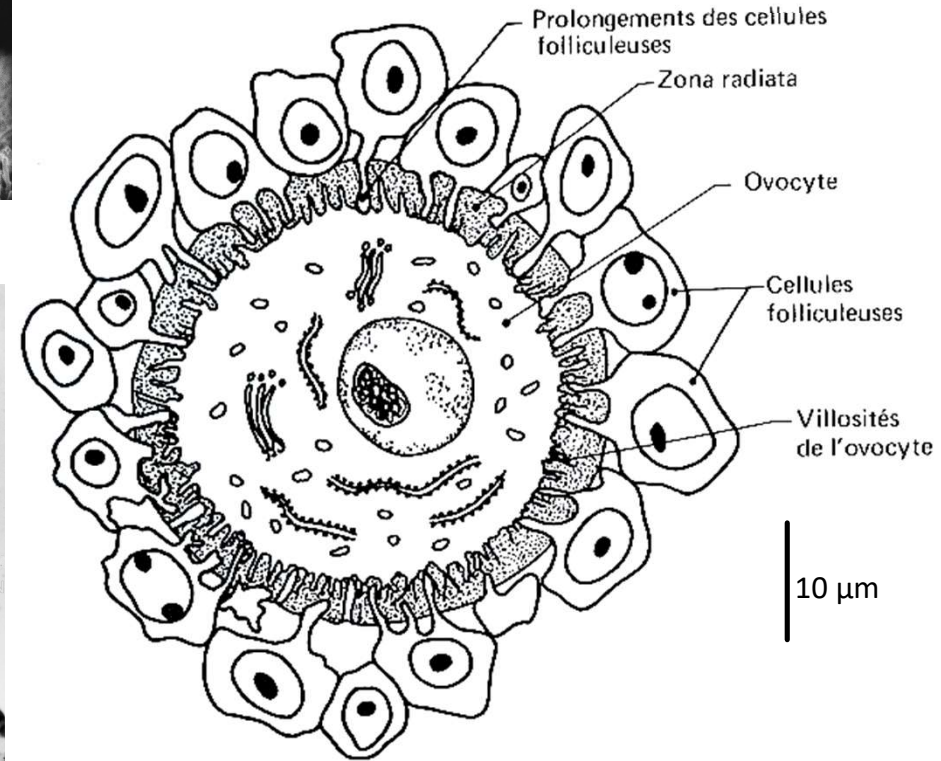


Figure 7: Schéma simplifié de l'ovocyte I
(Don W. Fawcett / Science Source Franquinet, 1998))

A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPRES)

3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

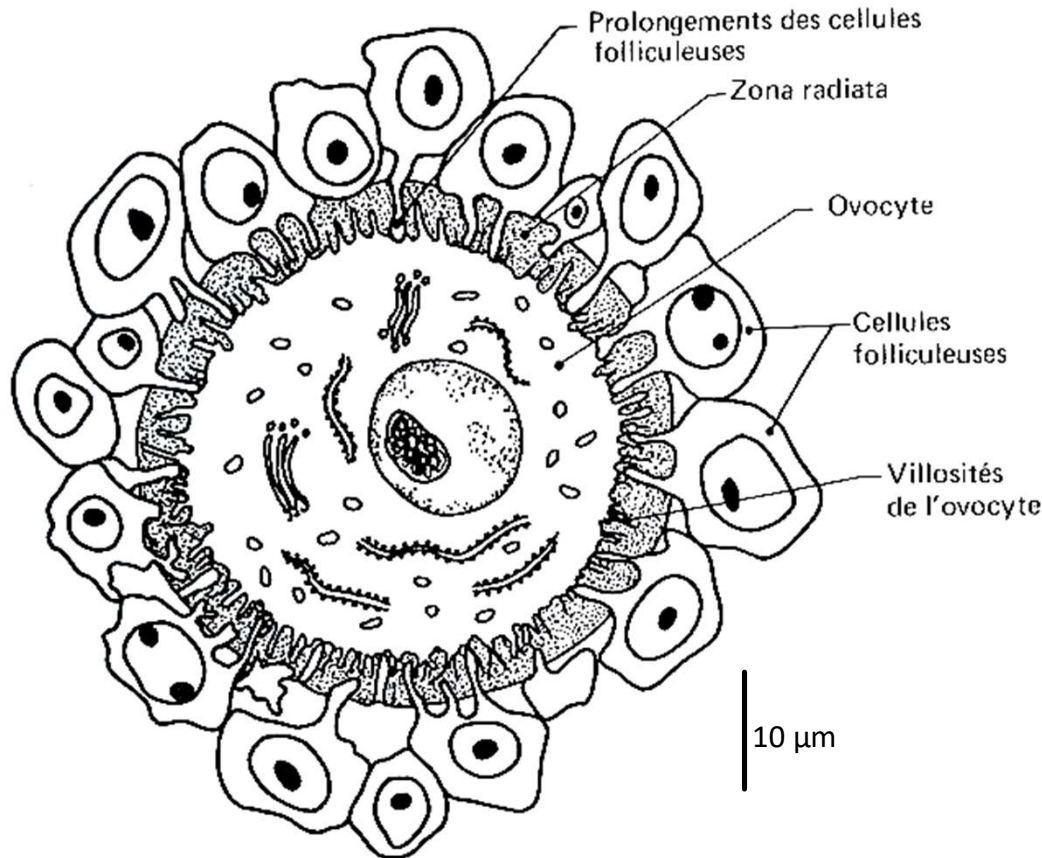


Schéma simplifié de l'ovocyte I (bloqué en PI)
(Don W. Fawcett / Science Source Franquinet, 1998))

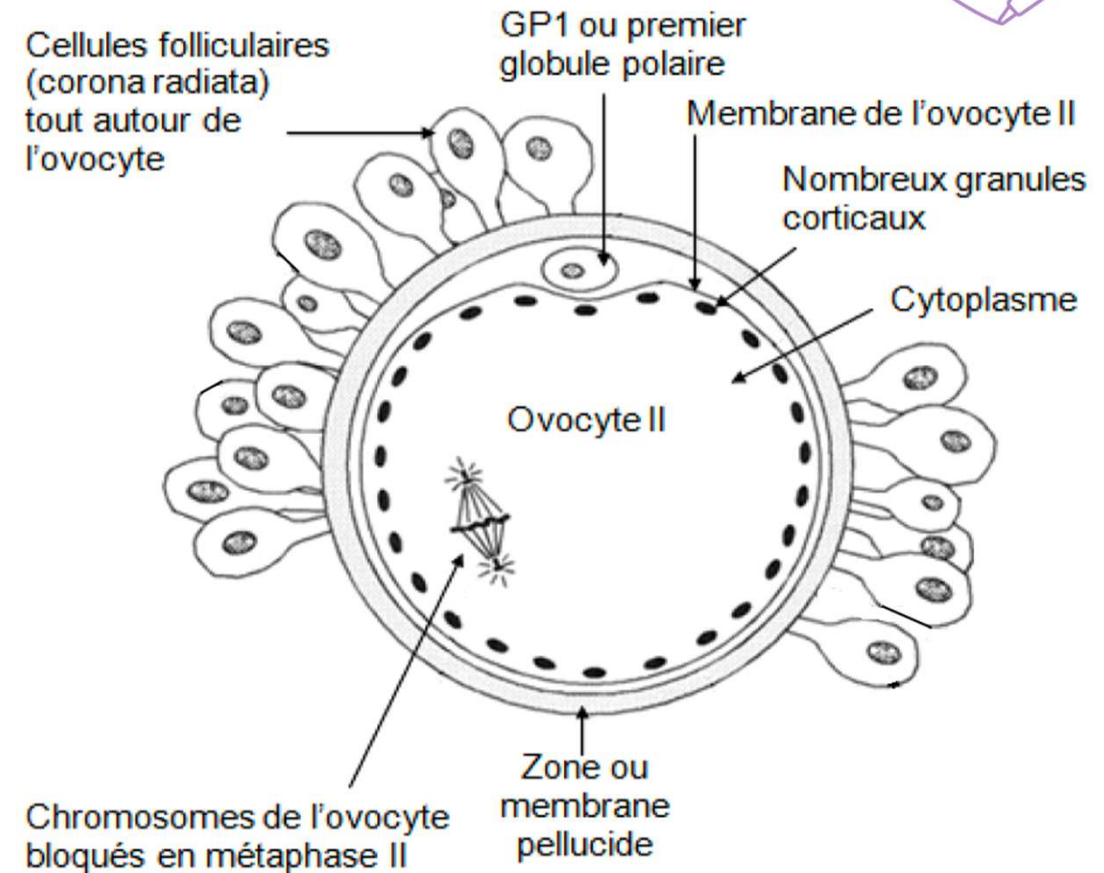


Schéma simplifié de l'ovocyte II après ovulation (bloqué en MII)
(source: Georges Dolisi)

A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARÉS)

3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

- **Ovocyte** : gamète femelle, bloqué en prophase I jusqu'à l'ovulation
- Cellule non **motile mais mobile**
- Cellule de grande taille 30 à 130 µm en fin de maturation / follicule mûr de vache = 25 mm)
- Accumulation de réserves sous forme de **vitellogénine** (lipoprotéine), stock d'ARNm (chez la vache œuf **alécithe** = très pauvre en vitellus => mise en place du placenta)
- Nombreuses mitochondries
- Mettre en évidence une **complémentarité des gamètes mâles et femelles dans le cas d'une anisogamie**

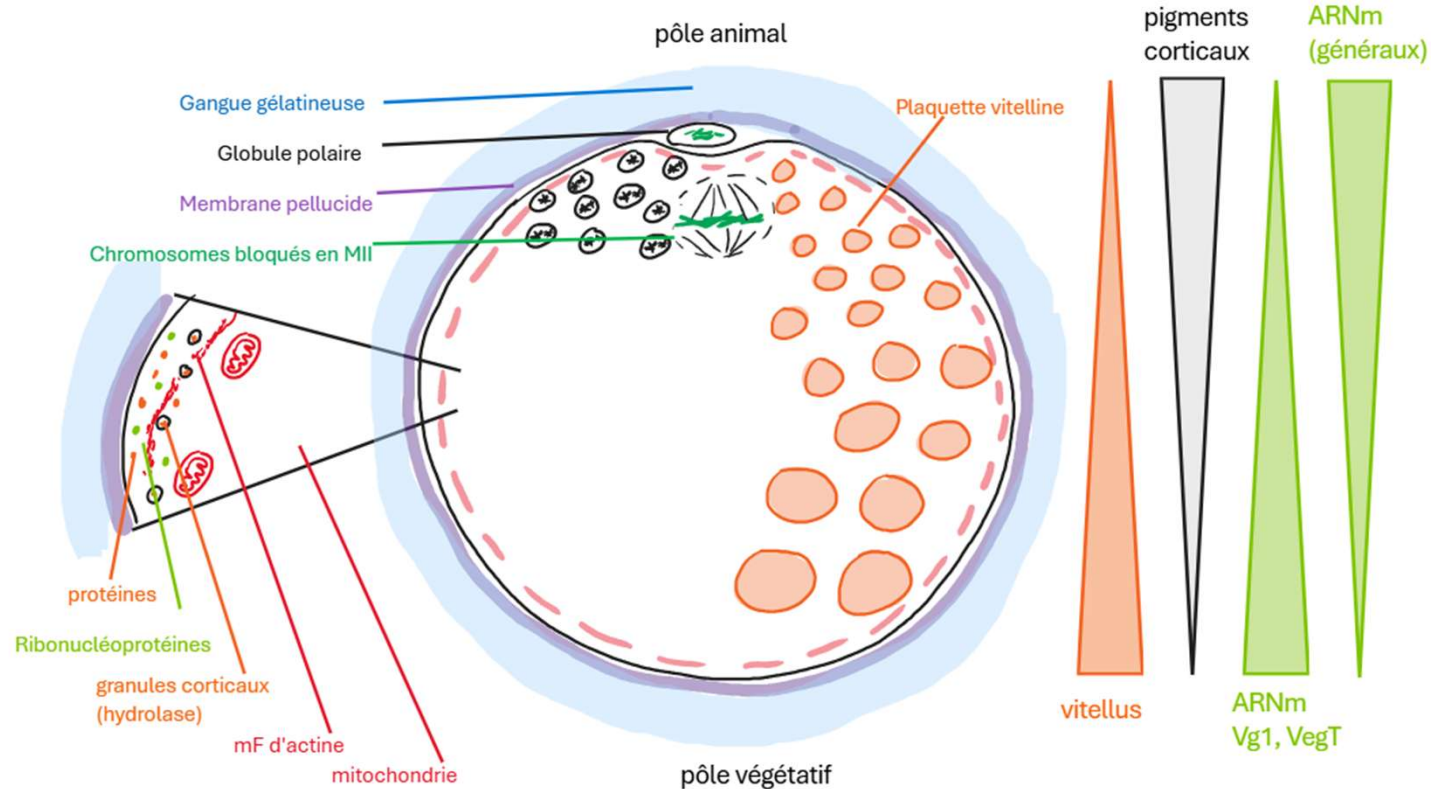


Figure 8: schéma d'un ovocyte de Xénope (cf BCPST2) (S. Dalaine)

A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARES)

3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

- Spermatozoïde en 4 parties :

1. Tête avec...

- un acrosome → rôle dans l'entrée dans l'ovule
- le noyau → transmission de l'info° génétique

2. Pièce intermédiaire : riche en mitochondries

- rôle énergétique

3. Flagelle : contient un axonème = 9 doublets de microtubules (et 2 centraux), mouvement relatif par des « bras » de dynéine

- ondulation, déplacement

Spermatozoïde = cellule spécialisée dans la fonction de reproduction et cellule motile

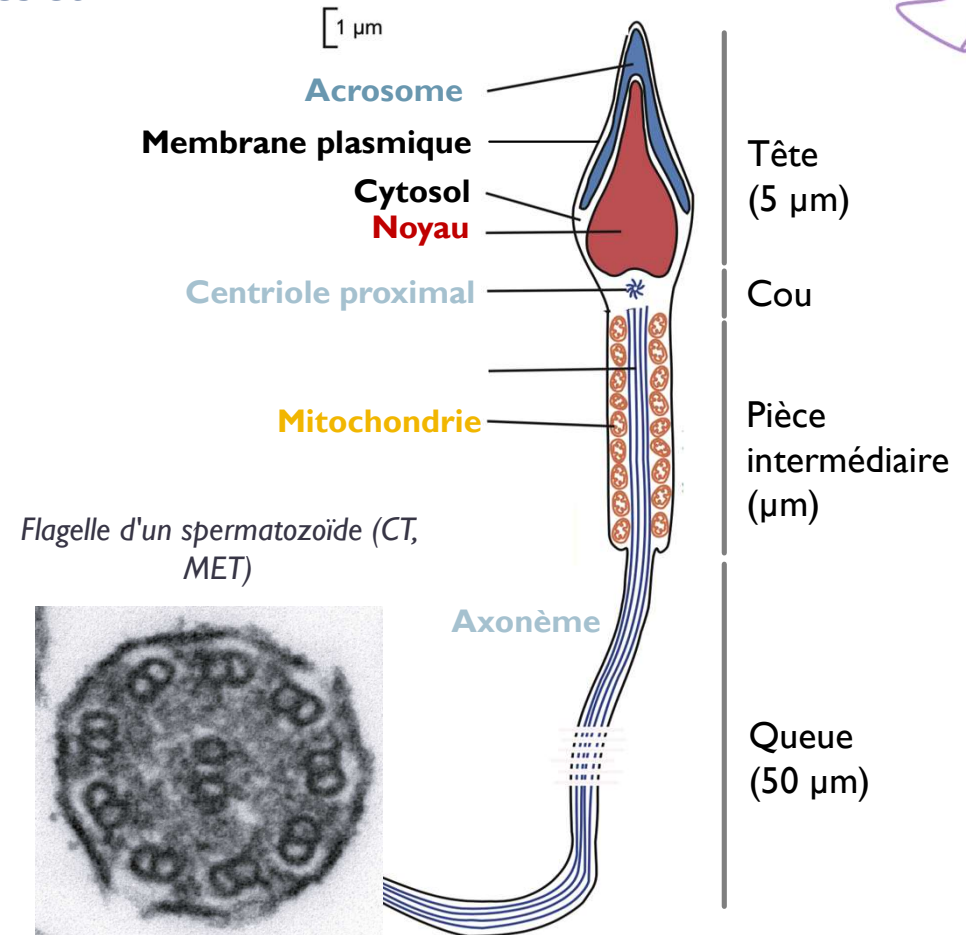
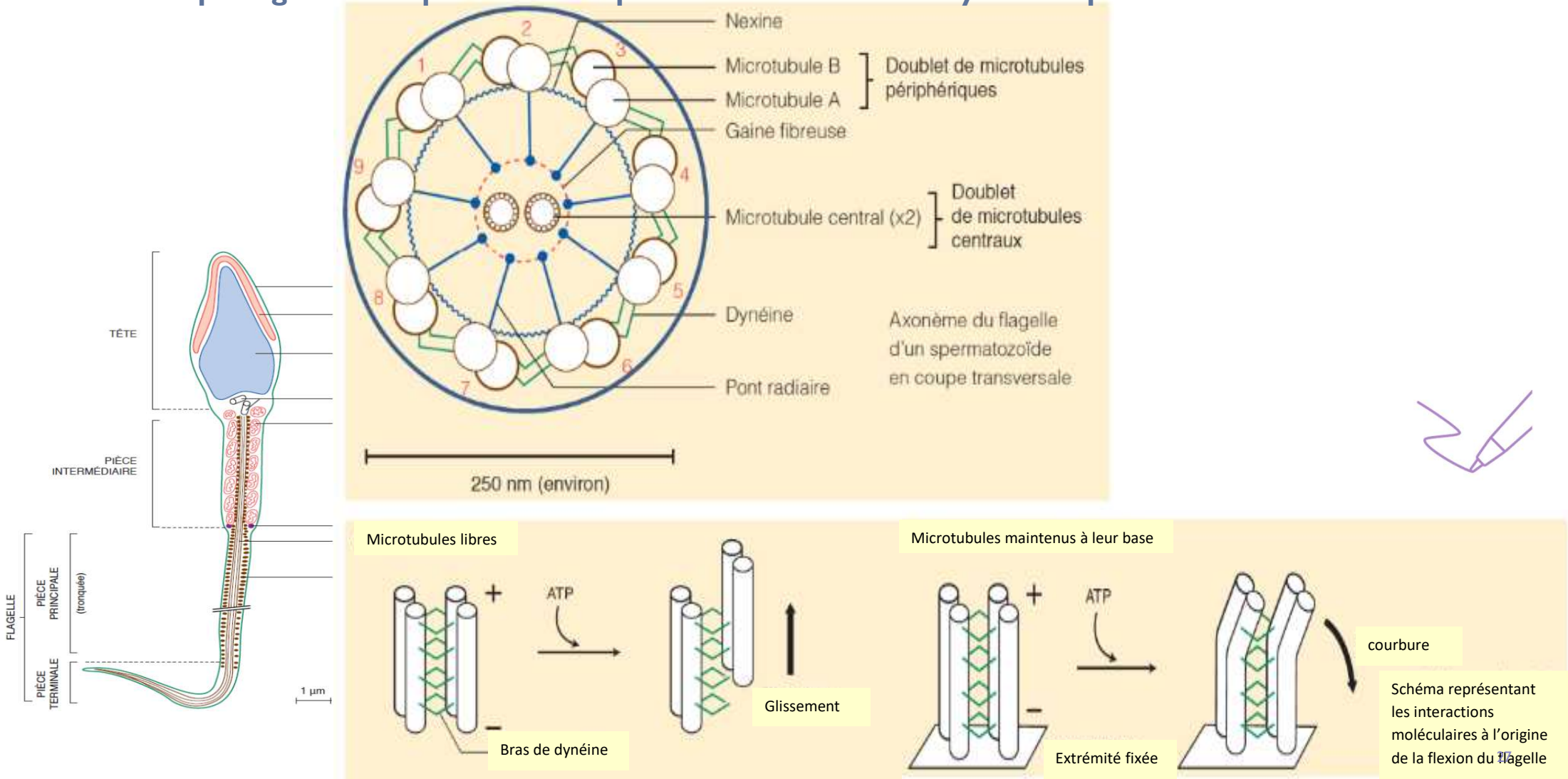
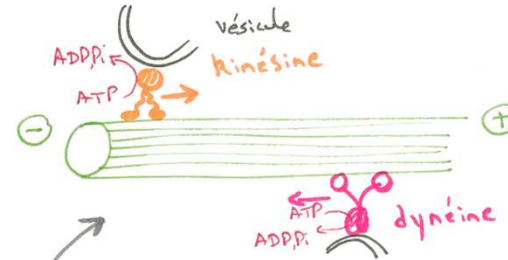
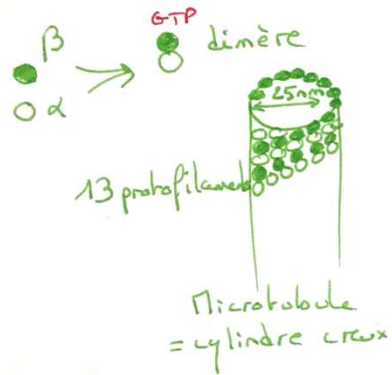


Schéma d'un spermatozoïde de mammifère (Franquinet, 1998)

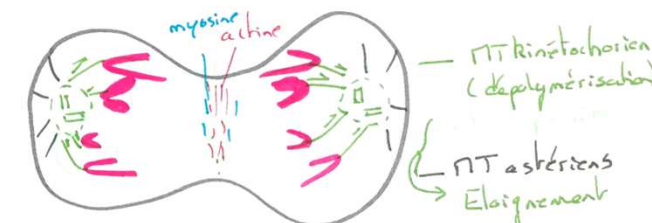
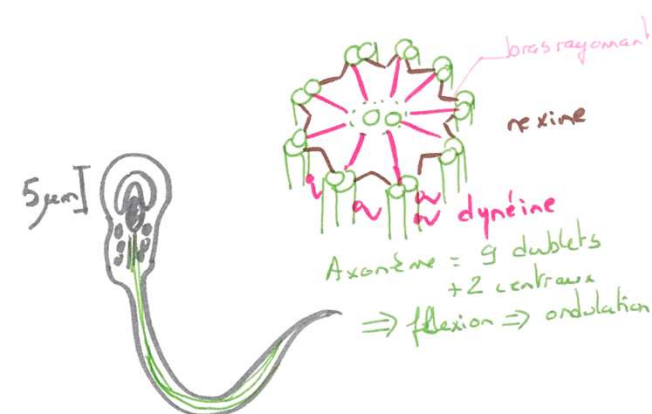
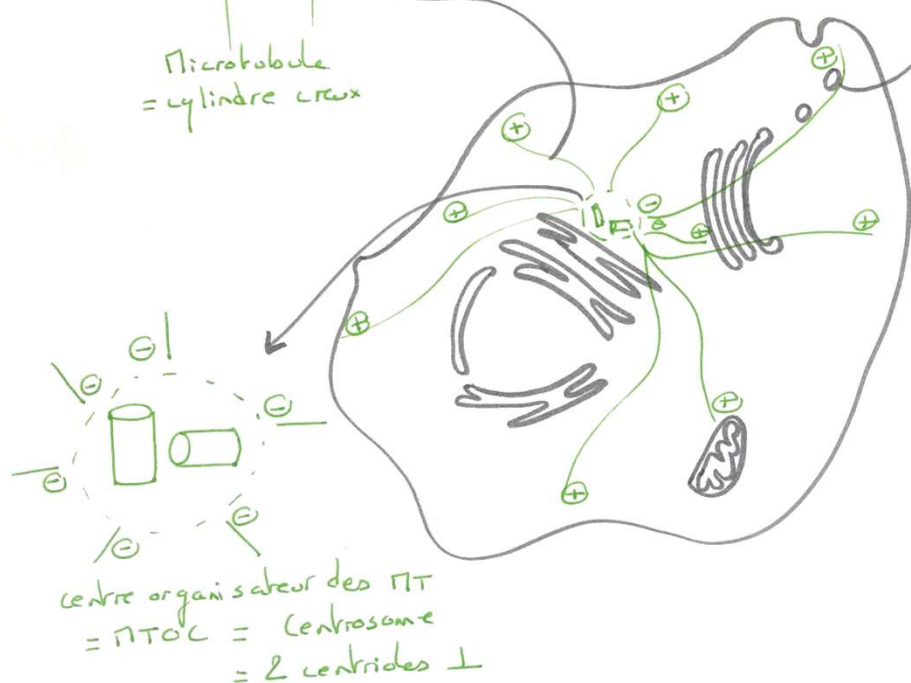
A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPRES)

3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires





Cf SV-C-2 slide 104



Microtubules et dynamique des chromosomes lors des divisions cellulaires

A. LA VACHE EST UNE ESPECE GONOCHORIQUE (=SEXES SEPARÉS)

3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires



Gamètes :	Gamète femelle	Gamète mâle
Nom	Ovocyte (n.m.)	Spermatozoïde (n.m.)
fécondabilité	Oui après ovulation dans 1 ^{er} 1/3 des trompes	Non, mais cellule fécondante
motilité	Non, mais cellule mobile (cils vibratiles tapissant l'oviducte)	oui, via la flexion des μT fixés de son axonème liés par des bras de dynéine
Réserves énergétiques	Oui, mais toutefois limitées (alécithe)	Non, mais nombreuses mitochondries \Rightarrow NRJ
Quantité produite	1 ovocyte ovulé par cycle (tous les 21 J Vache) Synthèse cyclique	1 milliard/mL d'éjaculat (éjaculat 10 mL) Synthèse continue

Fonction de l'âge, la race de taureau, du rythme des prélèvements

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés



I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

- Position ventrale, segment **pelvien**
- Deux **gonades = testicules à double fonction** :
 - **Exocrine**: production de spermatozoïdes
 - **Endocrine**: sécrétion de testostérone dans le sang
- Des **voies génitales** : épидидymes, conduits déférents et urètre
 - **Maturation, stockage (épididyme) puis transport**
- Un organe copulatoire : le **pénis**
- Des **glandes annexes** : vésicules séminales, prostate et glandes bulbo-urétrales (de Cowper)
 - sécrétion des composants du liquide séminal.

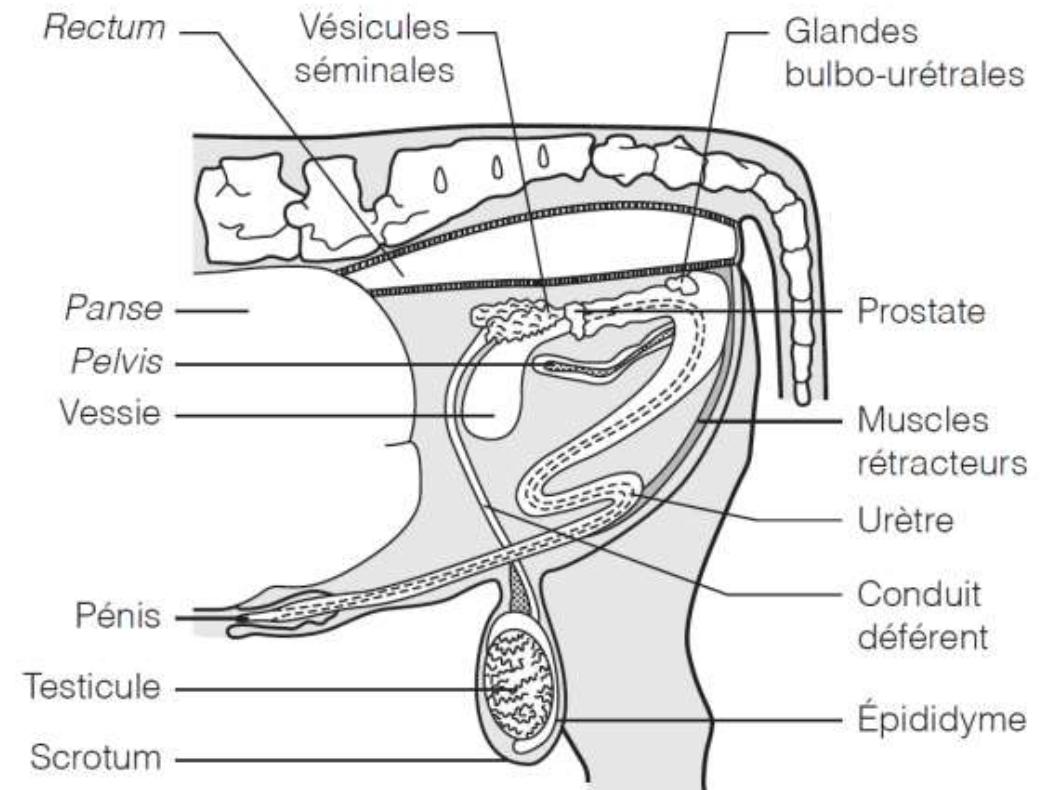
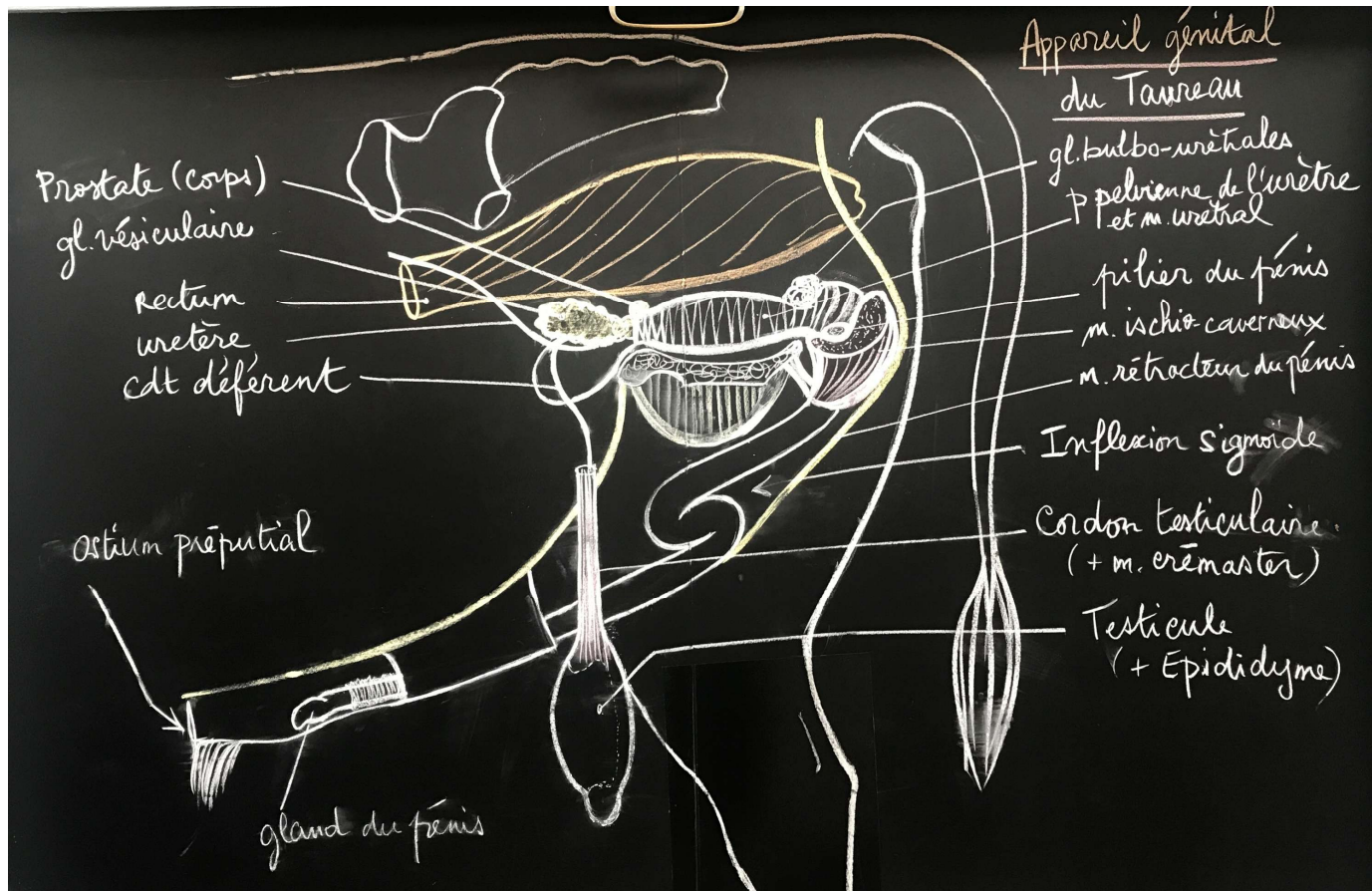


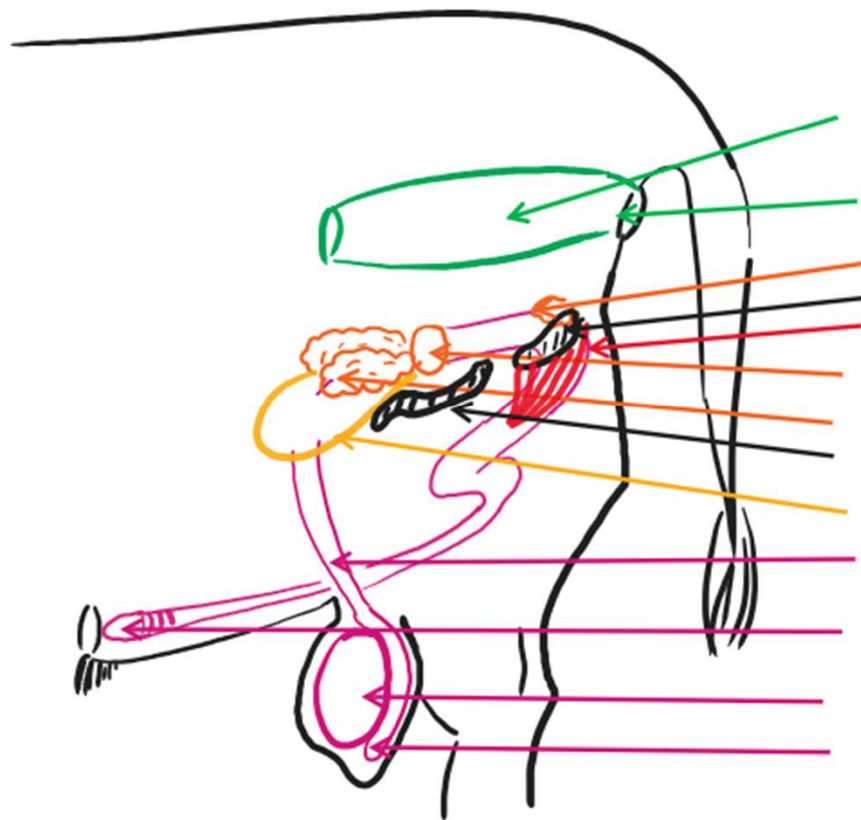
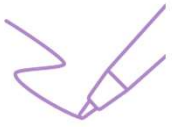
Figure 11 : appareil reproducteur de Taureau (en italique, organes n'appartenant pas à l'appareil reproducteur). D'après Segarra et al. 2014



D'après Professeur Henry Château, amphithéâtre Fragonard, ENVA

antérieur

postérieur



rectum

anus

glandes de Cowper (préputiales) -> liquide lubrifiant pré-éjaculatoire

ischion (partie postérieure du coccyx)

muscle ischio-caverneux -> érection du pénis

prostate -> production du sperme (liquide alcalin neutralisant l'acidité vaginale)

vésicules séminales -> production du sperme + stockage des spz entre deux éjaculations

plancher pelvien (partie ventrale du coccyx) -> soutien viscères et appareil reproducteur et excréteur

vessie -> stockage de l'urine

conduit déférent (spermiducte) -> conduit les spermatozoïdes et le sperme

gland du pénis (réduit chez le taureau)

testicule -> production continue de spermatozoïdes et de testostérone

épididyme -> stockage et maturation des spermatozoïdes

Appareil génital du Taureau en vu sagittale gauche

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

- Spermatozoïdes déversés dans la **lumière** des tubes séminifères qui débouchent sur **l'épididyme**
- Epididyme :
 - Tête → maturation (motilité)
 - Corps et queue → fin de maturation et stockage
- Epididyme finalise la **maturation** des spermatozoïdes

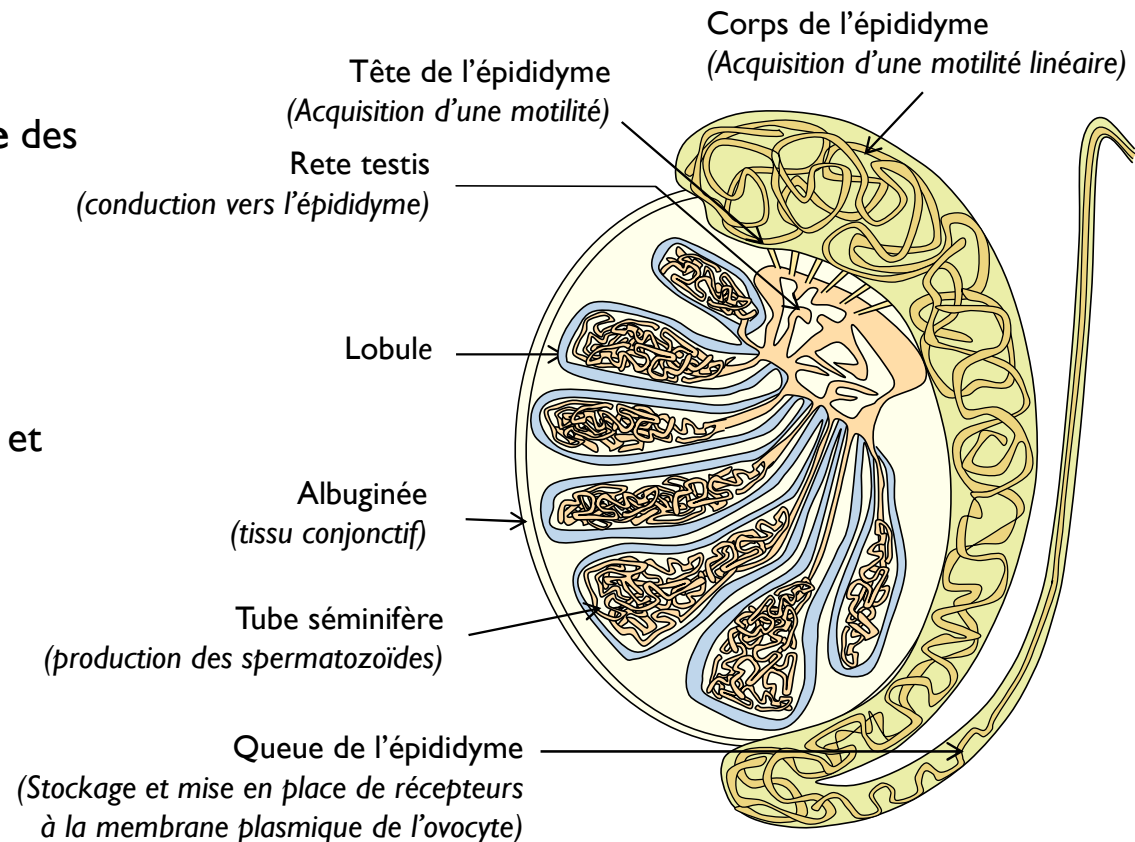


Figure 12 : coupe sagittale d'un testicule

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

- Testicules : **tubes séminifères** → **spermatogénèse**
- Dans **scrotum**, à l'extérieur de l'abdomen, → T°C de 4 à 5°C inférieure à celle du corps ⇒ spermatogénèse.
- 14 jours dans l'épididyme ⇒ les spermatozoïdes deviennent mobiles et féconds.
- Testicules : production **continue** de **7,5 milliards de spermatozoïdes par jour** chez le taureau
 - Stockage dans queue de l'épididyme jusqu'à ce que la contraction de l'épididyme les chasse en direction de l'urètre où ils se mélangent au liquide sécrété par les glandes annexes.
- **Sperme** émis lors de l'éjaculation.
 - Chez le taureau, un éjaculat = 3 à 5 mL
 - un éjaculat = 6 milliards de spermatozoïdes.
 - ✓ chez l'homme = 50-100 millions de spz/mL. Donc 20 fois + de spz chez le taureau.

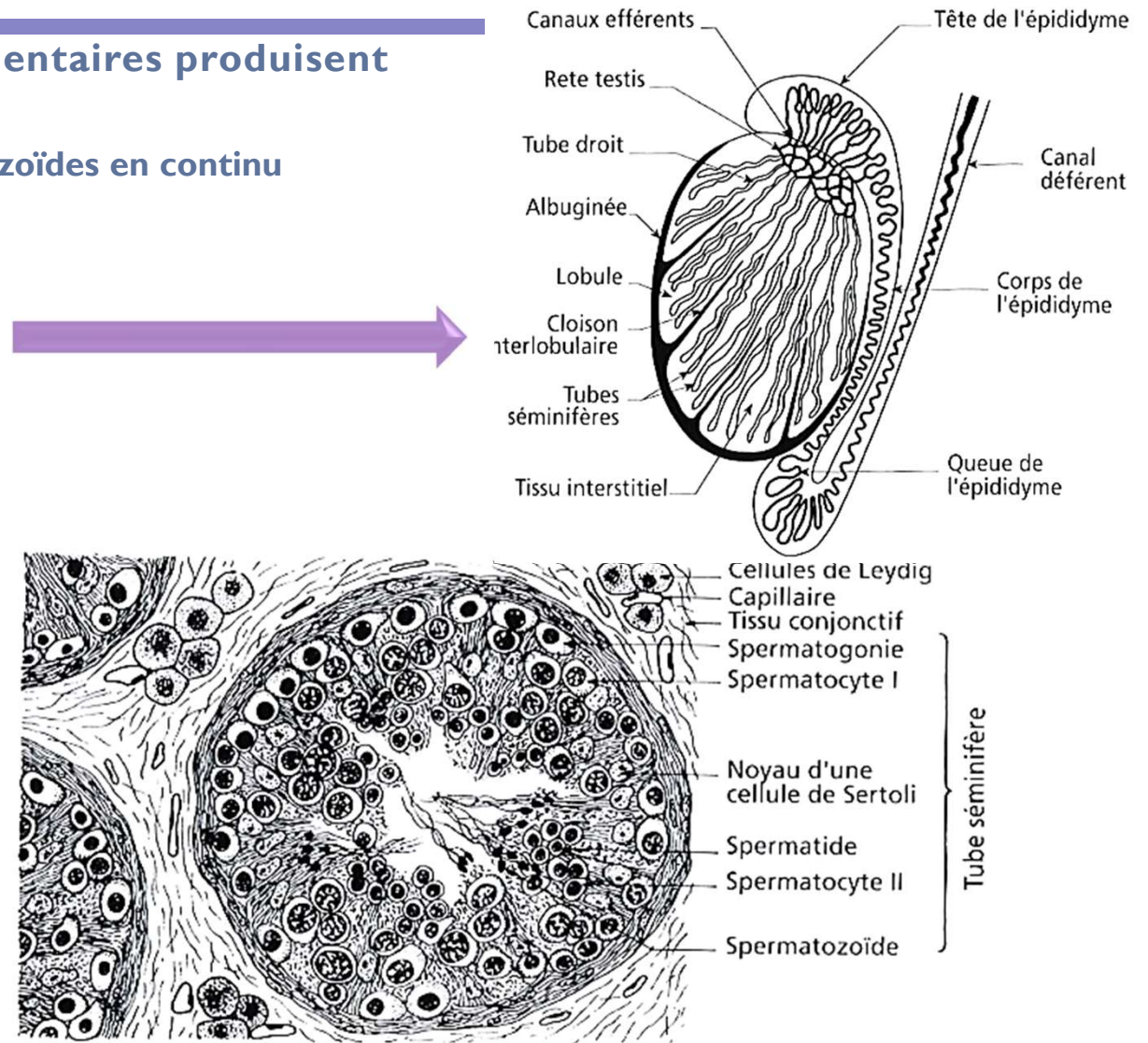


Figure 12 : Schéma d'un testicule avec son épидидyme (Franquinet,1998)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN



I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

Rôle du scrotum dans la thermorégulation des testicules
exemple du taureau (source: Bovine reproductive)

- Capteur de température au niveau du **scrotum**
- Muscle crémaster => rapprochement ou éloignement de la paroi abdominale
- Système vasculaire thermorégulateur: artère sang « chaud » veine sang froid
 - le scrotum via le muscle crémaster permet par contraction-relâchement réflexe de maintenir une T°C testiculaire compatible avec la spermatogenèse

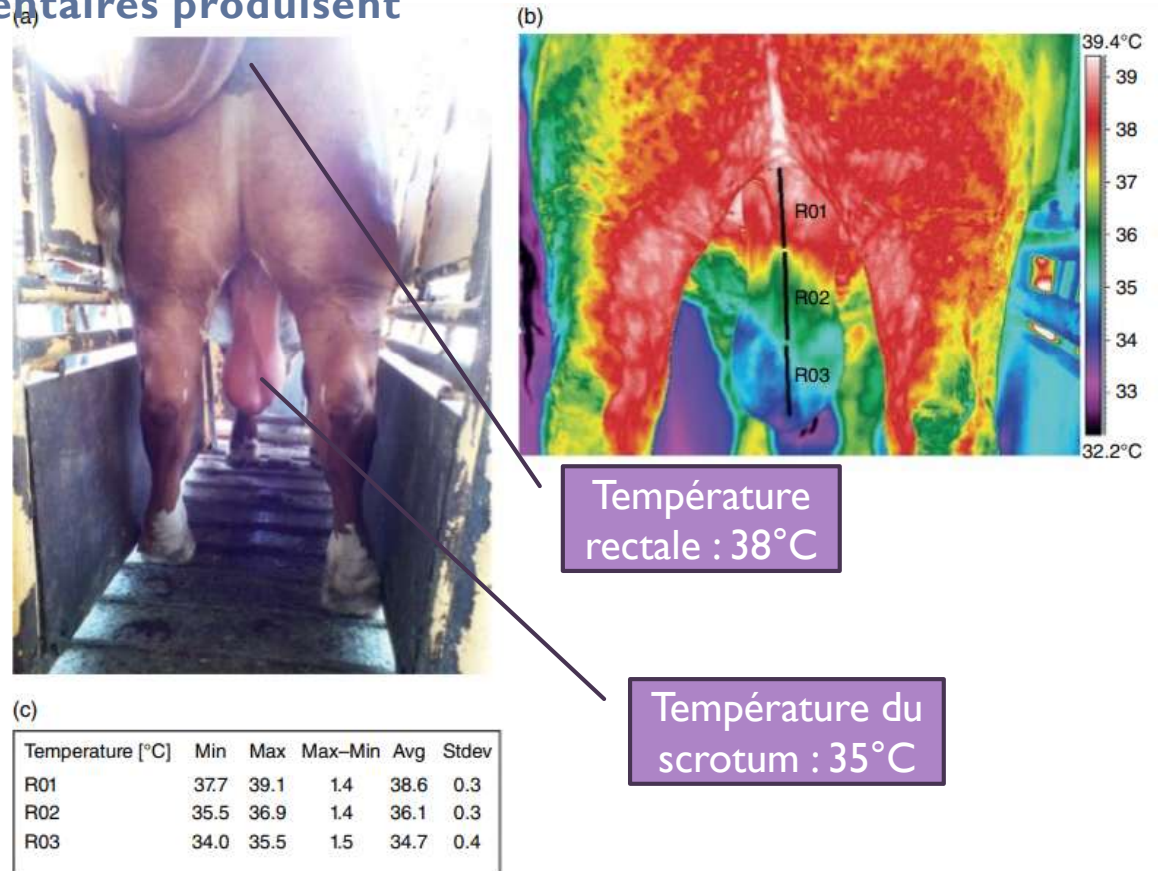


Figure 2.1 Bright-field and thermal images of two-year-old Hereford bull testes. The images were taken using an FLIR SC600 thermography unit (FLIR Systems Sweden, AB) on 25 June 2013 at midday with atmospheric temperature of 29 °C and humidity of 75%. (a) Bright-field image of the testes. (b) Thermal image of the testes as seen in (a), identifying three regions of interest (R01, R02, and R03) as indicated by the vertical bars along which temperature values were obtained by means of the software ThermoCAM Research Pro 2.7. The image is pseudo-colored with temperature scale bar to help visualize the change in temperature gradient from scrotal neck to scrotal tip. (c) Temperature values, minimum (Min), maximum (Max), the difference between Min and Max, average (Avg) temperature for each region of interest (RO), and standard deviation (St dev) which assess the variation of temperature in each region. Note the almost 4 °C change in average temperature from R01 to R03.

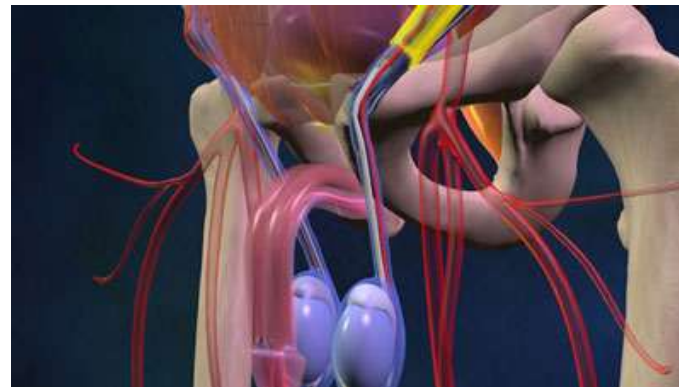
B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu



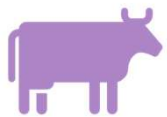
Hernie
inguinale



Une hernie scrotale correspond au passage d'une portion d'anse intestinale par le canal inguinal jusque dans le scrotum. Ce passage anormal est lié à un étirement des fascias musculaires abdominaux.

La hernie fait saillie à travers la paroi abdominale par le canal inguinal qui, habituellement, laisse passer le cordon spermatique

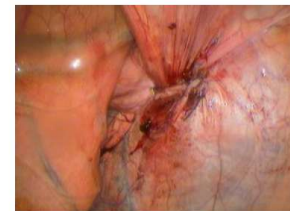
Figure 18.7 Inguinal hernia in a bull. Note characteristic swelling confined to neck of scrotum.



Première intervention chirurgicale



Deuxième intervention chirurgicale



Anneau inguinal après fermeture sous coelioscopie

Des chirurgies techniques pour Scipion, un étalon percheron de 16 ans (actu ENVA)

<https://www.vet-alfort.fr/actualites-de-l-ecole/des-chirurgies-rares-et-techniques-pour-scipion-un-percheron-de-16-ans>

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

- Dans les testicules, la spermatogénèse a lieu au niveau des **tubes séminifères** contenant :
 - Un **épithélium** spécialisé dans la production de spermatozoïde
 - ✓ débouchant sur une lumière
 - ✓ reposant sur une lame basale
 - **Cellules de Sertoli** : grandes cellules assurant soutien et nutrition aux autres cellules de l'épithélium
- Autres tissus testiculaires :
 - tissu **conjonctif** riche en vaisseaux sanguins
 - **cellules de Leydig** spécialisées dans la production de testostérone.

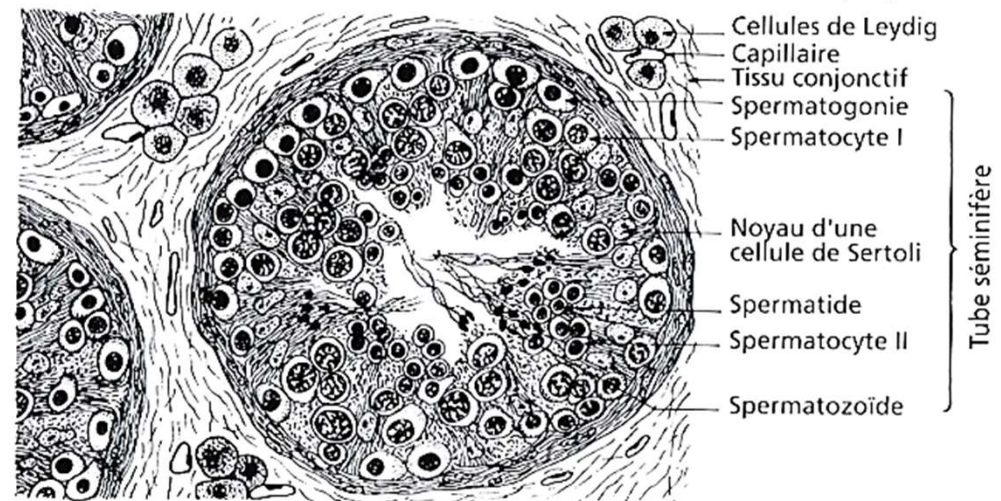
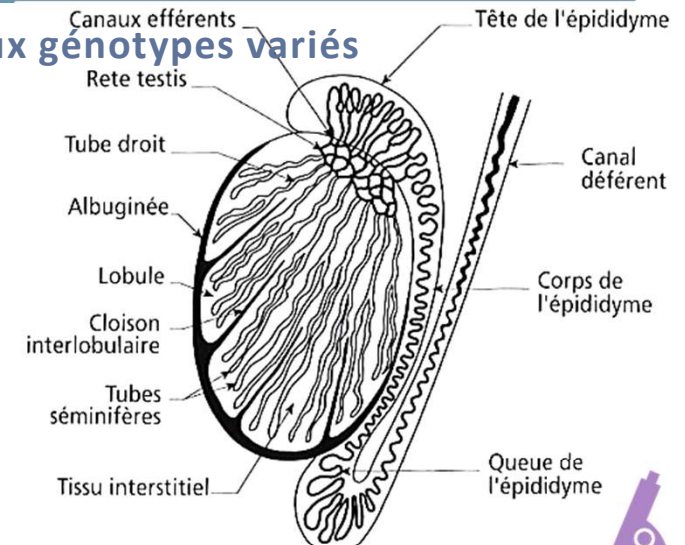


Schéma d'un testicule et d'un tube séminifère d'un homme

(Franquinet, 1998)

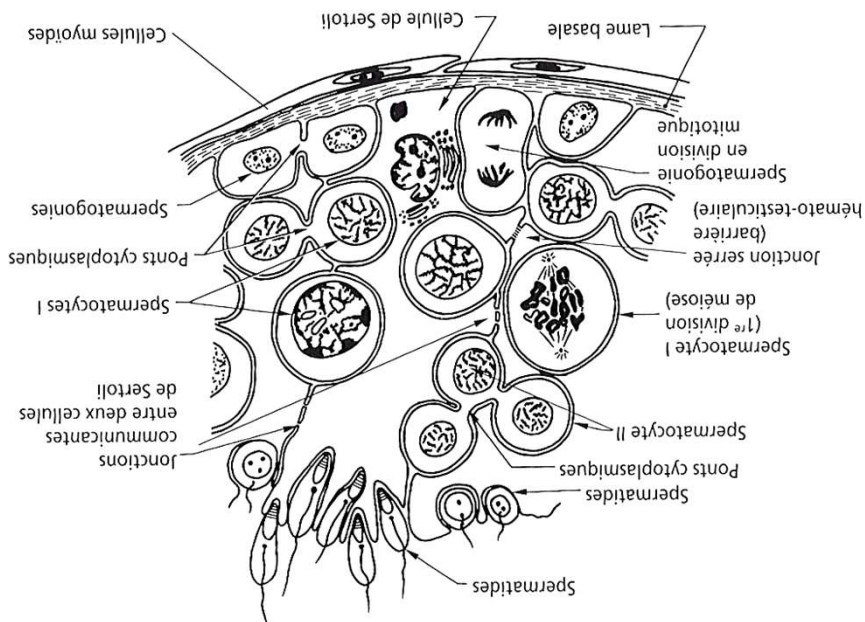


Histology.be

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

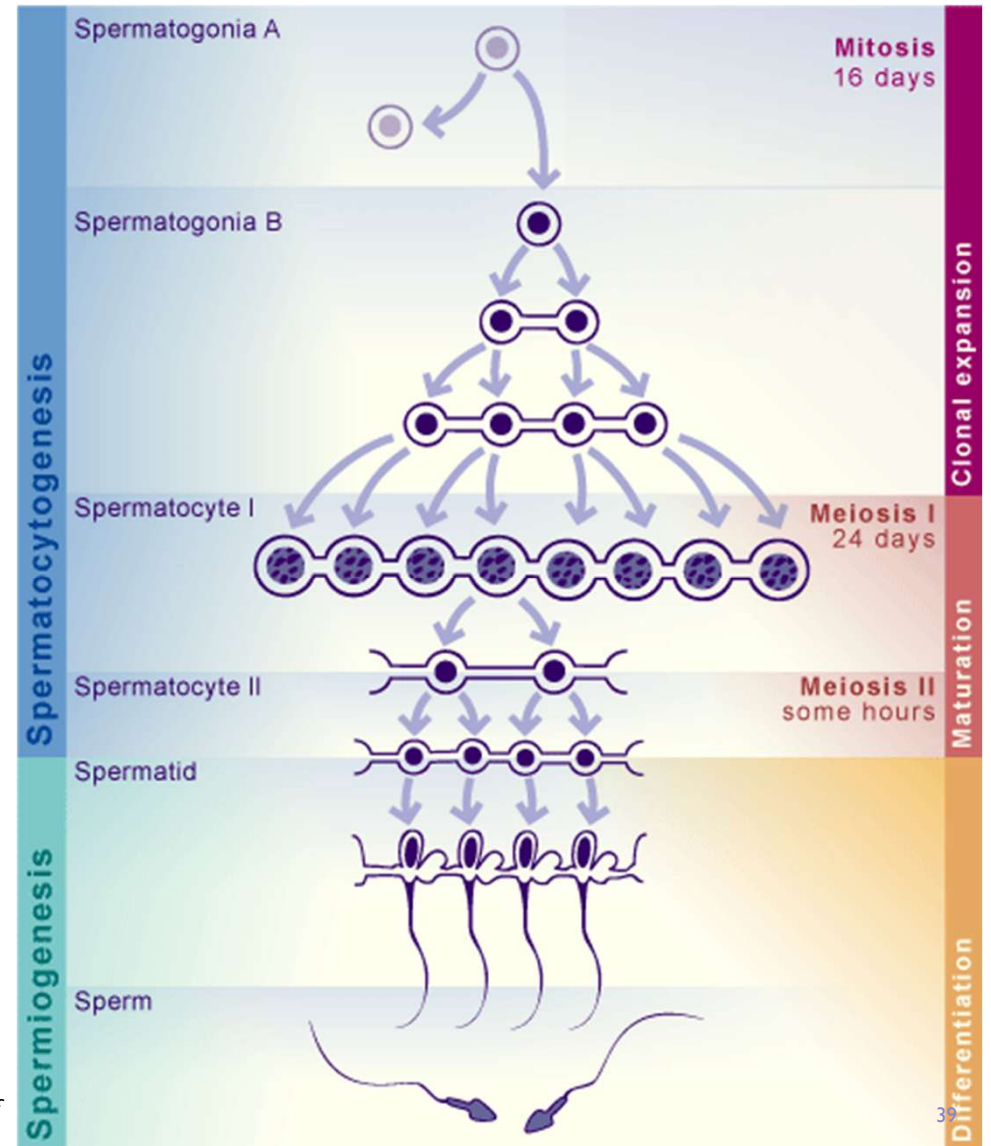
I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu



Spermatogenèse centripète: de la périphérie du tube vers la lumière

http://www.embryology.ch/images/cimggametogen/03spermato/c3e_spermatogenese.gif



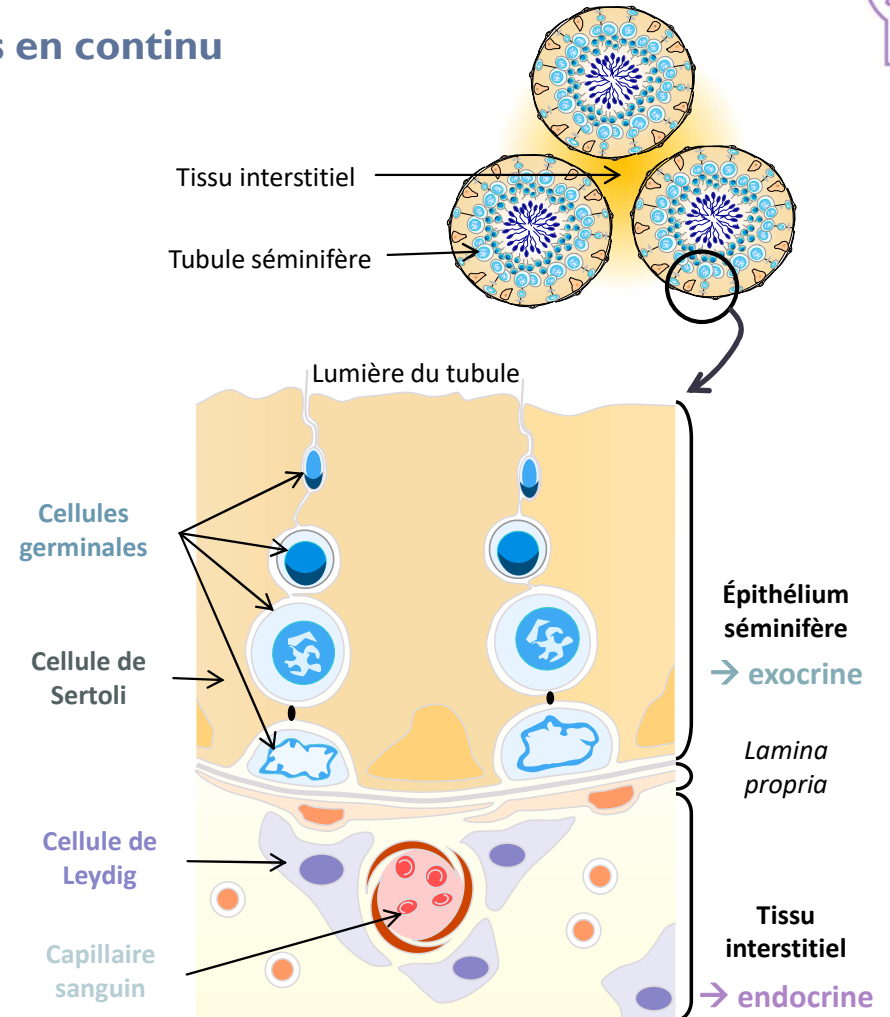
B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés



I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

- Le tubule séminifère est entouré d'un **épithélium** comportant deux types de cellules :
 - des cellules **germinales** qui subissent la spermatogénèse
 - des cellules **somatiques**, les **cellules de Sertoli**, qui assurent un soutien structural et métabolique aux cellules germinales.→ Fonction **exocrine** du testicule
- Entre les tubules séminifères, il y a du **tissu interstitiel** (tissu conjonctif) avec :
 - des **cellules de Leydig** productrices de testostérone
 - des vaisseaux sanguins→ Fonction **endocrine** du testicule

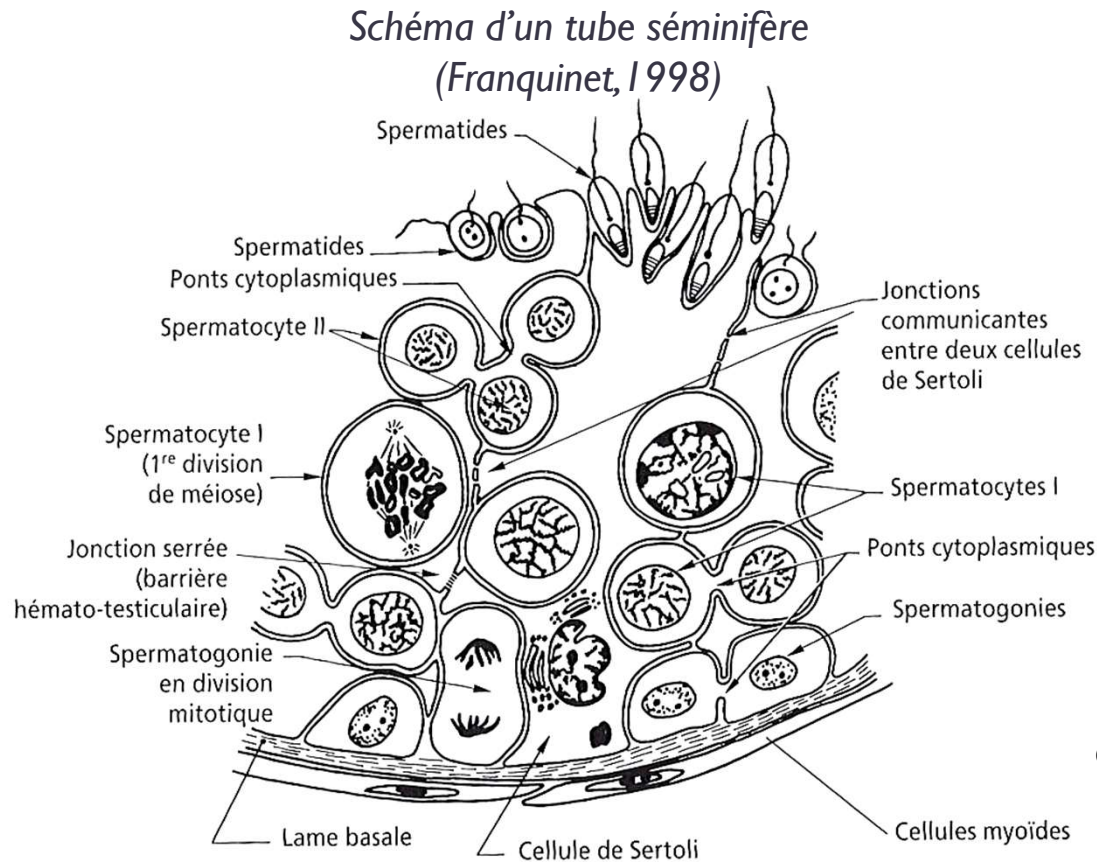


B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

- Au sein du tube séminifère, **différenciation** cellulaire **centripète** (périphérie >> lumière) :



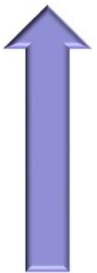
Spermatozoïde
spermatide se différenciant en spermatozoïde

Spermatide :
Résultat de la 2nde division méiotique
Spermatocyte II :
résultat de la 1^{ère} division de méiose

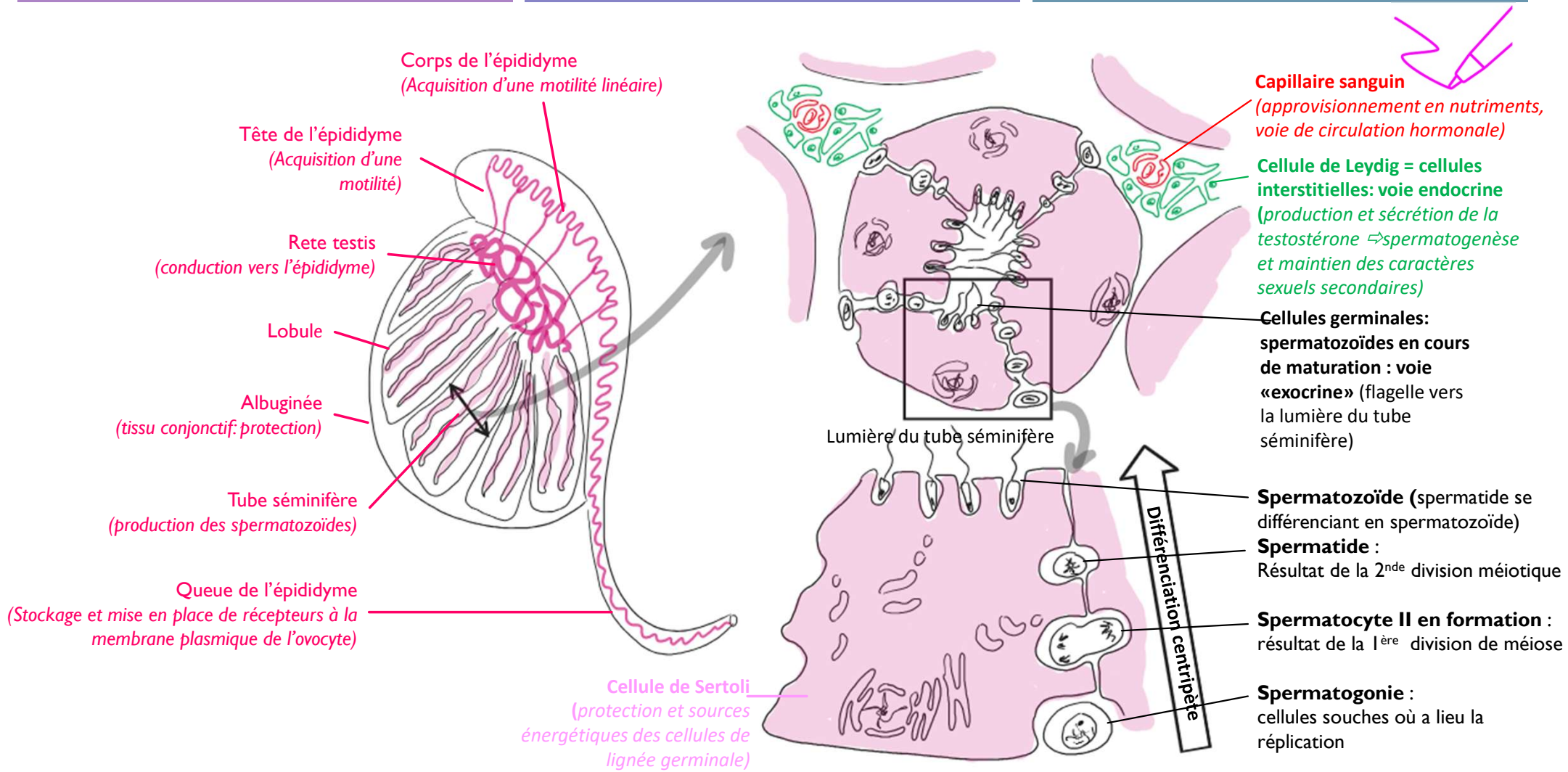
Spermatocyte I :
résultat de la différenciation d'une spermatogonie

Spermatogonie :
cellules souches où a lieu la réplication

Pôle apical



Pôle basal



Les testicules: des gonades mâles à fonction endocrine et exocrine (S. Dalaine)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

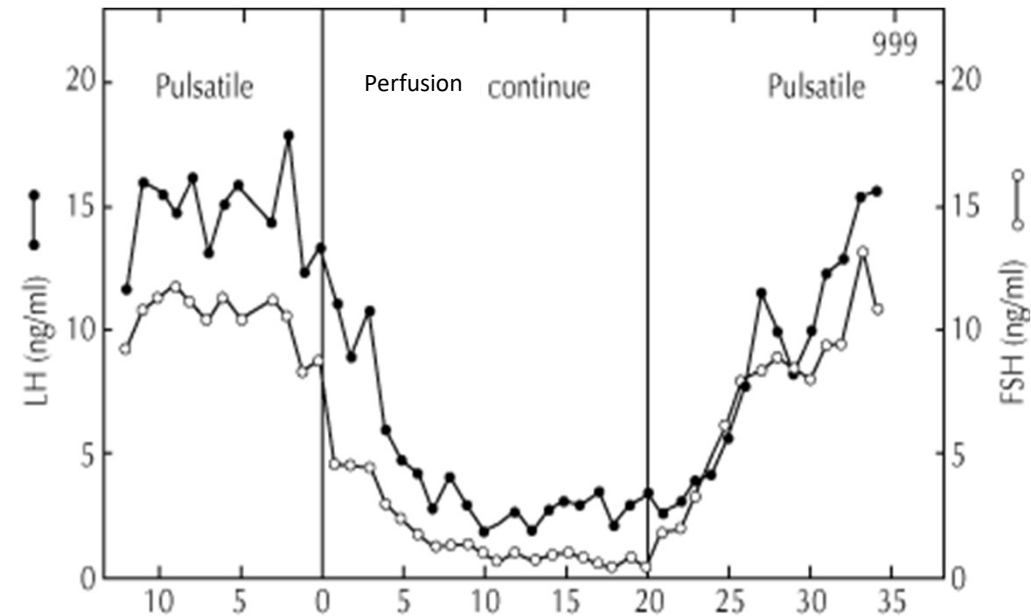
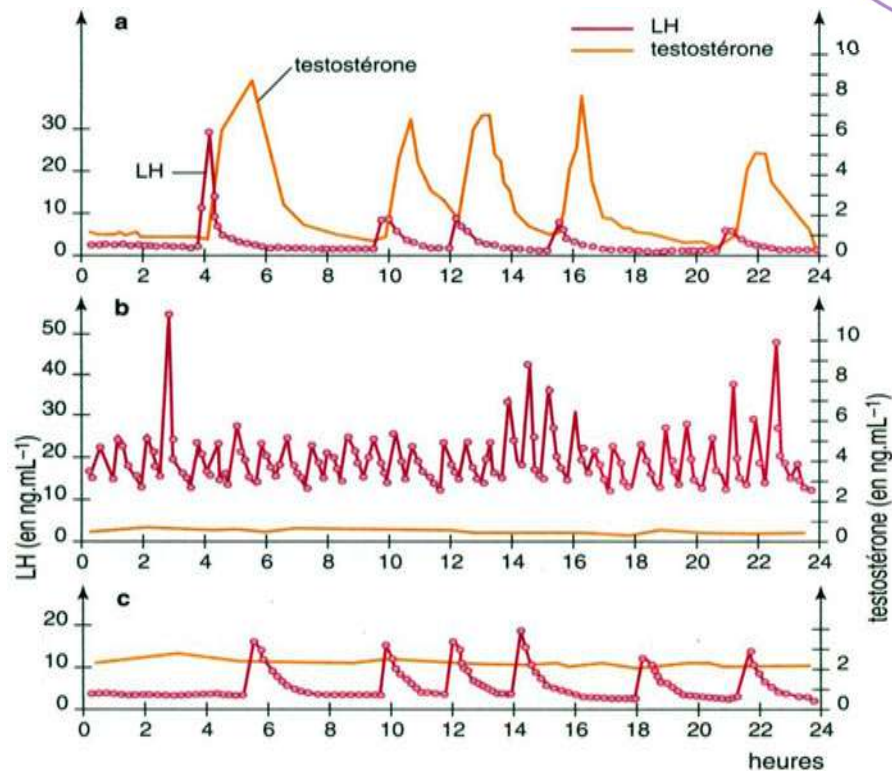
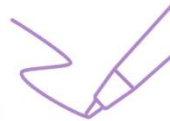
Rappels 2^{nde}

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu



Le contrôle de la spermatogénèse



D'après Belchetz et al., *Science*, 1978, 202, 631-633

Figure 15 : Sécrétion de LH et de FSH chez des macaques rhésus après hypothalamectomie, dans le cas d'une injection continue vs pulsatile de GnRH.

Figure 14 : Sécrétion de LH et de testostérone a. Chez un bélier adulte non castré - b. Chez un bélier adulte, 6 semaines après castration - c. Chez un bélier adulte castré et porteur d'un implant sous-cutané libérant de la testostérone

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

Rappels 2^{nde}

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

Le contrôle de la spermatogénèse

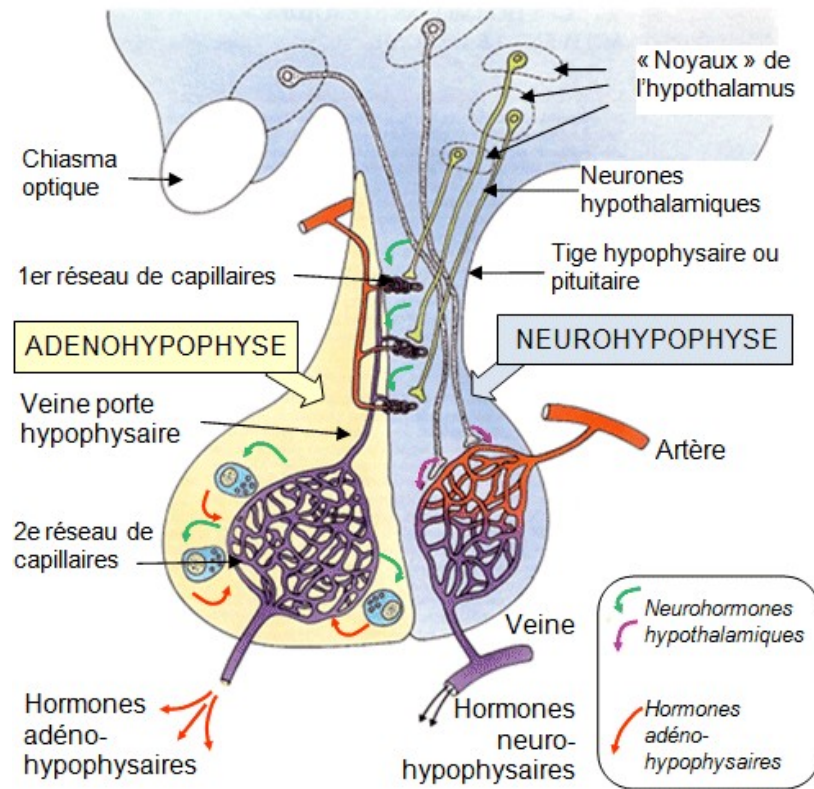


Figure 16 : schéma du complexe hypothalamo-hypophysaire

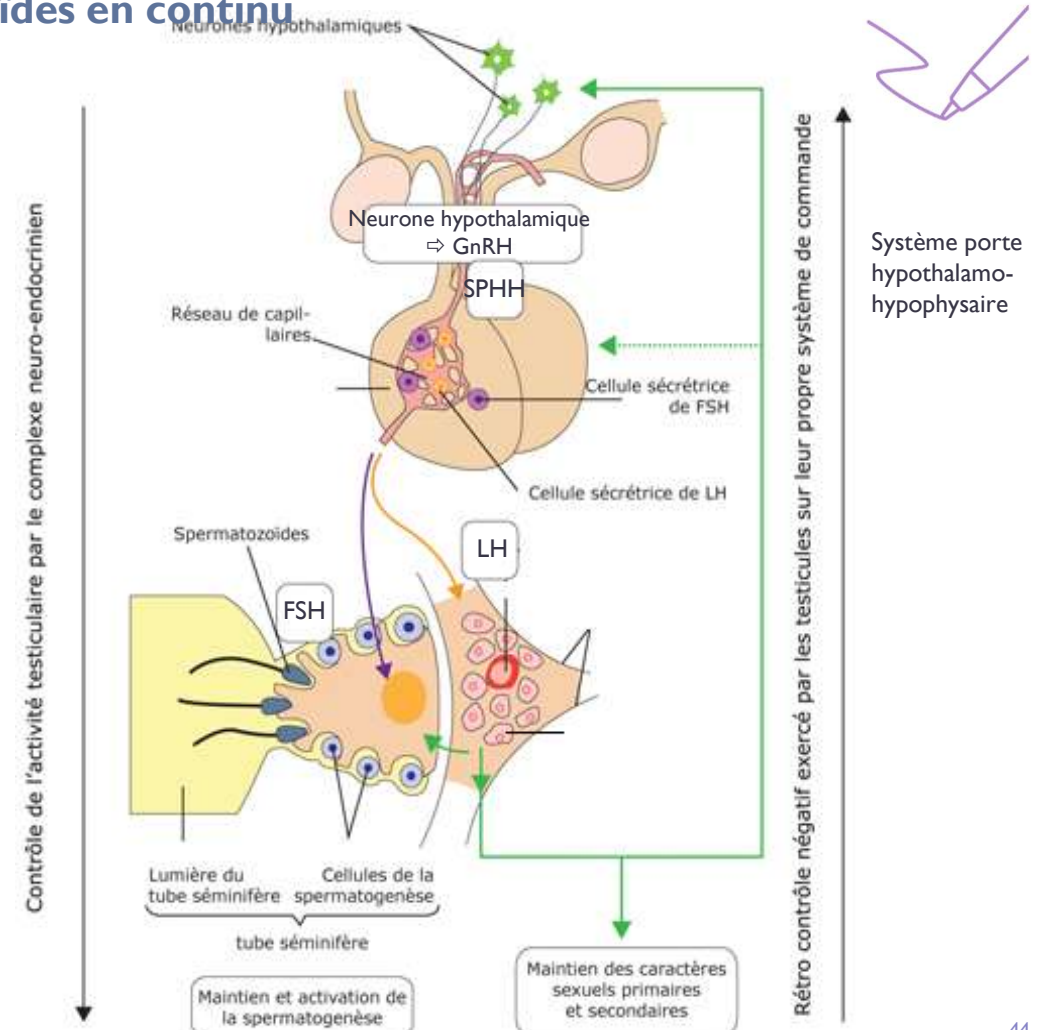


Figure 17 : schéma du fonctionnement de l'axe gonadotrope chez le mâle

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

Rappels 2^{nde}

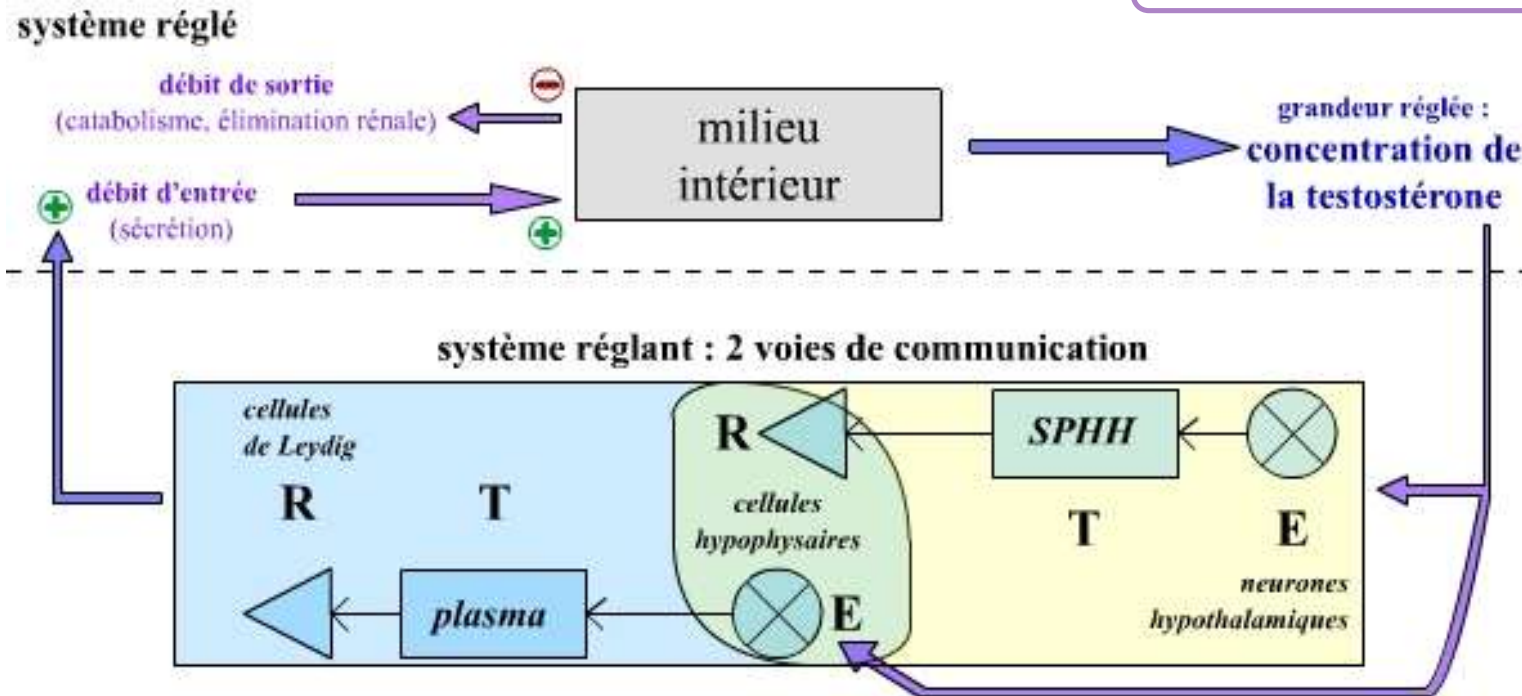
I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu



Le contrôle de la spermatogénèse

Boucle de régulation de la testostéronémie



E: Emetteur/Capteur
T: Transmetteur
R: Récepteur-Effecteur

Le système réglant agit en retour sur la valeur de la concentration de la testostérone plasmatique, la maintenant constante : il s'agit d'une **rétroaction négative**.

Une diminution de la testostérone est détectée par les neurones hypothalamiques neurosécréteurs de GnRH, ce qui conduit à une stimulation des cellules gonadotropes de l'hypophyse, et donc une augmentation de la libération de LH dans le plasma. La LH stimule les cellules de Leydig, augmentant leur sécrétion de testostérone. SPHH : système porte hypothalamo-hypophysaire.

Figure 18 : boucle de régulation de la testostéronémie

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

Rappels 2^{nde}

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu



- **Axe gonadotrope** (n.m.) : ensemble de structures physiologiques intervenant dans la régulation de la reproduction chez les mammifères : organes génitaux, hypophyse et hypothalamus
- **Hypothalamus** = « chef d'orchestre » de la fonction testiculaire
 - Neurone sécrétant une **neurohormone** de manière **pulsatile**: la **GnRH** (*Gonadotropin Releasing Hormone*) = **gonadolibérine**
 - ↗ Sécrétion à la période pubertaire ⇒ fonctionnalité testiculaire
 - Sécrétion pulsatile ⇒ sécrétion hypophysaire pulsatile de FSH (Hormone Folliculo-Stimulante) et LH (Hormone Lutéinisante) = **gonadostimulines**

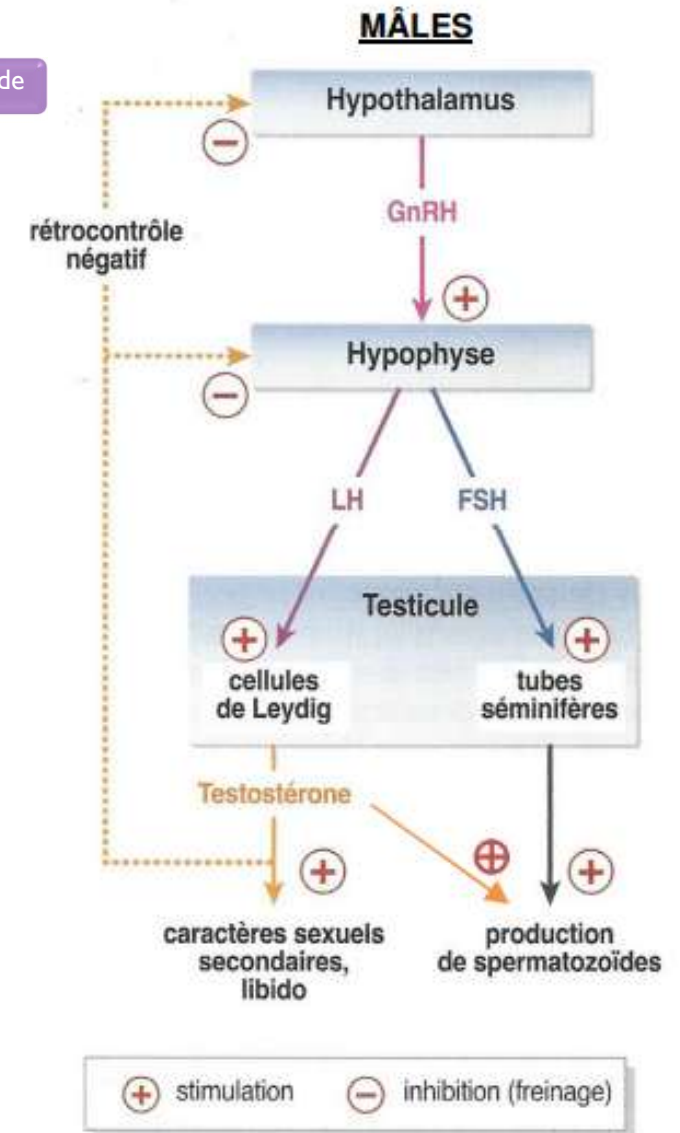


Figure 19 : Le contrôle de la fonction de reproduction chez le mâle.
D'après Lizeaux, Baude et al. (2008)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

▪ Deux rôles de la **FSH** :

- active la **spermatogenèse** (permet la synthèse de récepteur à la testostérone par les cellules de Sertoli du tube séminifère)
- exerce un **rétrocontrôle négatif** sur la sécrétion de GnRH via l'inhibine.

▪ Deux rôles de la **LH**:

- multiplication des **cellules de Leydig**
- Induit la **sécrétion de testostérone** par les cellules de Leydig

▪ Deux modes d'action de la **testostérone** :

- pénètre directement (sans passer par le sang) dans le compartiment tubulaire où elle se lie à une glycoprotéine de liaison, l'ABP (*Androgen Binding Protein*) et favorise le développement de l'épithélium séminal.
- dans le sang:
 - ✓ elle a une action positive sur le tractus génital et les glandes annexes et exerce un rétrocontrôle négatif sur la sécrétion de LH et FSH.
 - ✓ Elle favorise également la formation de caractères sexuels secondaires (libido, musculature)

Rappels 2^{nde}

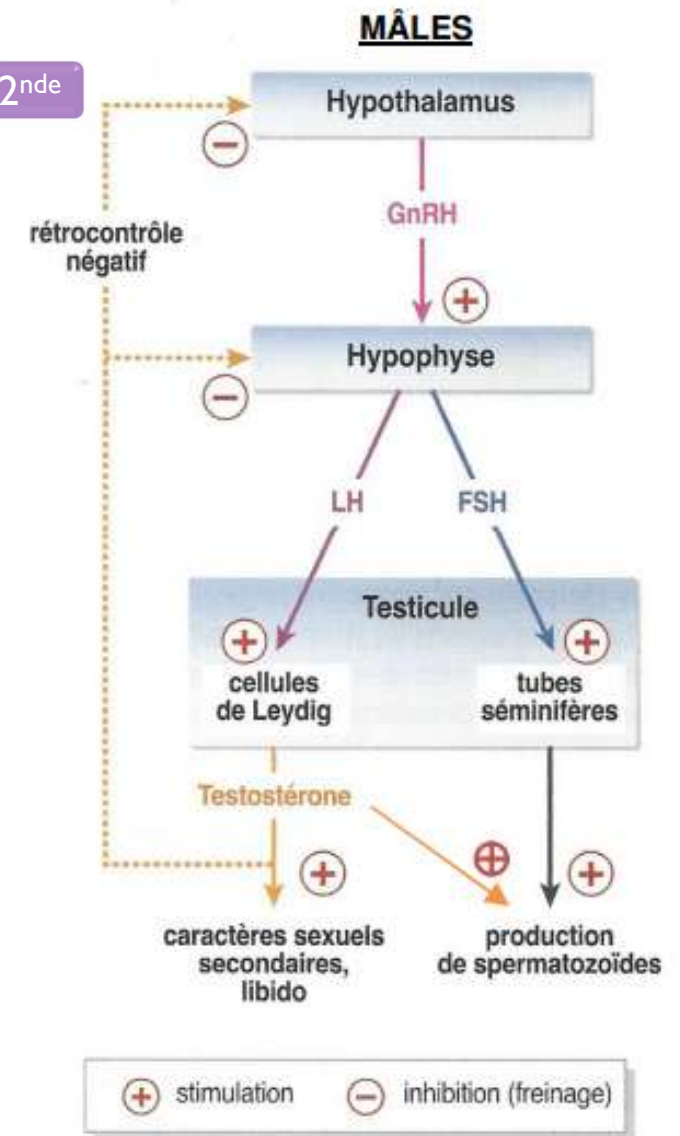


Figure 19 : Le contrôle de la fonction de reproduction chez le mâle.
D'après Lizeaux, Baude et al. (2008)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

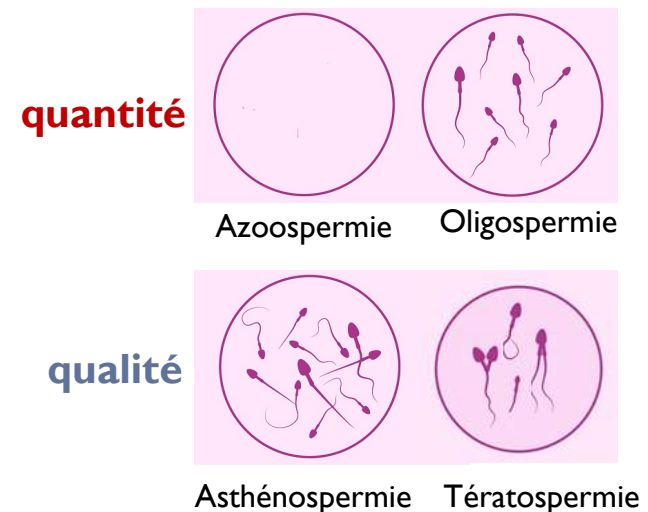
I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

Causes d'infertilité (données chez l'homme)

- La **stérilité** masculine *peut* provenir d'**anomalies** de la **spermatogénèse**, au niveau de...
 - la **quantité** de spermatozoïdes produits
 - ✓ Absence totale → **azoospermie**
 - ✓ Quantité insuffisante (< 20 millions/mL) → **oligospermie**
 - la **qualité** des spermatozoïdes produits
 - ✓ Problème de mobilité → **asthénospermie**
 - ✓ Forme anormale → **tératospermie**
- Les **causes** de ces anomalies peuvent être...
 - **génétiques**
 - **environnementales**
 - ✓ Perturbateurs endocriniens
 - ✓ Pesticides
 - ✓ Chaleur

Spermogramme : (n.m.) examen permettant d'évaluer la quantité et la qualité des spermatozoïdes dans le sperme, par observation microscopique.



Défauts observés sur un spermogramme

[C] normale en spermatozoïdes dans le sperme : 20 à 300 millions/mL

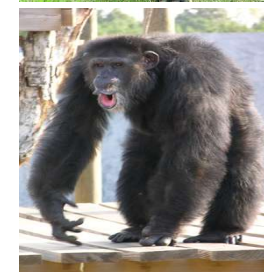
B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.1. L'appareil génital mâle produit des spermatozoïdes en continu

Réflexion sur le volume testiculaire chez les mâles mammifères

- Le **volume d'un éjaculat** et la **concentration spermatique** varient.
- Chez les primates, la **taille du testicule** est directement liée au système d'accouplement.
 - Les mâles d'espèces avec harems (gorilles) ont des testicules plus petits que les espèces où les mâles sont en compétition (chimpanzés)
- Application véto** : Recueil de sperme (en vue d'une insémination artificielle), suite à une éjaculation provoquée électriquement ou par un bouter-train.



Poids testicules
Poids corps

$\frac{30\text{g}}{169\text{ kg}}$

0.02%

$\frac{120\text{g}}{44\text{ kg}}$

0.27%

Poids des testicules chez les primates

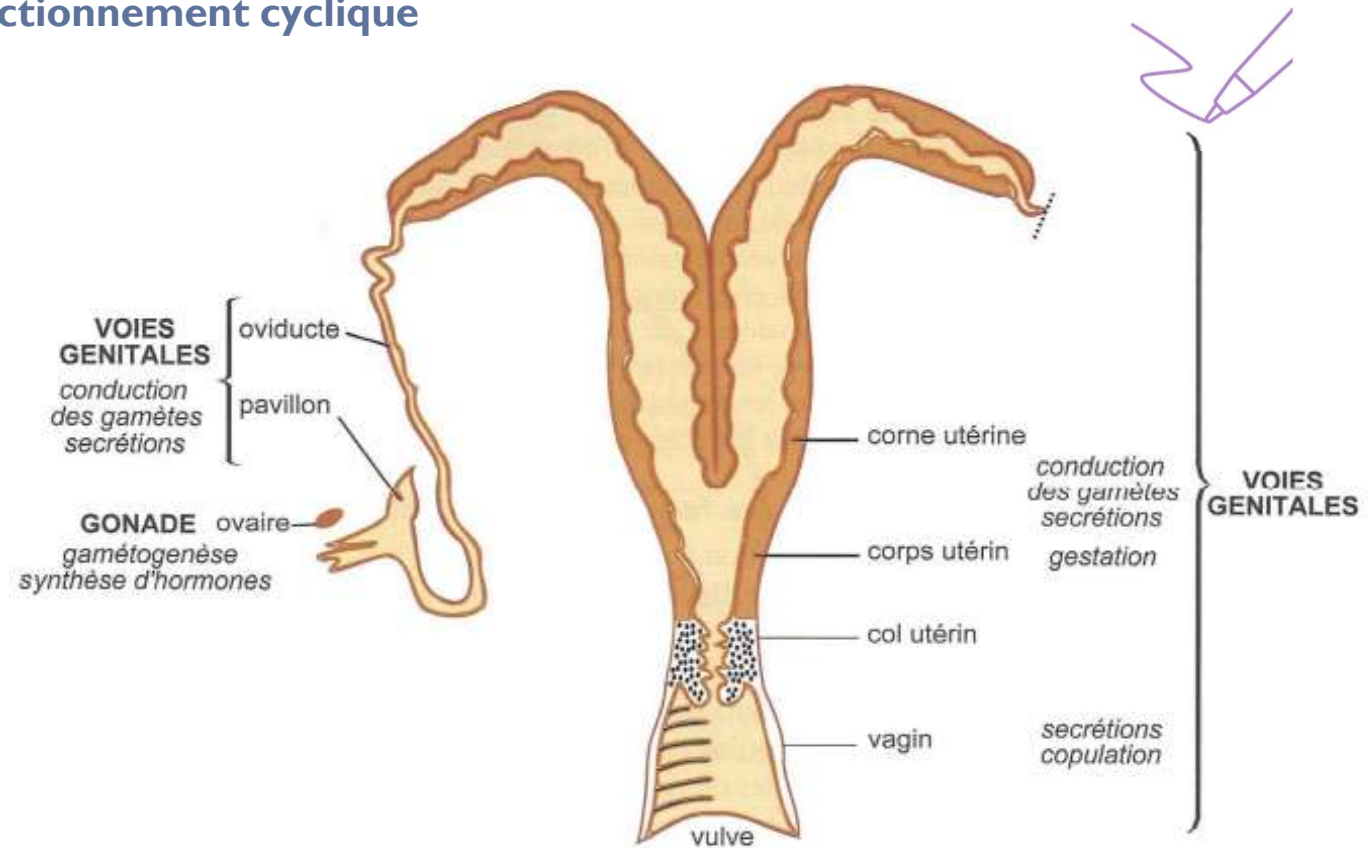
B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique



- Position ventrale, segment **pelvien**
- Deux **gonades**: les ovaires
- Les ovaires n'ont **pas de liaison anatomique** avec les trompes
- Des voies génitales: **oviductes ou trompes, utérus et vagin.**
- Les voies génitales sont **séparées** des voies urinaires, à l'exception des portions terminales (vestibule du vagin et vulve) qui sont communes.



Organisation de l'appareil génital femelle. (D'après A. Beaumont et P. Cassier)

Figure 20 : Appareil reproducteur de la vache (vue ventrale). D'après Peycru et al. (2017)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique



- Position ventrale, segment **pelvien**
- Deux **gonades**: les ovaires
- Les ovaires n'ont **pas de liaison anatomique** avec les trompes
- Des voies génitales: **oviductes ou trompes, utérus et vagin.**
- Les voies génitales sont **séparées** des voies urinaires, à l'exception des portions terminales (vestibule du vagin et vulve) qui sont communes.

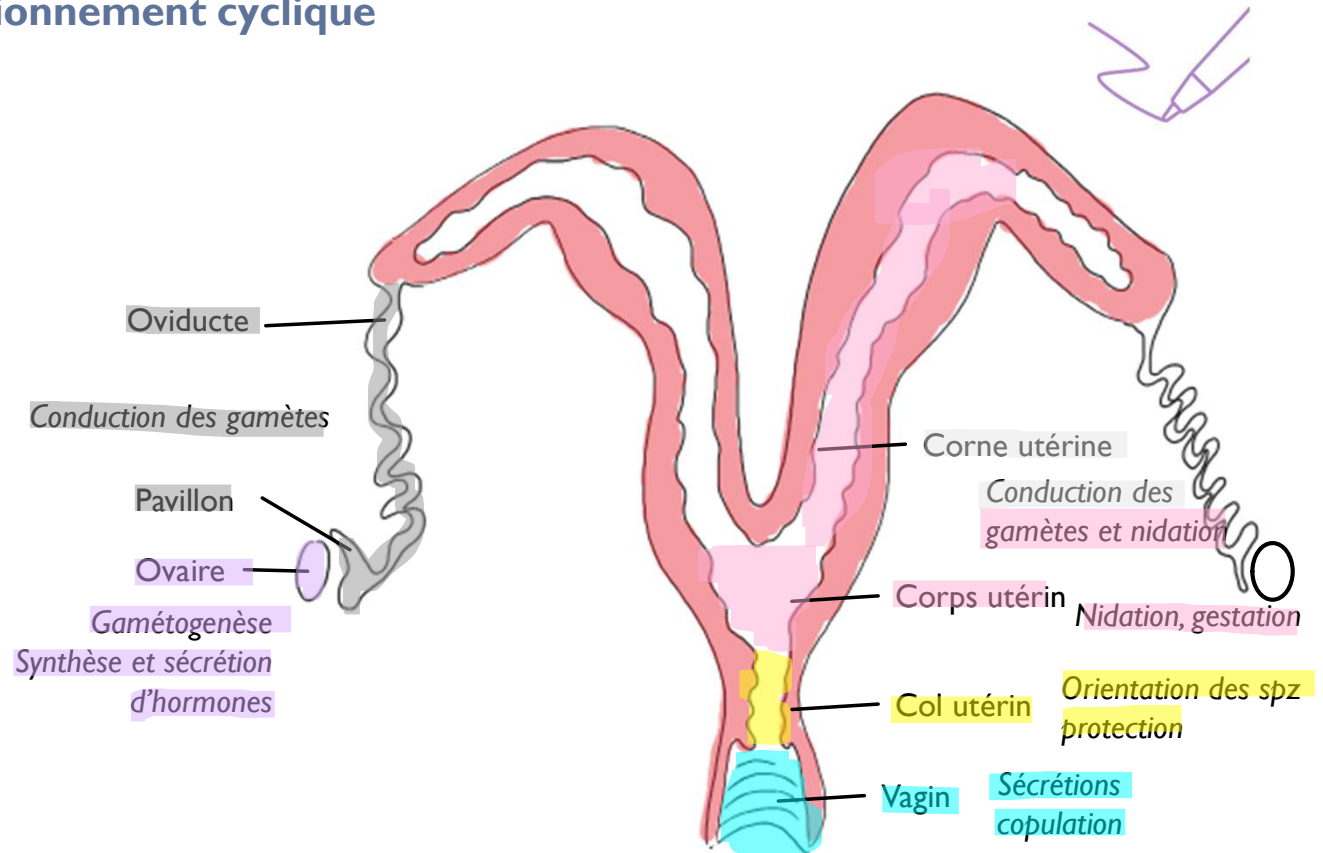
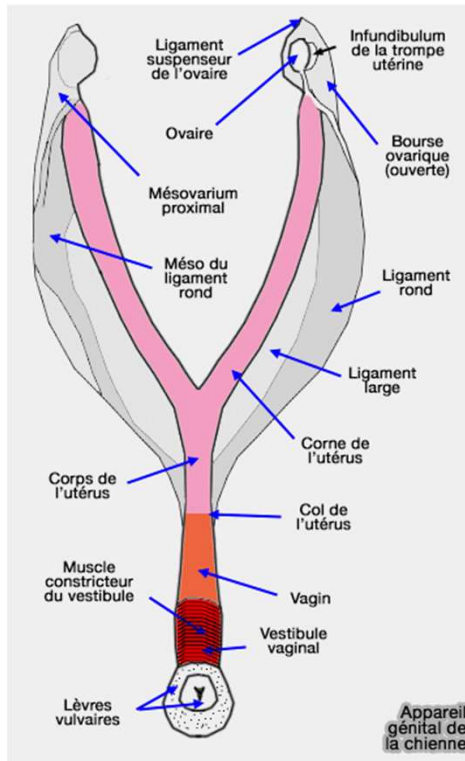


Figure 20 : Appareil reproducteur de la vache (vue ventrale).(S. Dalaine)

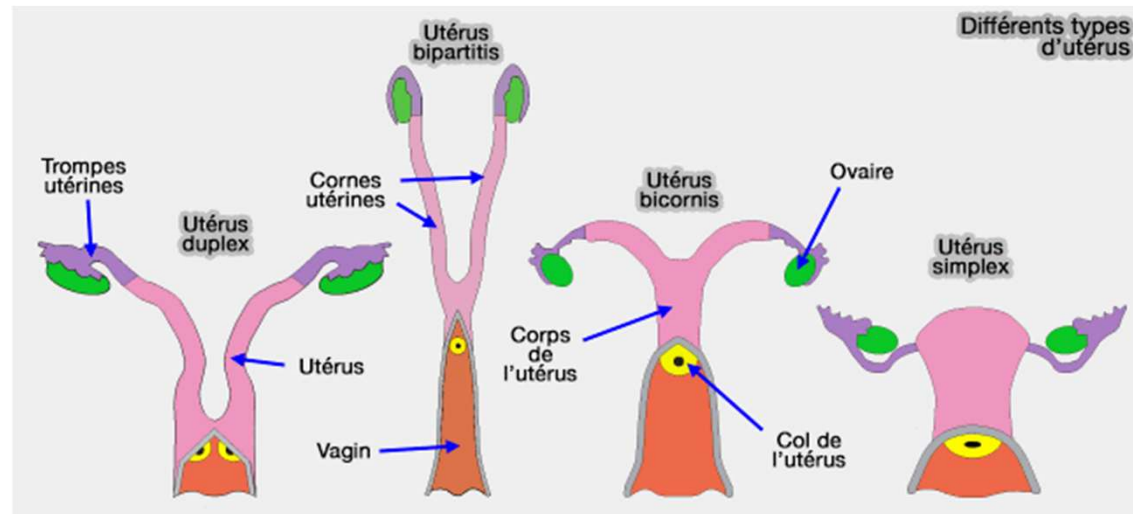
B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique



Système génital de la chienne (source:Vetopsy)



Les différents types d'utérus (source:Vetopsy)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

Tractus génital de la vache (source: Bovine reproductive)

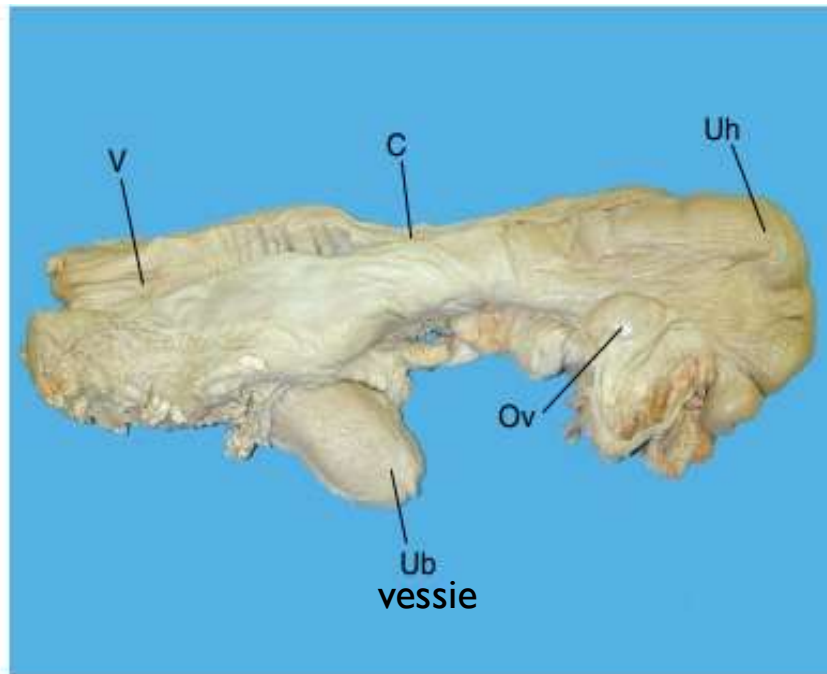


Figure 22.2 The internal reproductive tract from oblique angle. V, Vagina; C, cervix; Uh, uterine horn; Ov, ovary; Ub, urinary bladder.

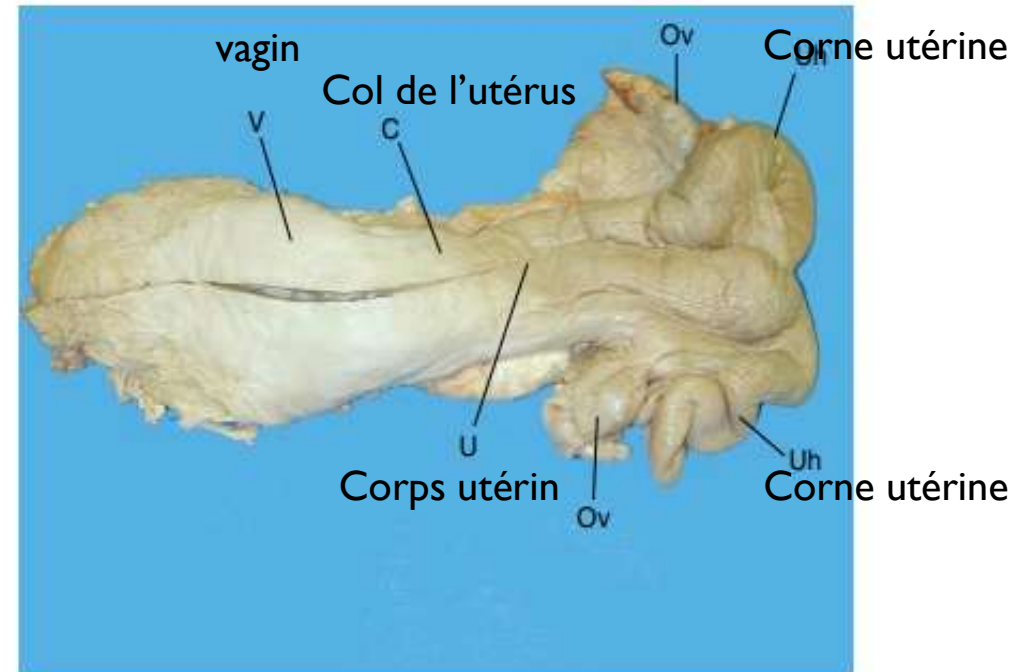


Figure 22.3 The internal reproductive tract from dorsal view. V, Vagina; C, cervix; U, uterus body; Ov, ovary; Uh, uterine horn.

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique



Rappels de 2nde

- Constat : pour des raisons médicales (cancer), une femme subit une ovariectomie, s'ensuit un arrêt des menstruations périodiques.
- De la **puberté** à la **ménopause**, le fonctionnement de l'appareil reproducteur féminin est **cyclique**. **Par convention J1** marque le **1^{er} jour des menstruations = destruction partielle de l'endomètre**
- Ce fonctionnement cyclique concerne :
 - Les **ovaires** (ovogenèse) ⇒ **cycle ovarien**
 - L'**utérus** (régénération de la muqueuse utérine) ⇒ **cycle utérin**
 - Le col de l'**utérus** (cycle de la glaire cervicale) ⇒ **cycle de la glaire cervicale**

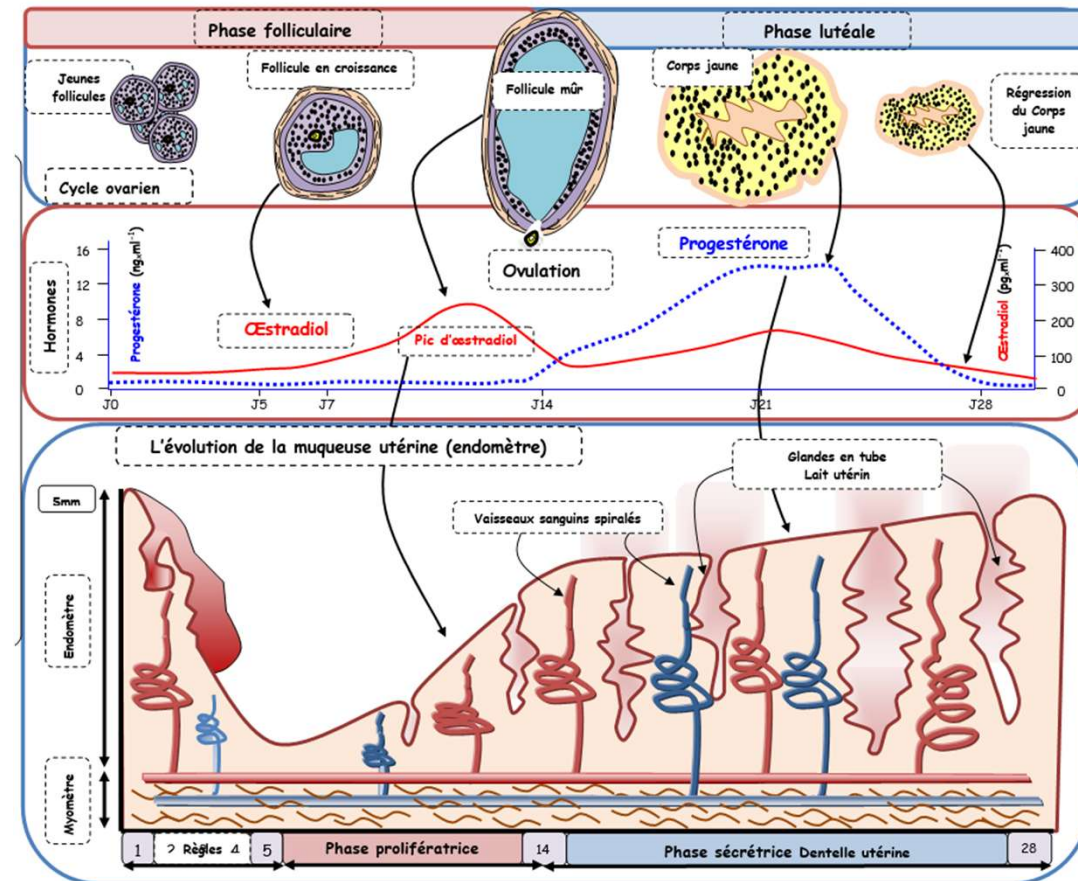


Figure : schéma bilan la synchronisation des cycles sexuels chez la femme (source : Fabrice Morales)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

- La durée du cycle est variable : ~ **28 jours** (± 6)
- Le **J1** correspond à la survenue des **règles** : du sang menstruel s'écoule par la vulve durant 3 à 8 jours.
- À **J14**, l'un des deux ovaires (en alternance) émet un ovocyte : c'est l'**ovulation**.
- Ce cycle **est sous contrôle hormonal**, selon l'**axe gonadotrope** (hypothalamus \rightarrow hypophyse \rightarrow ovaires \rightarrow utérus avec rétroaction des hormones ovariennes sur le complexe hypothalamo-hypophysaire)



Rappels de 2nde

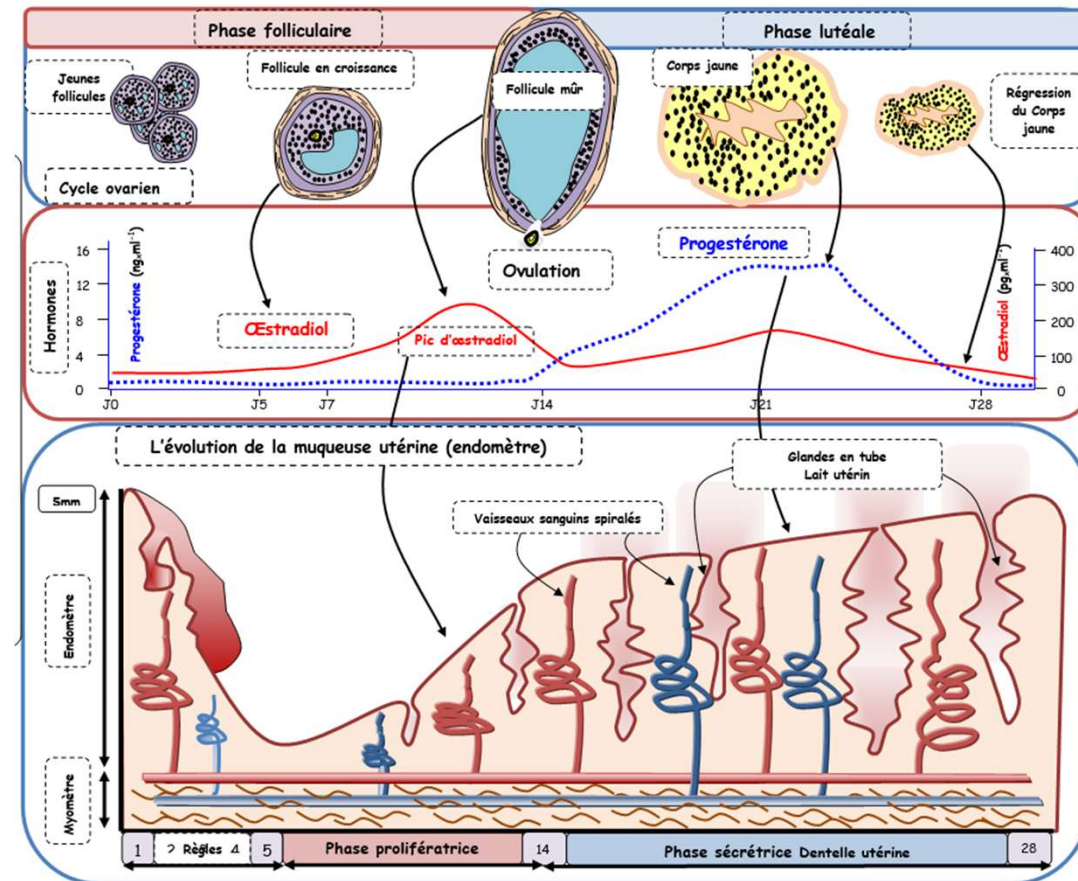


Figure : schéma bilan la synchronisation des cycles sexuels chez la femme (source : Fabrice Morales)

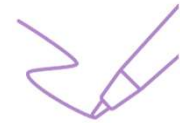
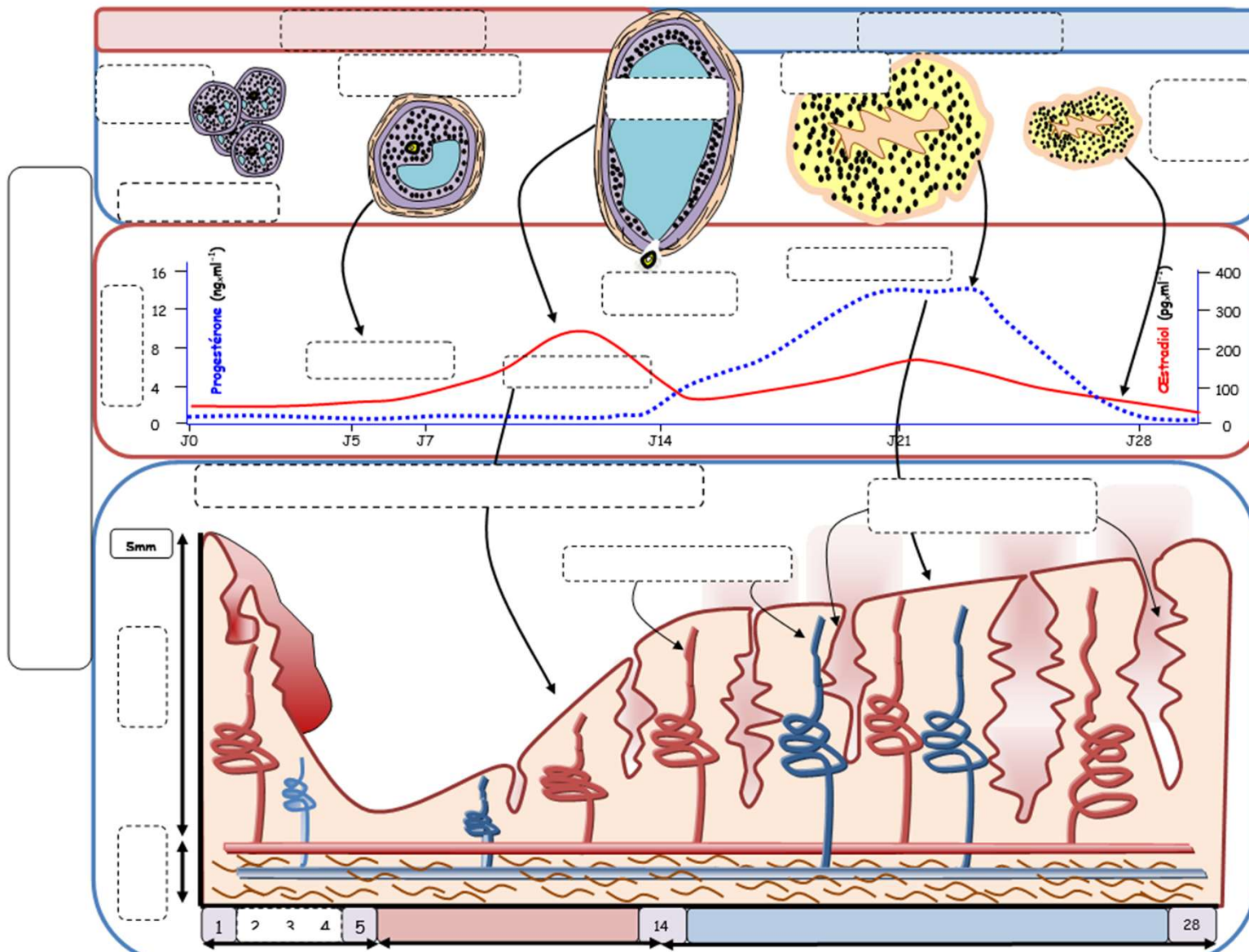


Figure : schéma bilan la synchronisation des cycles sexuels chez la femme (source : Fabrice Morales)

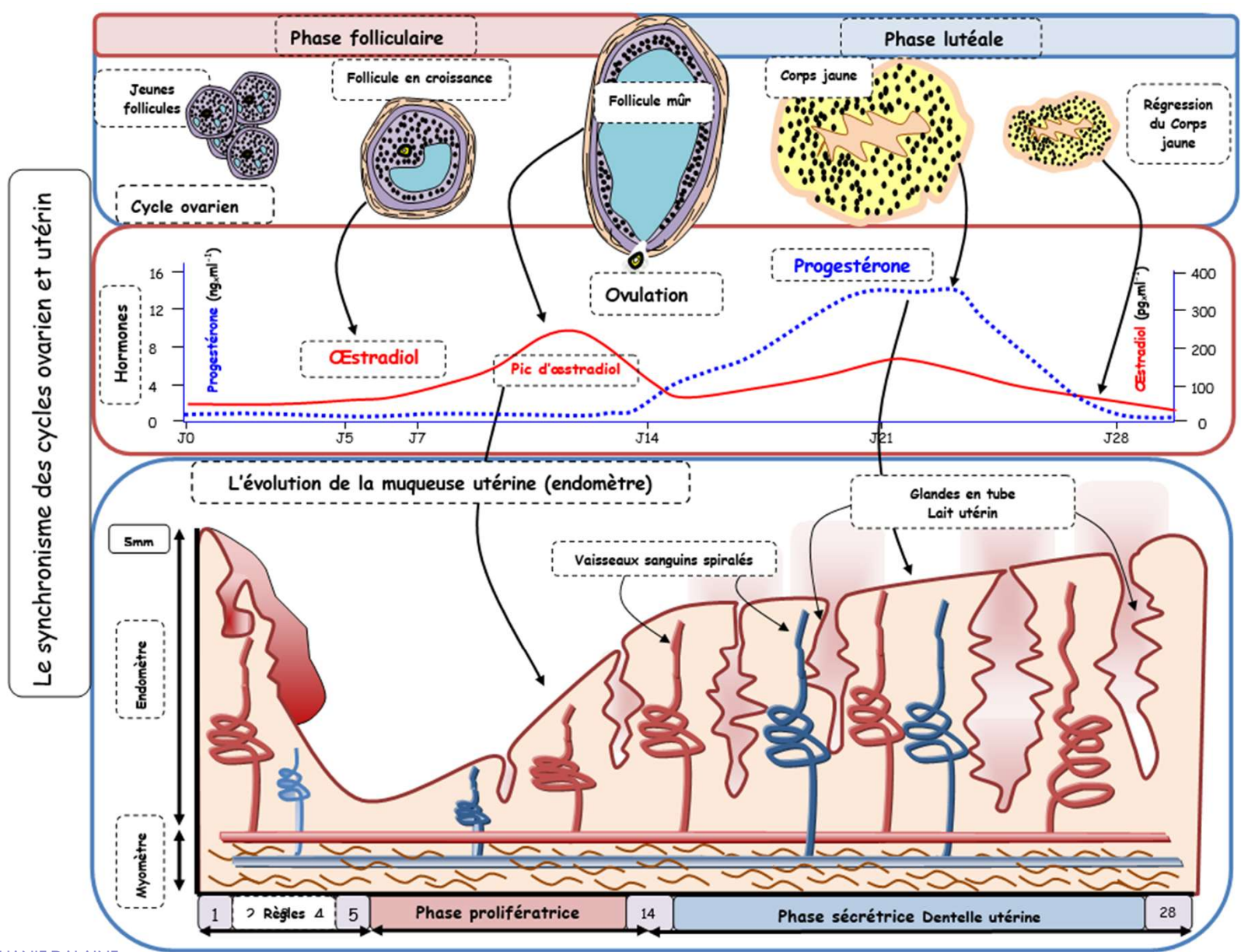


Figure : schéma bilan de la synchronisation des cycles sexuels chez la femme (source : Fabrice Morales)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

Rappels 2^{nde}

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

1.2.1. Ovogenèse et folliculogénèse

- L'**ovogenèse** se déroule dans les **ovaires** et commence **très tôt au cours du développement**

E : Follicule tertiaire

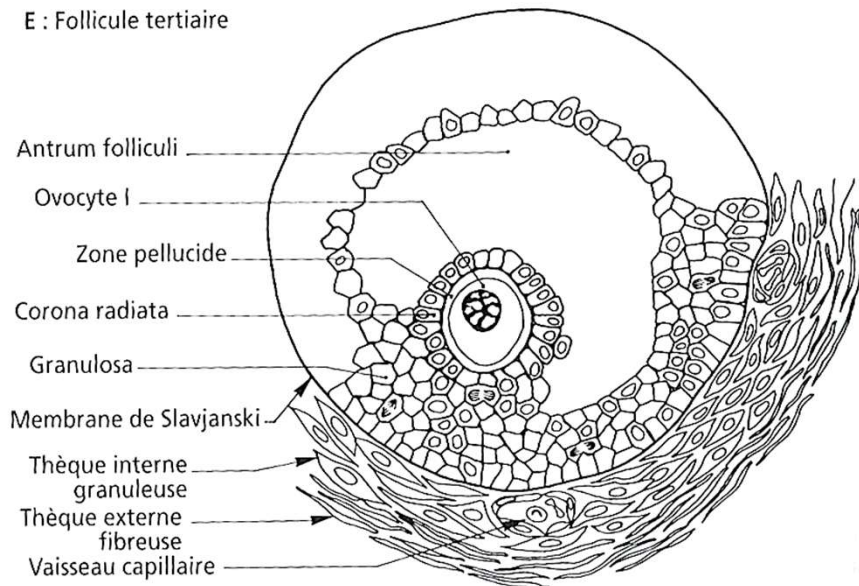


Schéma d'un ovocyte au sein de l'ovaire (Franquinet, 1998)

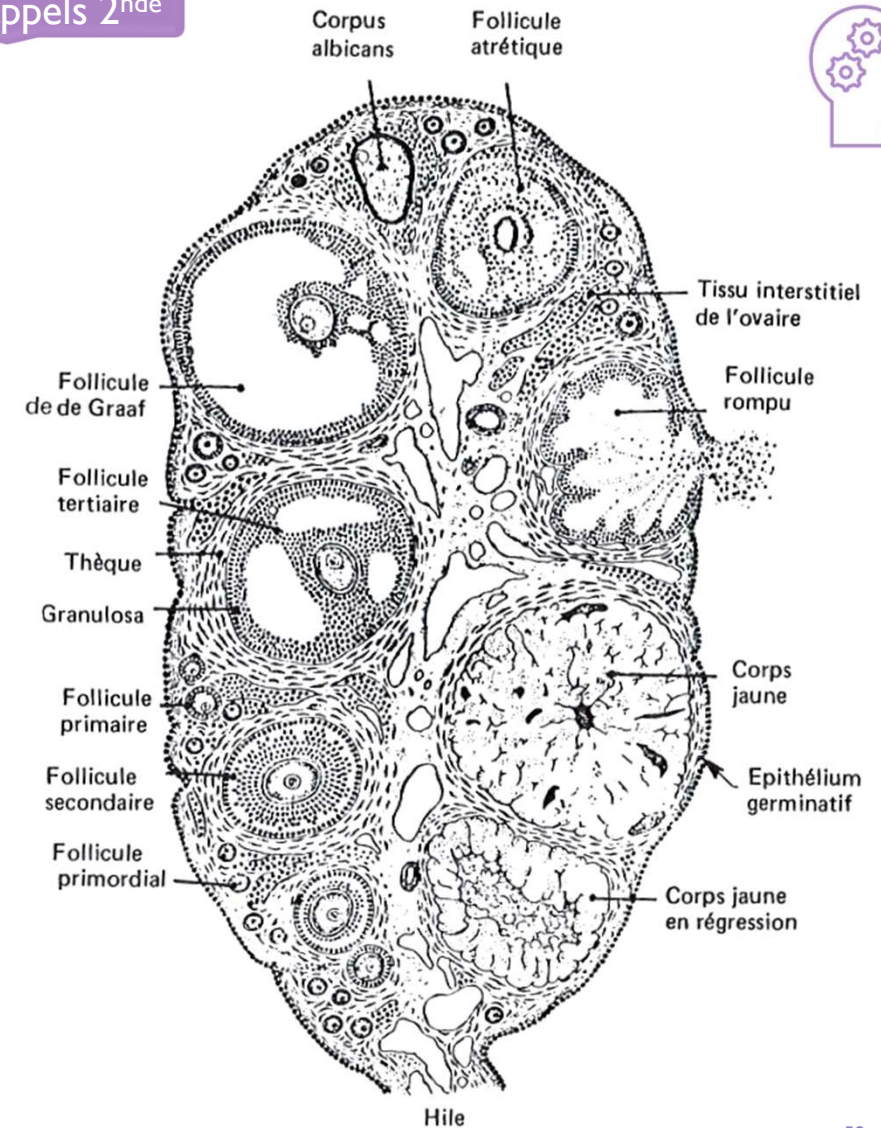


Schéma de l'organisation d'un ovaire (Franquinet, 1998)⁵⁸



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

Rappels 2nde

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux géotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

1.2.1. Ovogenèse et folliculogénèse

L'ovaire (gonade)

- Les **ovaires** sont entourés d'un épithélium et formés de...
 - une médulla, au centre, riche en vaisseaux sanguins
 - un cortex, en périphérie, avec différents tissus et cellules :
 - Des **follicules** (d'aspect variable selon leur stade de développement) formés de...
 - Cellules **germinales** qui subissent **l'ovogénèse**
 - Cellules **somatiques**, qui entourent les cellules germinales
 - rôle de soutien structural et métabolique
 - Production d'hormones
 - +/- Tissu conjonctif vascularisé
 - Du **tissu interstitiel**

Ovaire humain
(MO)

0,5 cm

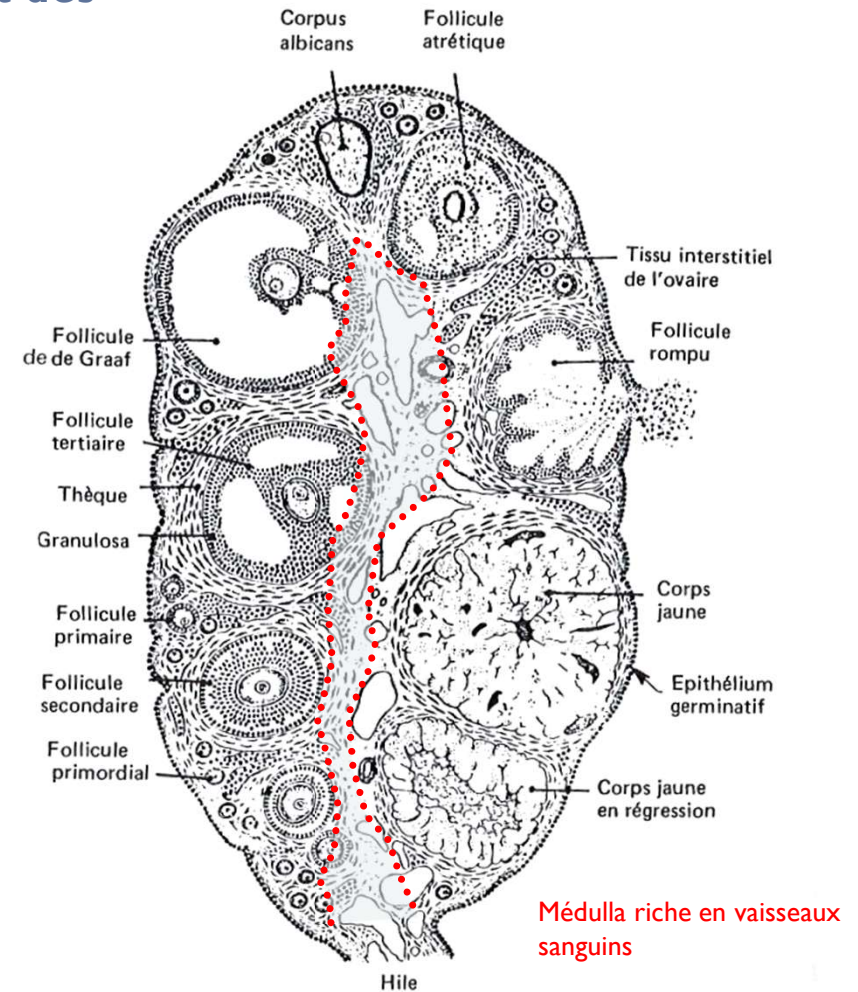


Schéma de l'organisation d'un ovaire (Franquinet, 1998)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires

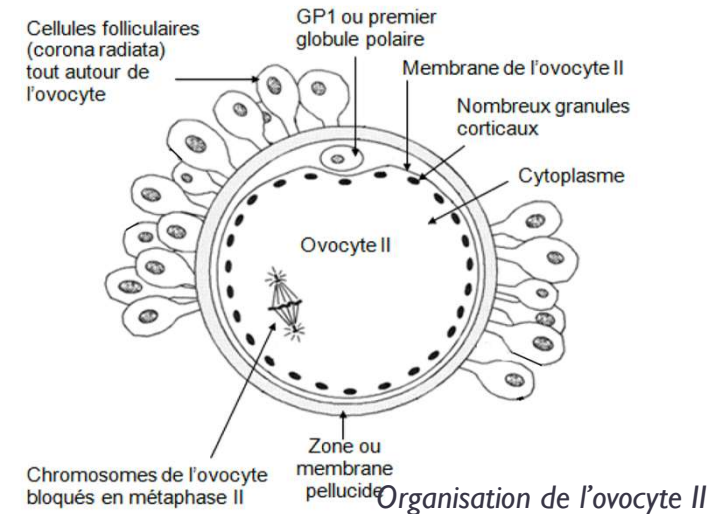
produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

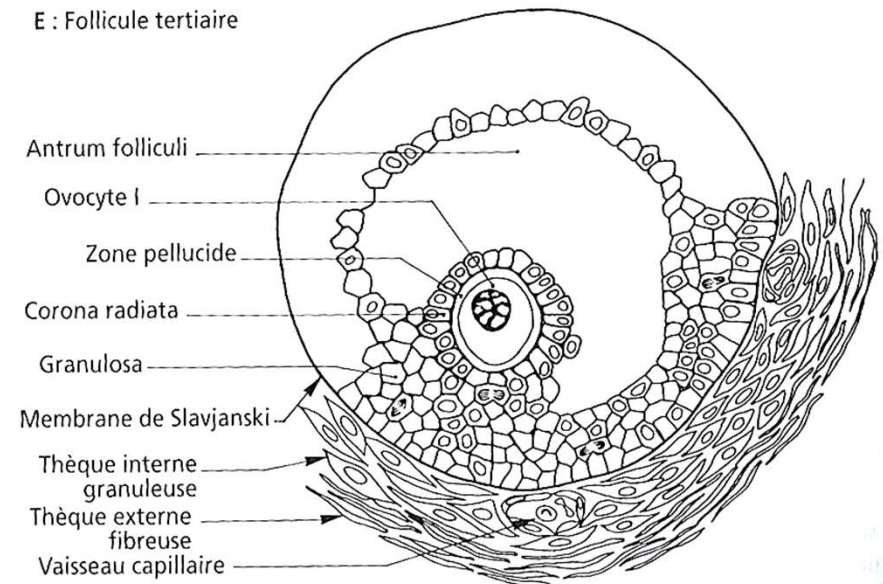
1.2.1. Ovogenèse et folliculogénèse

L'ovocyte II (gamète)

- L'ovocyte II est **haploïde**
- Il est entouré **d'enveloppes** : zone pellucide (MEC) + corona radiata (cellules folliculaires)
 - Protection face au milieu extérieur
- Il est **polarisé**
 - Préfiguration de l'axe crânio-caudal
- Il est **pauvre en réserves nutritives** (= œuf alécithe)
 - Nutrition via le placenta chez les Mammifères placentaires
- Il est **riche en réserves informationnelles** (ARNm) et en ribosomes (+ARNt et ARNr)
 - Expression de l'information génétique maternelle



E : Follicule tertiaire



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

Rappels 2^{nde}

I. Des appareils reproducteurs complémentaires

produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

1.2.1. Ovogenèse et folliculogénèse

La folliculogénèse

- A la naissance, l'ovaire contient déjà des **follicules primordiaux** (= ovocytes I entourés de qq cellules folliculaires).
- À partir de la **puberté**, chaque jour, 20 follicules évoluent en **follicules primaires** (avec cellules folliculaires organisées en 1 couche = **granulosa**)
- Après 1 mois, certains deviennent des **follicules secondaires** (avec enveloppe pellucide + **granulosa** épaisse sécrétrice d'œstrogènes + **thèque**).
- Deux mois plus tard, quelques-uns arrivent au stade de **follicule cavitaire ou antral** (avec 2 thèques interne/externe musculuse + **cavité folliculaire**).
- A chaque cycle, le follicule dominant atteint le stade de **follicule de De Graaf** (mûr à J14 chez la femme).

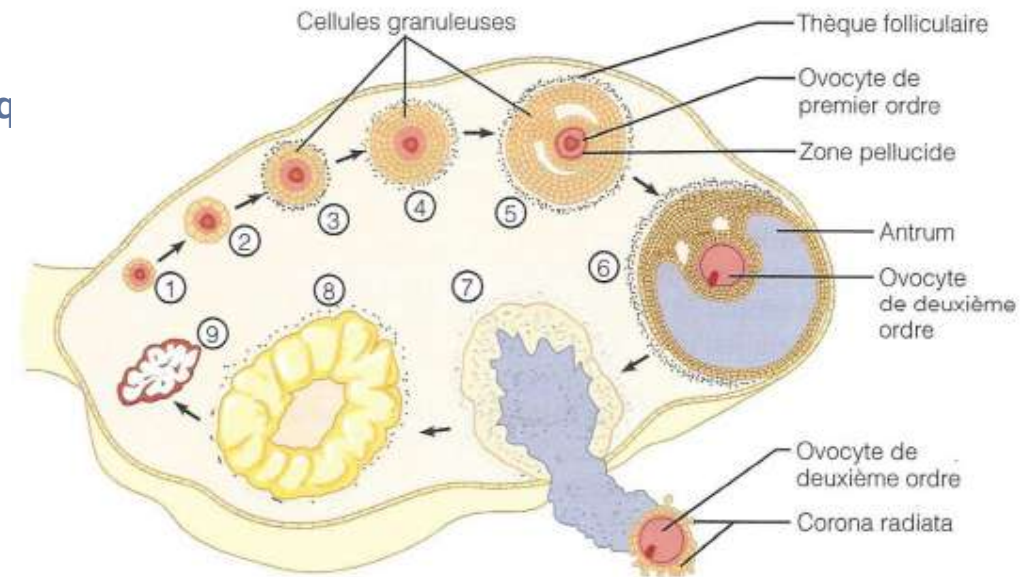
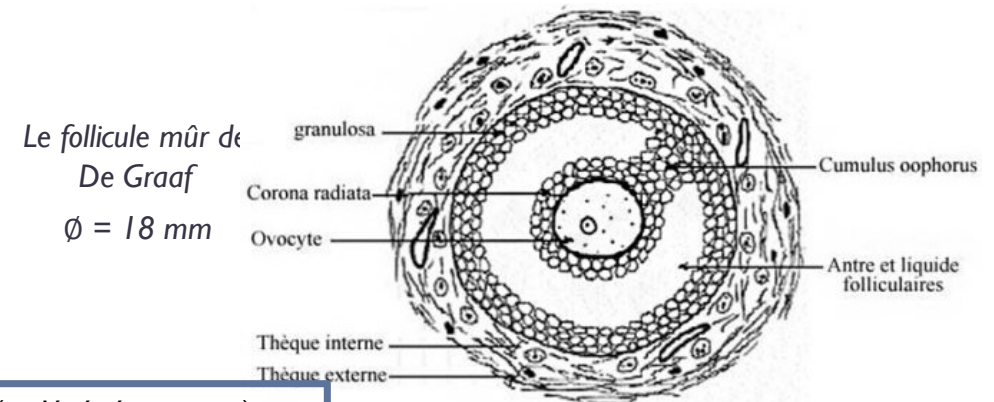


Figure 23 : Evolution complète d'un follicule d'après Marier et Hoehn (2015)



Rem : la majorité des follicules subissent l'**atrésie folliculaire** (= dégénérescence)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

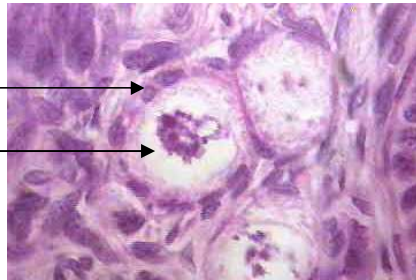
Rappels 2^{nde}

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

La folliculogénèse

Noyau d'une
cellule folliculaire
Ovocyte
(bloqué en PI)



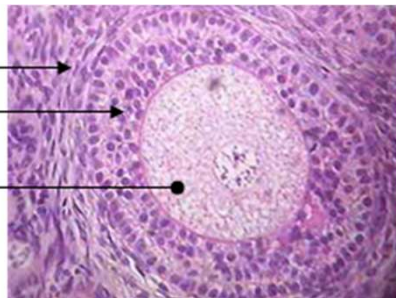
Stade Follicule primordial
(GX1000)

Noyau d'une
cellule folliculaire
Noyau de l'ovocyte
(bloqué en PI)



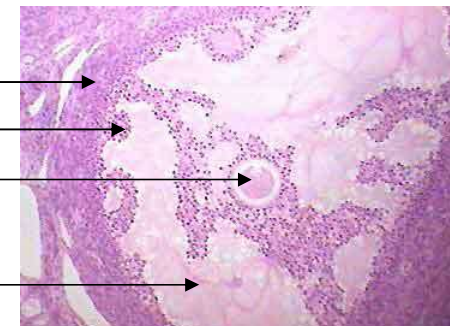
Stade Follicule primaire
(GX1000)

Noyau d'une cellule de la
thèque
Noyau d'une cellule de la
granulosa)
Cytoplasme de l'Ovocyte
(bloqué en PI)



Stade Follicule secondaire
(GX400)

Noyau d'une cellule de la
thèque
Noyau d'une cellule de la
granulosa)
Ovocyte
(bloqué en PI)
Liquide antral



Stade Follicule tertiaire=
antral= cavitaire (Gx100)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

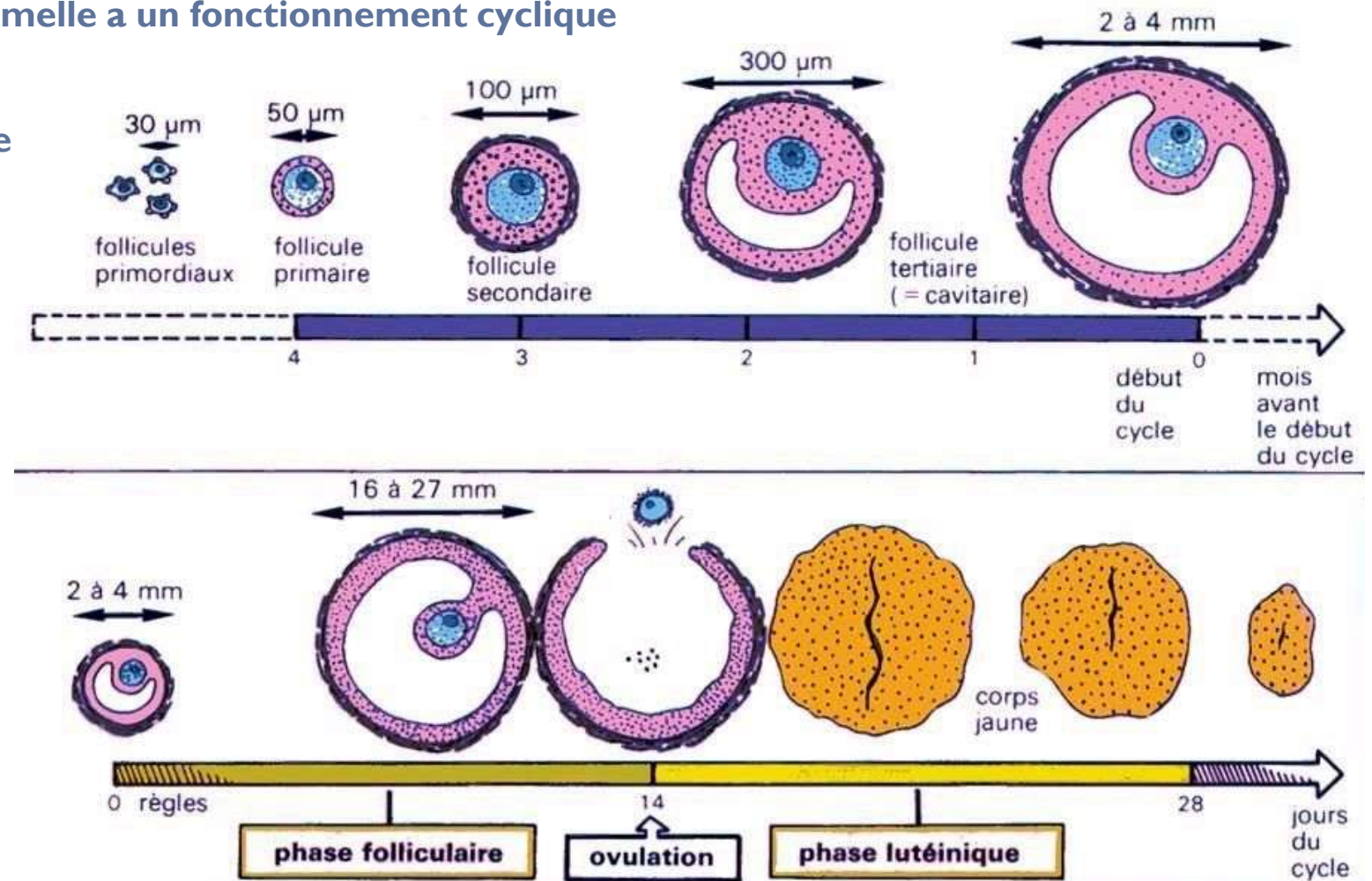
Rappels 2^{nde}

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

Chez la femme

La folliculogénèse



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

Rappels 2^{nde}

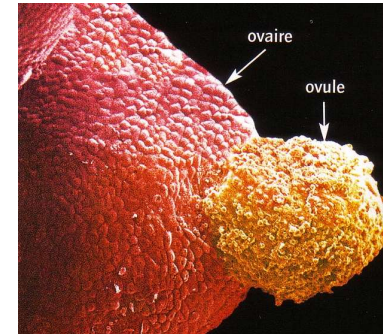
I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

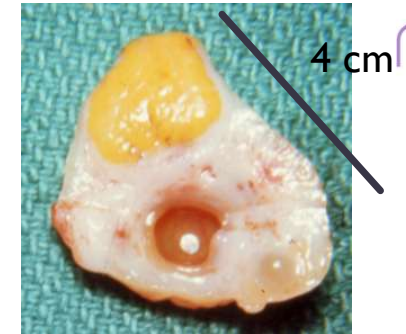
Bilan rappels chez la femme

Le cycle ovarien

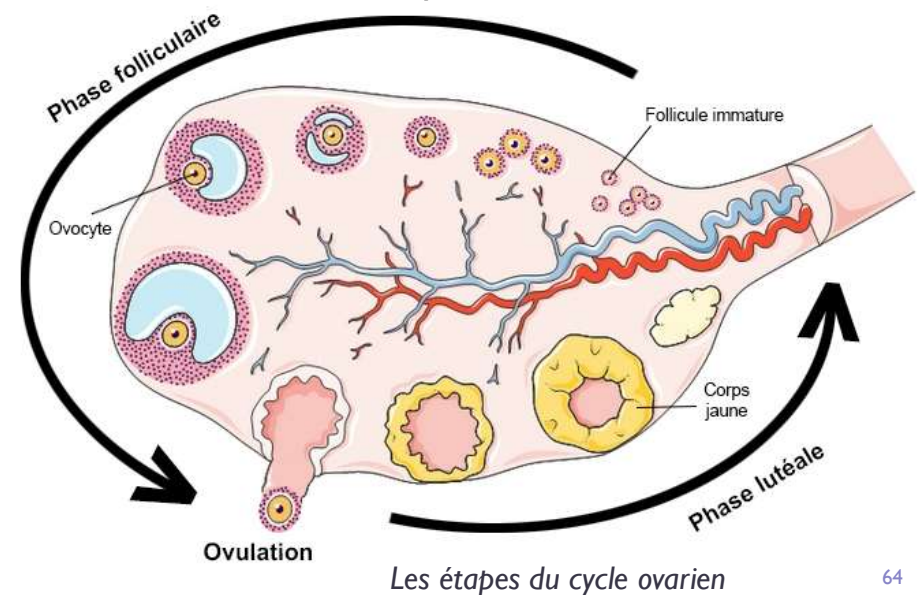
- Le cycle ovarien (~28 jours) est divisé en 3 phases :
- Phase folliculaire : J1 à J14**
 - Un follicule de De Graaf devient dominant, achève sa maturation et fait protrusion à la surface de l'ovaire.
 - Les cellules de la granulosa produisent des **œstrogènes**
- Ovulation : J14**
 - Le follicule explose, l'ovocyte est libéré
 - Les cellules folliculaires de la corona radiata sont expulsées avec l'ovocyte II et y restent attachées.
- Phase lutéale : J14 à J28**
 - Les cellules de la granulosa se transforment en **corps jaune** qui sécrète de la **progestérone**.
 - Le corps jaune dégénère en fin de cycle.

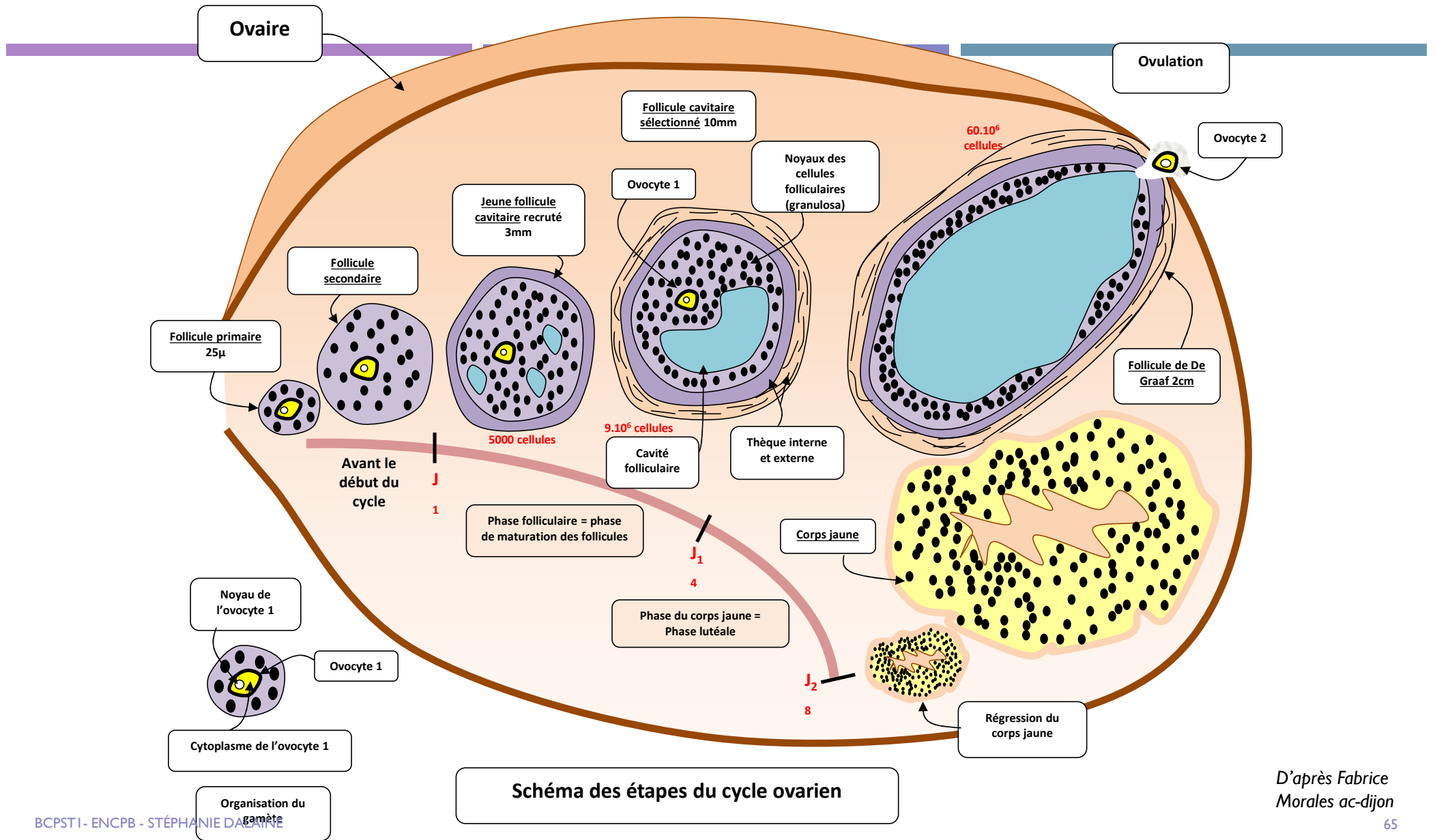


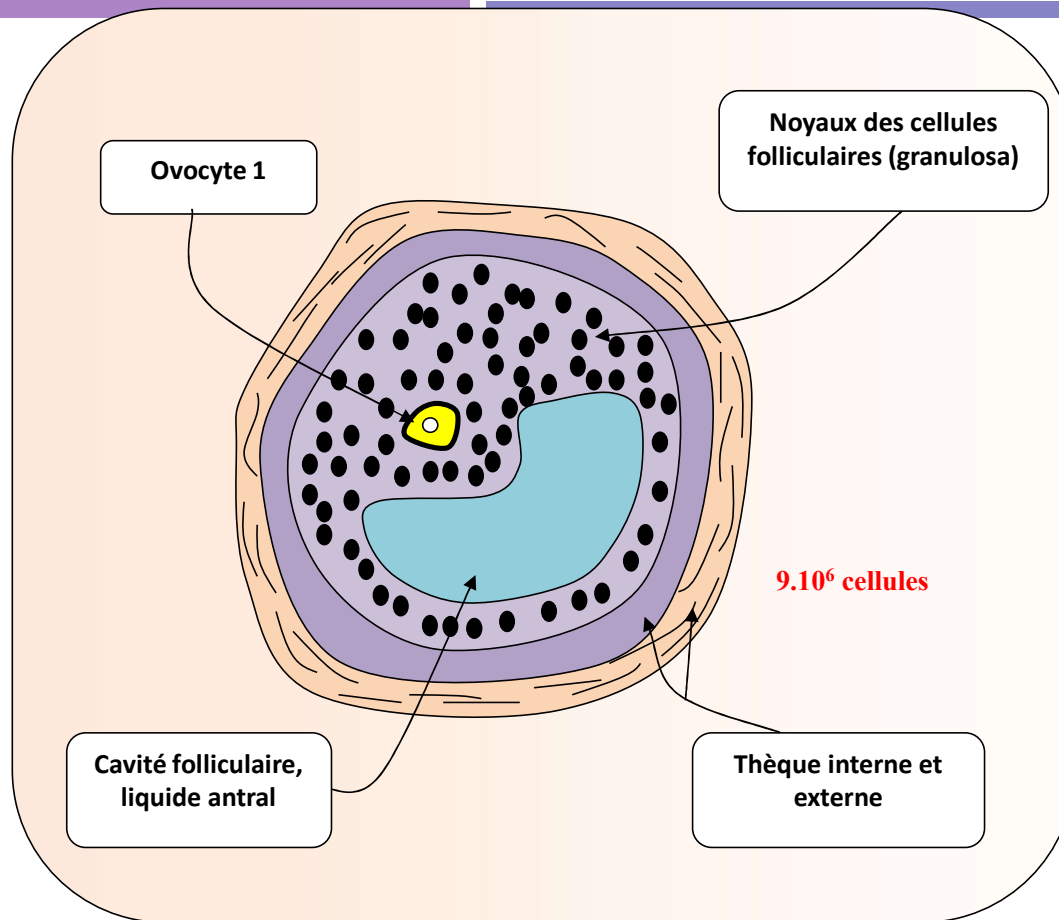
Ovulation
150 µm



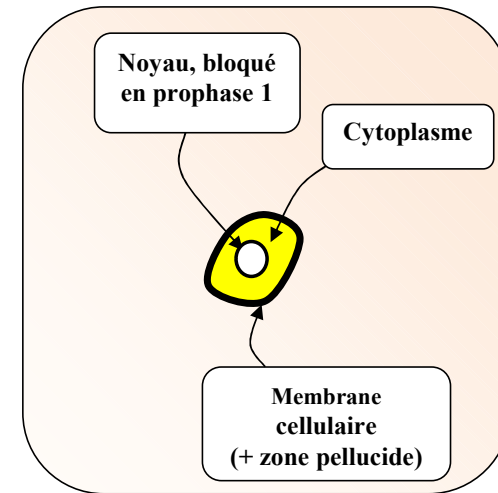
Ovaire avec corps jaune et follicule mûr







**Follicule cavitaire (tertiaire)
sélectionné 10mm**



Organisation du gamète ovocyte 1

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

1.2.1. Ovogenèse et folliculogénèse

- Dans les ovaires, l'ovogenèse se déroule en plusieurs temps.
 - **Avant la naissance**, dans l'ovaire fœtal, la multiplication active des **ovogonies** est à l'origine du stock définitif d'ovocytes I.
 - **Après la naissance**, les **follicules primordiaux** constituent un stock d'**ovocytes I** (bloqués en prophase I) entourés de quelques cellules folliculaires.
 - **A partir de la puberté**, entre 6 et 18 mois chez la vache, la **méiose** et le développement des follicules reprennent de façon **cyclique**, sous le contrôle **d'hormones** hypophysaires (gonadostimulines FSH et LH) elles-mêmes sous contrôle hypothalamique (GnRH); les follicules et le corps jaune sécrètent des hormones (œstrogènes et progestérone), exerçant des rétrocontrôles (- et +) sur le complexe hypothalamo-hypophysaire.

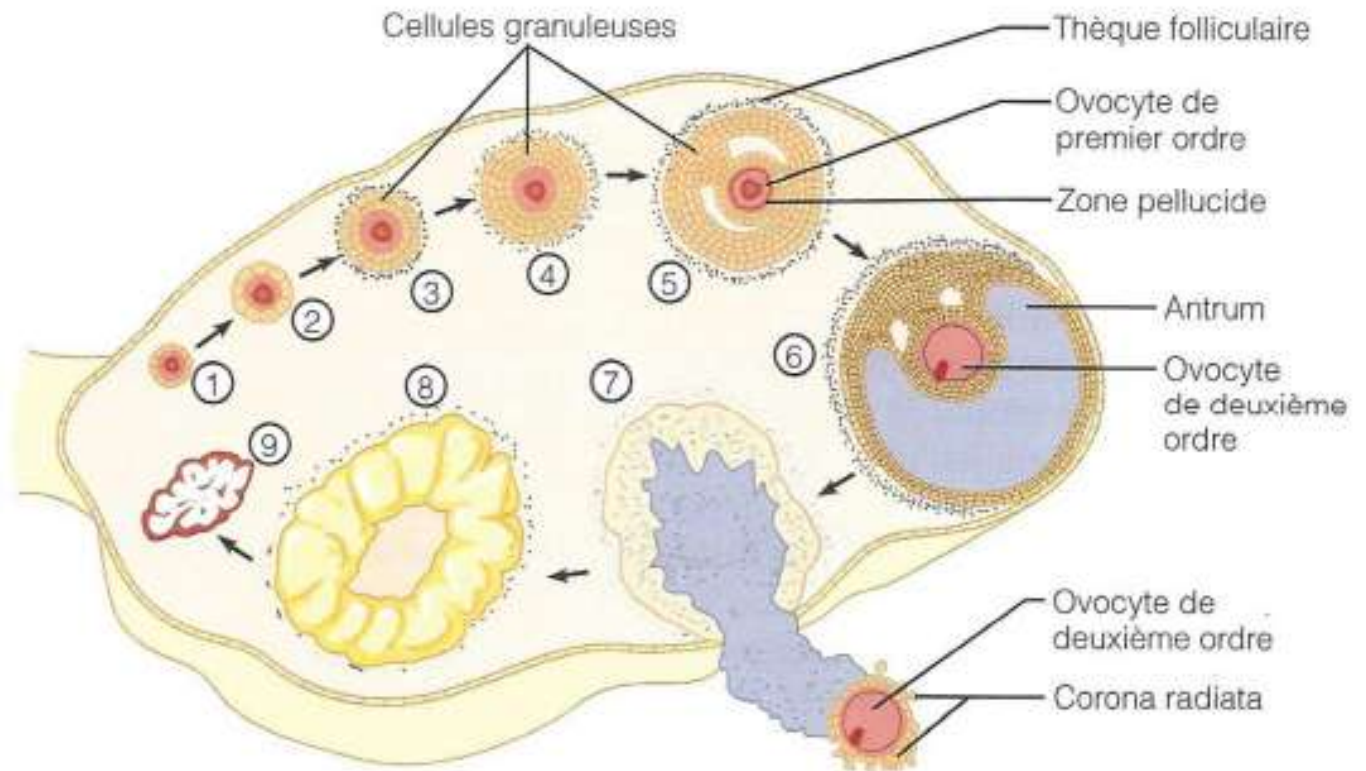


Figure 23 : Evolution complète d'un follicule d'après Marier et Hoehn (2015)

1-6 : phase folliculaire (1 : follicule primordial, 2 follicule primaire, 3-4 follicule secondaire, 5 follicule tertiaire, 6 follicule de De Graaf) ; 7 : ovulation (rupture du follicule) ; 8-9 : phase lutéale (8 : corps jaune, 9 : corps blanc = corpus albicans)

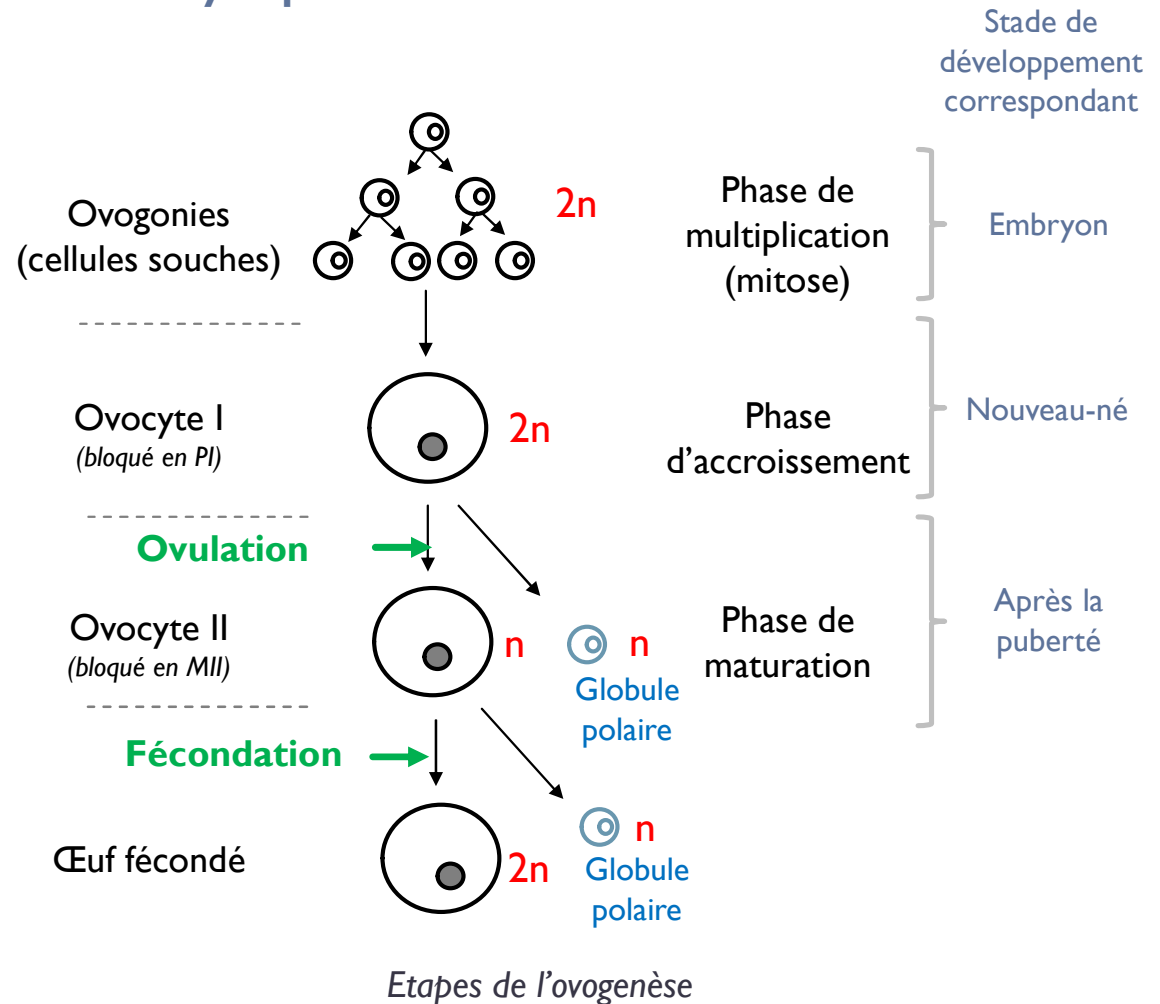
B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

1.2.1. Ovogenèse et folliculogénèse

- Premières étapes : pendant l'embryogenèse et chez le nouveau-né
- Dernières étapes (maturation d'un ovocyte II) : à chaque cycle ovarien, après la puberté
- Division de méiose **asymétriques**
→ **globules polaires**
- **L'ovogenèse** aboutit à un **ovocyte II** bloqué en **métaphase II** de méiose
→ fin de méiose lors de la fécondation



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux géotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

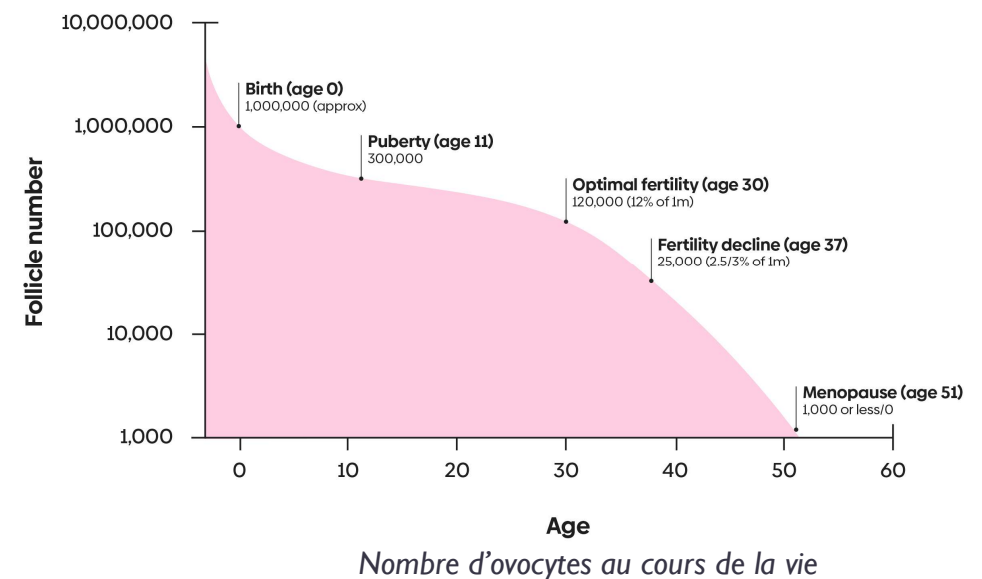


1.2.1. Ovogenèse et folliculogénèse

L'ovogenèse

- Pendant le **développement embryonnaire** (XX), les **ovogonies** (cellules souches germinales) se multiplient (par mitose) puis entament la **méiose** jusqu'en **prophase I**.
 - A 5 mois de grossesse : 5 millions d'**ovocytes I** (= max)
- La majorité des ovocytes dégèrent au cours du temps
 - À la naissance : 1 million d'ovocytes I
 - Au début de la puberté : 300 000 ovocytes I
- De la **puberté** à la **ménopause** :
 - A chaque cycle, un seul ovocyte (par ovaire) parvient à atteindre le stade métaphase II (juste après ovulation)
 - Il est éjecté hors de l'ovaire lors de l'ovulation
 - A chaque cycle, de nombreux autres ovocytes dégèrent
 - → Entre puberté et ménopause : ~ 400 **ovocytes II** ovulés

Rem : La méiose II ne reprendra qu'au moment de la fécondation (avec émission d'un deuxième globule polaire).



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.1. Ovogenèse et folliculogénèse

BILAN

■ Ovulation

- Reprise de la méiose de l'ovocyte (PI → MII)
- éjection d'un **ovocyte II** dans le pavillon de la trompe
- Rupture du follicule ⇒ transformation en **corps jaune**
- **Jaune = pigment la lutéine** ⇒ phase lutéale
 - ❖ En absence de fécondation ⇒ régression du corps jaune ⇒ **destruction de la muqueuse utérine sans hémorragie** ⇒ nouveau cycle chez la vache
 - ❖ Si fécondation ⇒ maintien du corps jaune ⇒ maintien de la muqueuse utérine

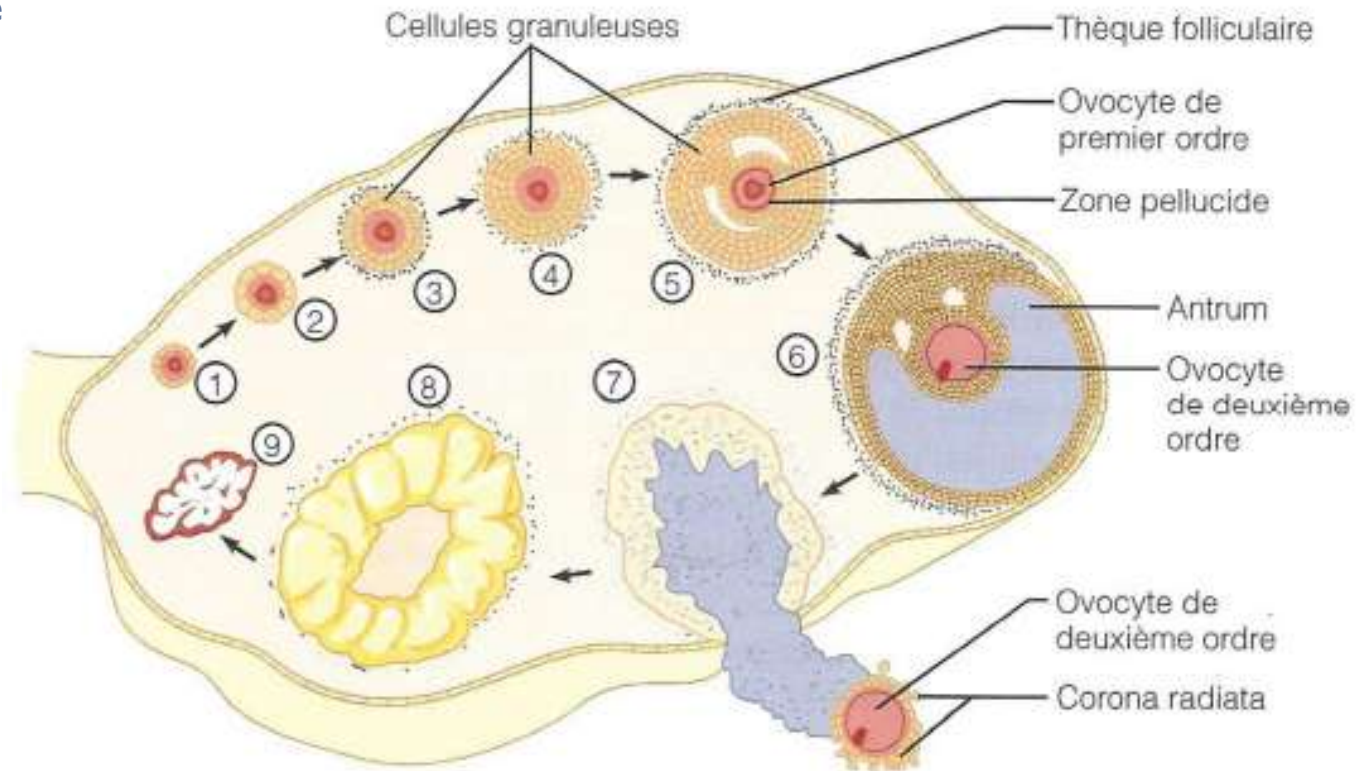
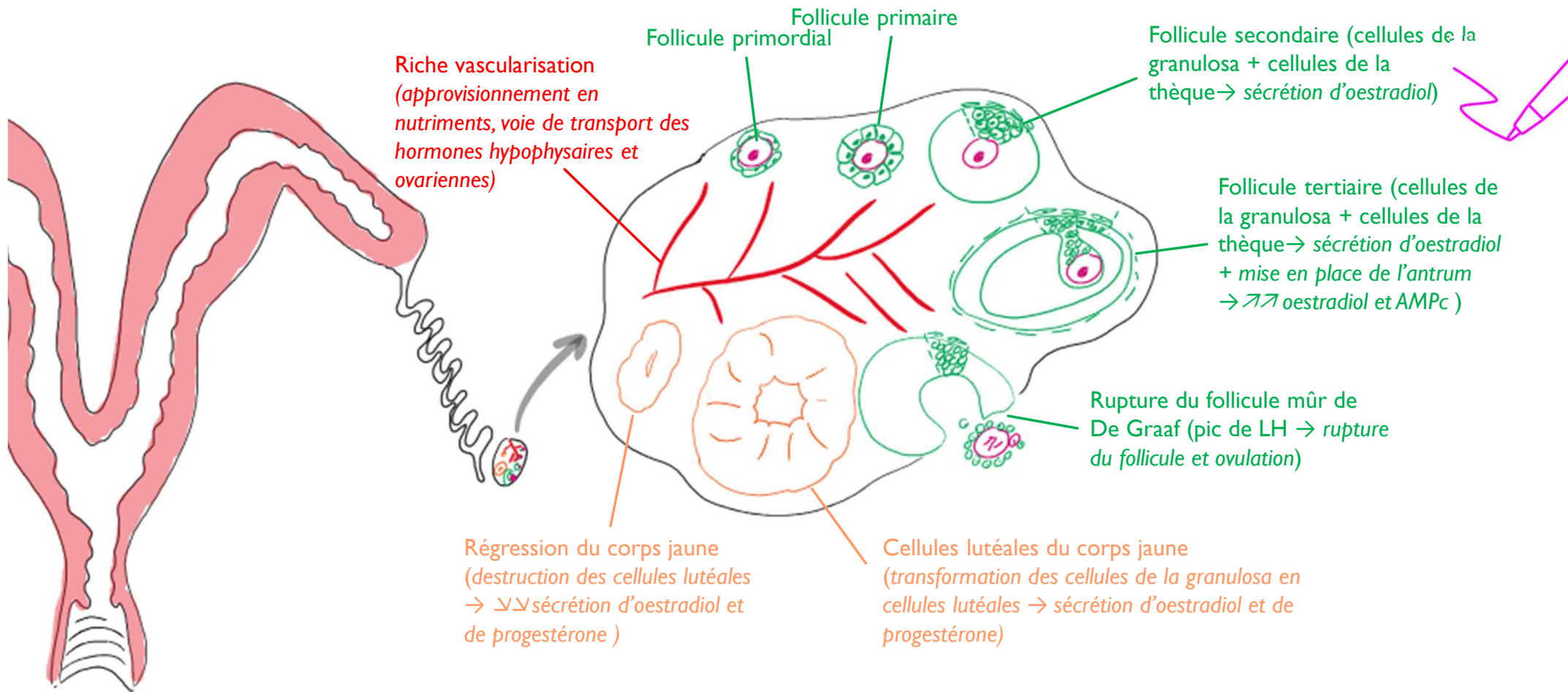


Figure 23 : Evolution complète d'un follicule d'après Marier et Hoehn (2015)

1-6 : phase folliculaire (1 : follicule primordial, 2 follicule primaire, 3-4 follicule secondaire, 5 follicule tertiaire, 6 follicule de De Graaf) ; 7 : ovulation (rupture du follicule) ; 8-9 : phase lutéale (8 : corps jaune, 9 : corps blanc = corpus albicans)



Evolution complète d'un follicule (d'après Marier et Hoehn (2015) S. Dalaine

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

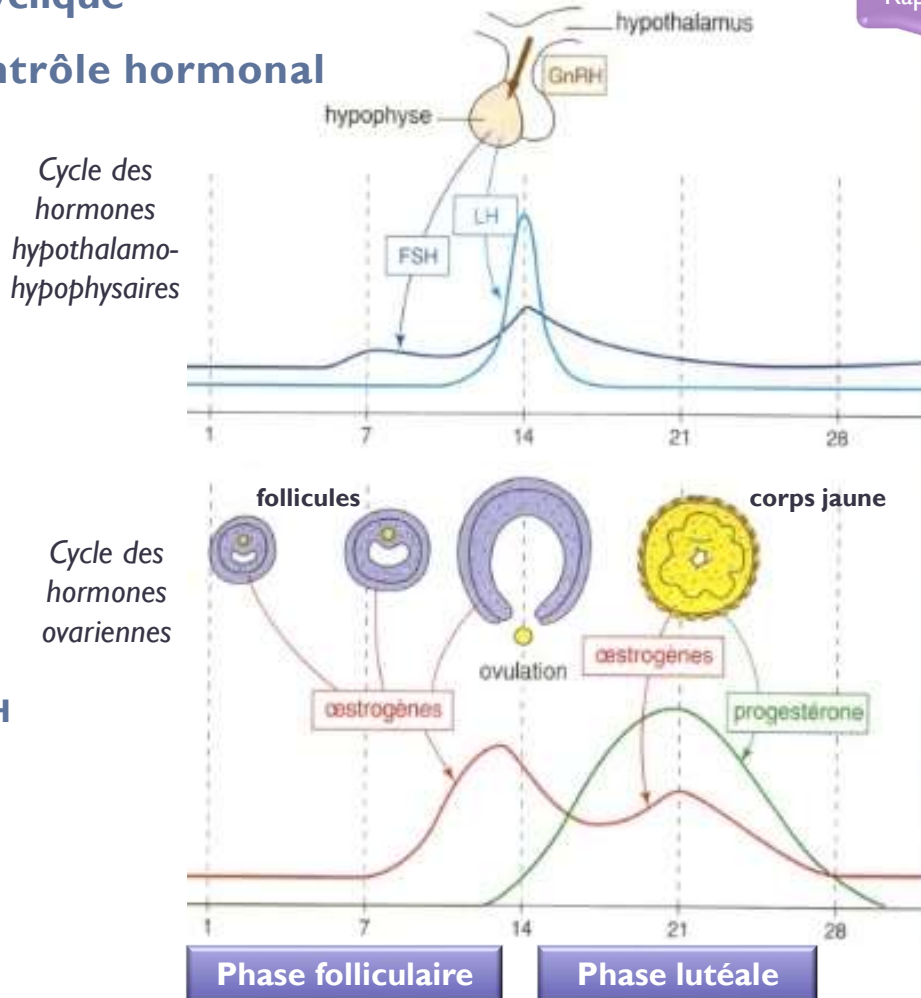
I.2.2. Fonctionnement cyclique (21 jours) sous contrôle hormonal

Rappels de 2nde

Chez la femme

Le contrôle hormonal du cycle ovarien

- **Phase folliculaire : J1 à J14**
 - Effet de la **FSH** sur les cellules de la **granulosa**
 - Prolifération (mitose)
 - sécrétion d'**œstrogènes** à faible [C]
 - Effet des **œstrogènes** sur les cellules de l'**hypophyse**
 - Inhibition de la production de **FSH**
 - = **Rétrocontrôle négatif** quand [**œstrogènes**] faible
- **Ovulation : J14**
 - Cellules de la **granulosa** très nombreuses
 - sécrétion d'**œstrogènes** à forte [C]
 - Effet des **œstrogènes** sur les cellules de l'**hypophyse**
 - ✓ Augmentation de la sécrétion de **FSH** et **pic de LH**
 - = **Rétrocontrôle positif** quand [**œstrogènes**] forte
 - Effet de la **LH** sur les cellules de la **thèque** : contraction
 - Ovulation
- **Phase lutéale : J14 à J28**
 - Effet de la **LH** sur les cellules de **granulosa**
 - Transformation en corps jaune, sécrétant la **progestérone** + **œstrogènes**



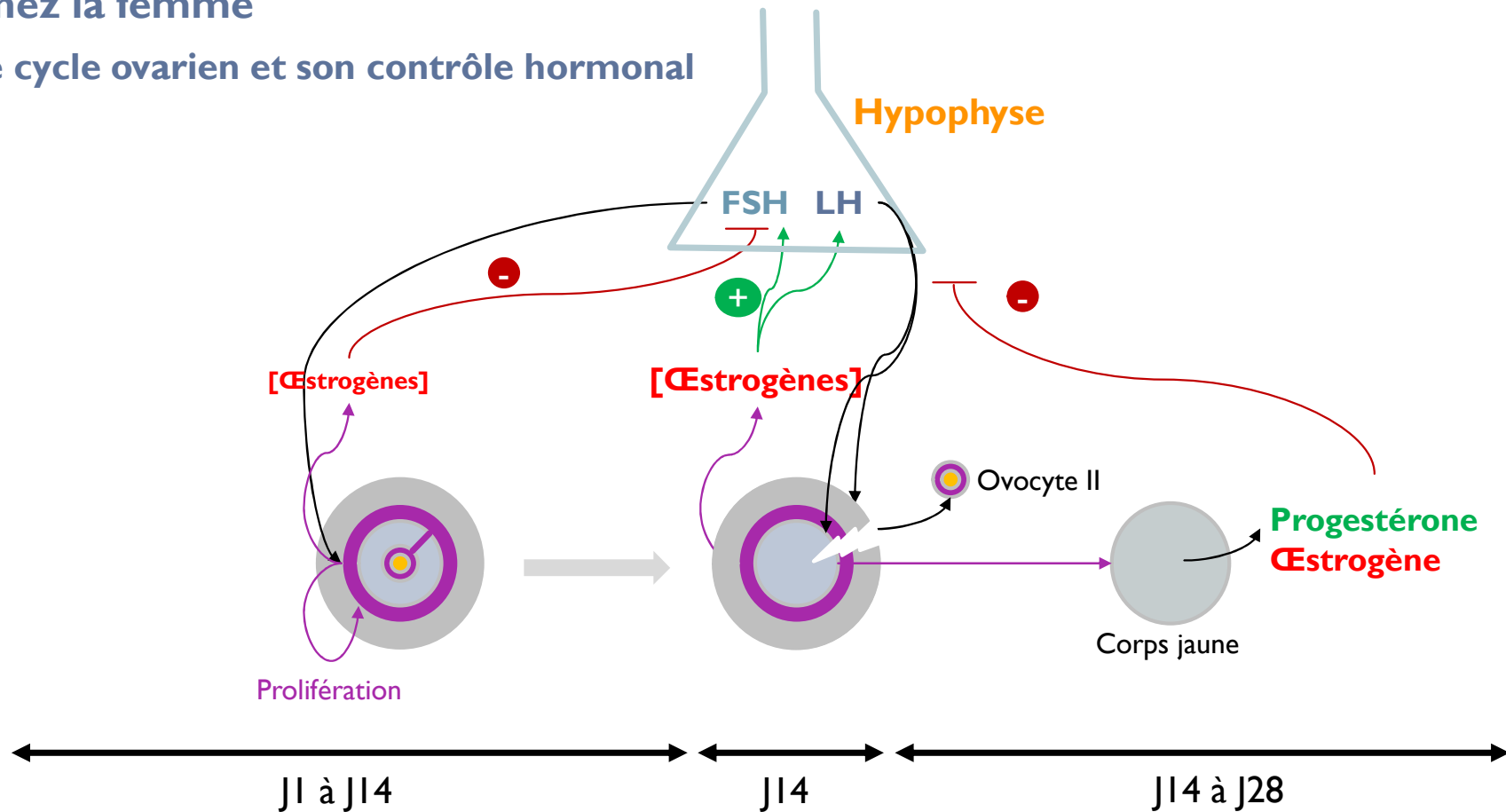
B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux géotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.2. Fonctionnement cyclique (21 jours) sous contrôle hormonal
Chez la femme

Le cycle ovarien et son contrôle hormonal



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.2. Fonctionnement cyclique (21 jours) sous contrôle hor

Le cycle ovarien et son contrôle hormonal

- Le cycle sexuel contrôlé par le **complexe hypothalamo-hypophysaire**
 - L'hypothalamus assure la liaison entre le système nerveux et le système endocrine
 - **L'hypothalamus intègre des stimuli en provenance du monde extérieur (lumière par exemple) et en provenance de l'organisme (influx nerveux, hormones)**
 - L'hypothalamus assure l'ajustement des activités de l'organisme aux variations des paramètres externes et internes.

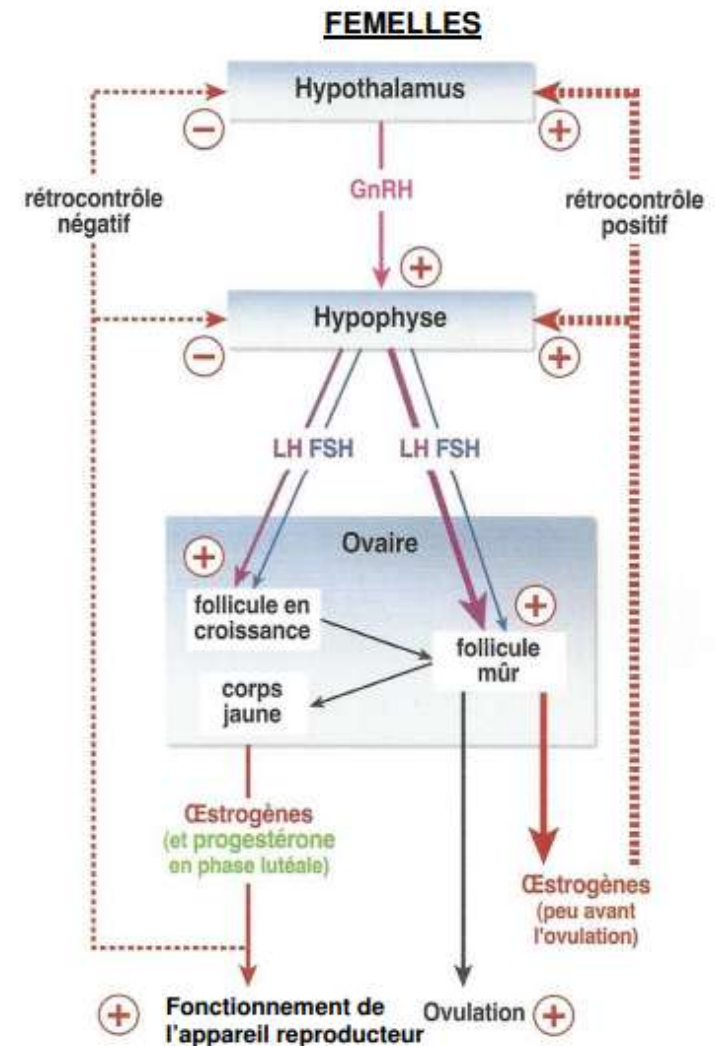


Figure 26 : Le contrôle de la fonction de reproduction chez la femelle. D'après Lizeau, Baude et al. (2008)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux géotypes variés

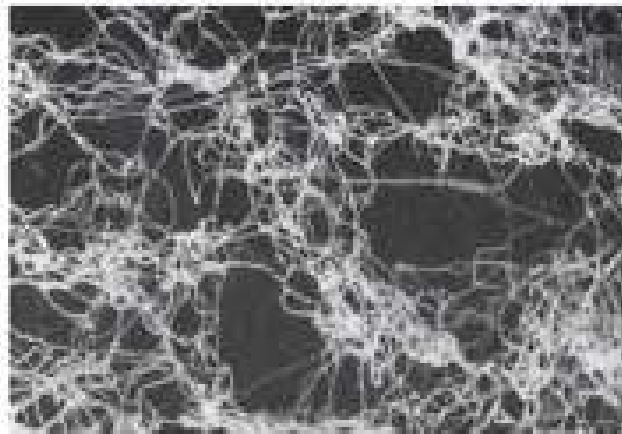
I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.2. Fonctionnement cyclique (21 jours) sous contrôle hormonal

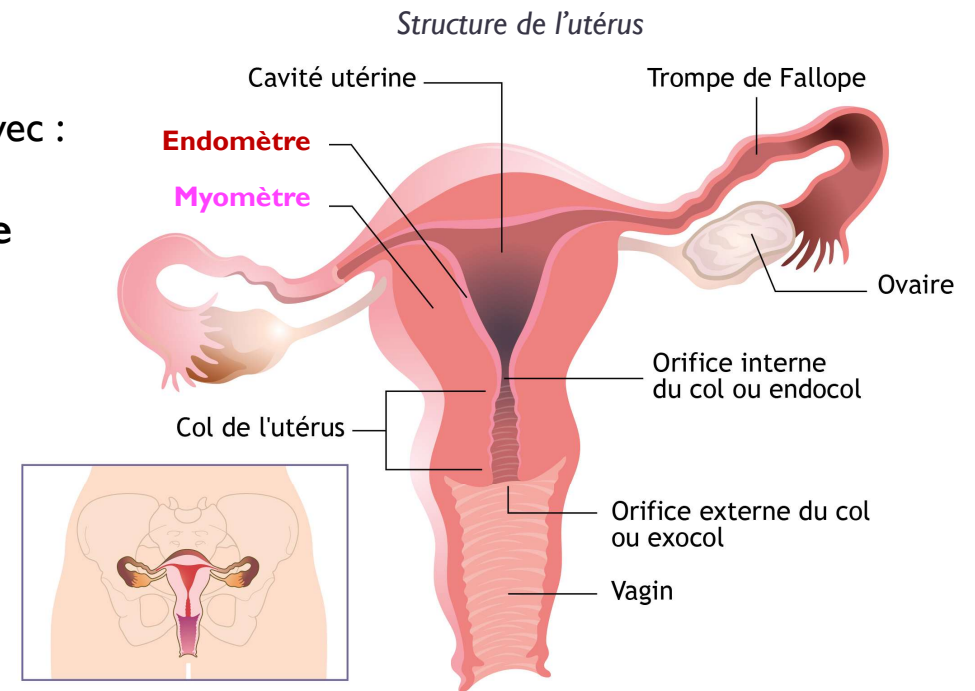
Chez la femme

L'utérus

- **L'utérus** est un organe creux de la taille d'une poire avec :
 - une **cavité** qui peut accueillir une grossesse
 - un **col de l'utérus**, tapissé de la **glaire cervicale**
 - Une paroi avec
 - ✓ un **endomètre** (= muqueuse richement vascularisée)
 - ✓ un **myomètre** (= couche de muscles lisses)



Aspect de la glaire cervicale
(milieu de cycle)
MEB, x 1 800



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

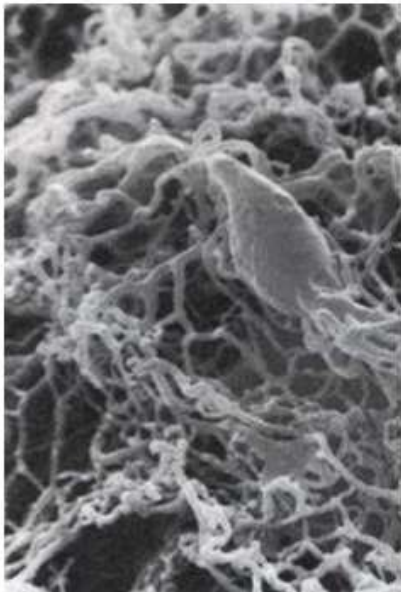
I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux géotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

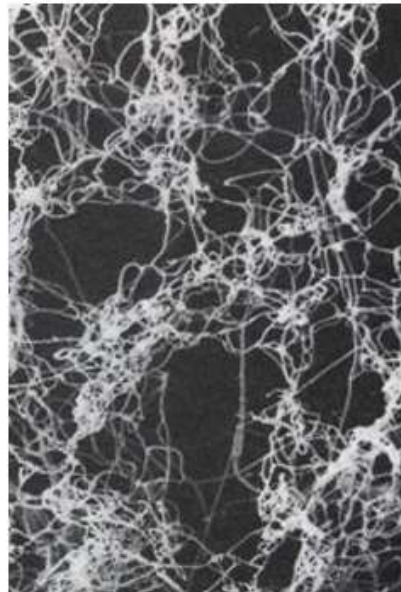
I.2.2. Fonctionnement cyclique (21 jours) sous contrôle hormonal

Chez la femme

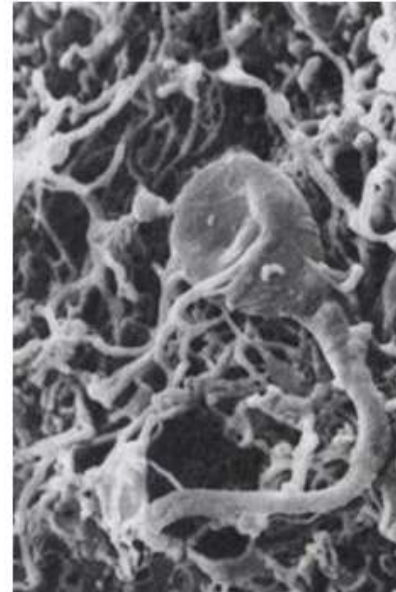
L'utérus: cycle de la glaire cervicale



De J1 à J13



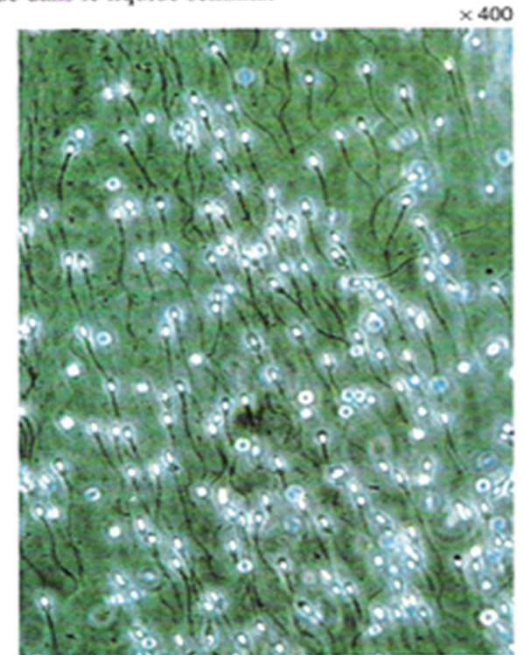
à J14



De J15 à J28

L'enregistrement microcinématographique montre que dans le sperme, il n'y a pas d'orientation particulière des déplacements des spermatozoïdes.

Un même examen pratiqué dans un tube de verre contenant de la glaire cervicale montre au contraire une orientation privilégiée et une vitesse plus grande que dans le liquide séminal.



4 Quelques heures après un rapport sexuel, de la glaire cervicale peut être prélevée par aspiration dans un tube capillaire et observée au microscope.

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux géotypes variés

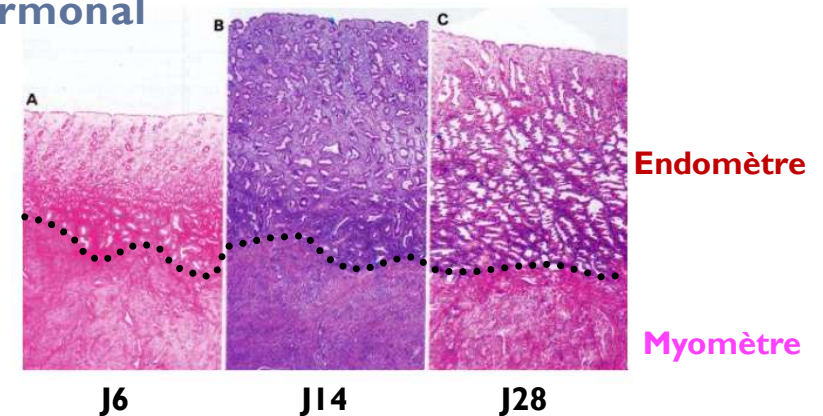
I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.2. Fonctionnement cyclique (21 jours) sous contrôle hormonal Chez la femme

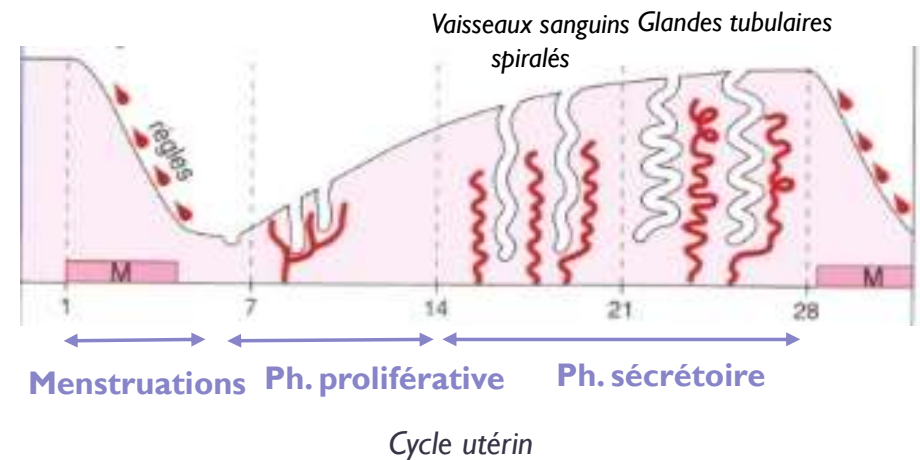
Le cycle utérin et son contrôle hormonal

- L'utérus a un fonctionnement cyclique, en 3 phases :
 - **Phase proliférative : J6 à J14** (juste après les règles)
 - l'**endomètre** s'épaissit, sous l'effet des **œstrogènes** sécrétés par l'ovaire.
 - **Phase sécrétoire : J14 à J28**
 - l'**endomètre** se vascularise et se creuse de glandes (aspect « en dentelle ») sécrétant du glycogène, sous l'effet de la **progestérone** sécrétée par le corps jaune de l'ovaire.
 - **Menstruations : J1 à J5**
 - ✓ La dégénérescence du corps jaune (dans l'ovaire) entraîne une chute de [C] en hormones ovariennes
 - ✓ contraction des muscles lisses du **myomètre**
 - ✓ élimination de l'**endomètre** = **menstruations**

Règles : (n.f.) mélange composé de sang, de sécrétions vaginales, et de fragments de paroi utérine, volume ~ 50 mL



Aspect de la paroi utérine au cours du cycle



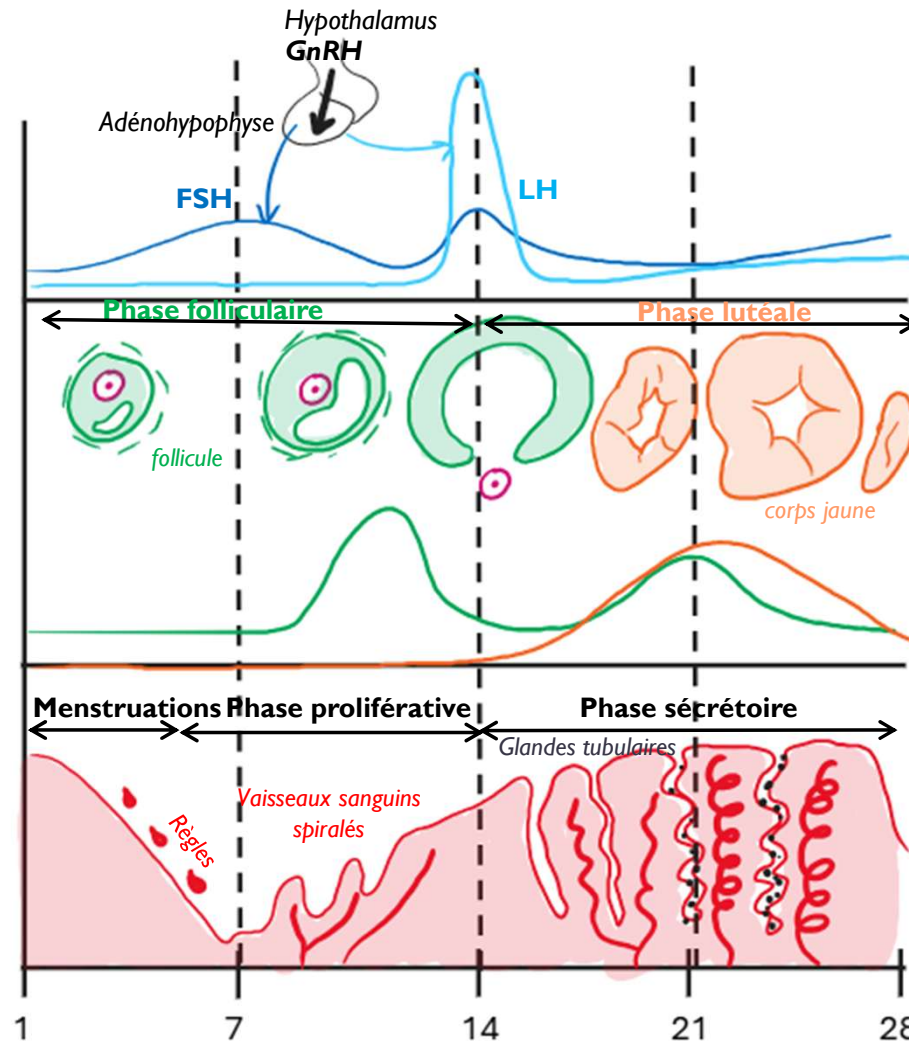
BILAN

Cycle des hormones hypothalamo-hypophysaires

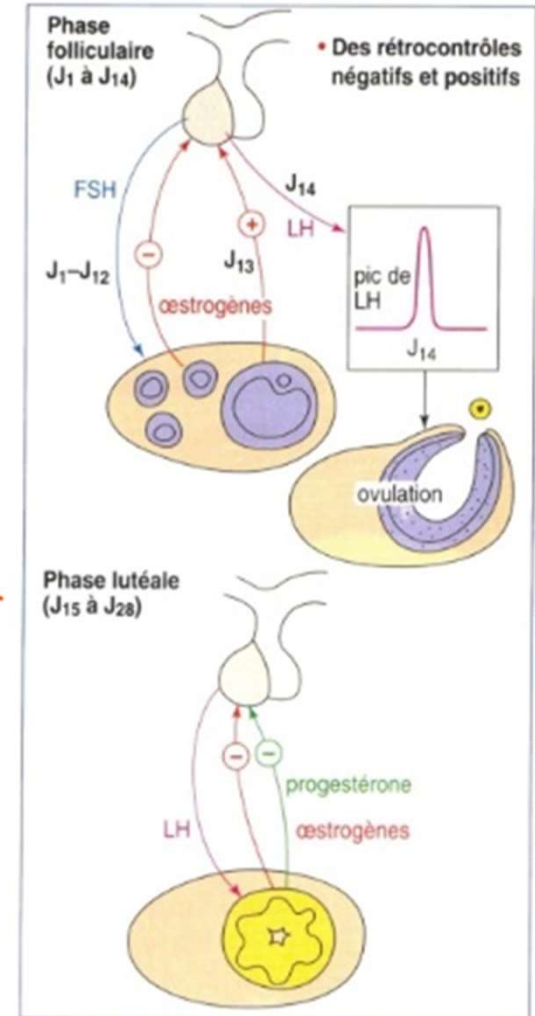
Cycle ovarien

Cycle des hormones ovariennes

Cycle utérin



Fonctionnement de l'axe gonadotrope chez la femme (S. Dalaine)



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.2. Fonctionnement cyclique (21 jours) sous contrôle hormonal

Œstrus ou chaleurs : période de fécondité (ovulation) où la femelle adopte un ensemble de comportements en vue de l'accouplement



Cycle saisonnier de la biche.
Faon né à la fin de l'hiver

■ Rythmicité du cycle

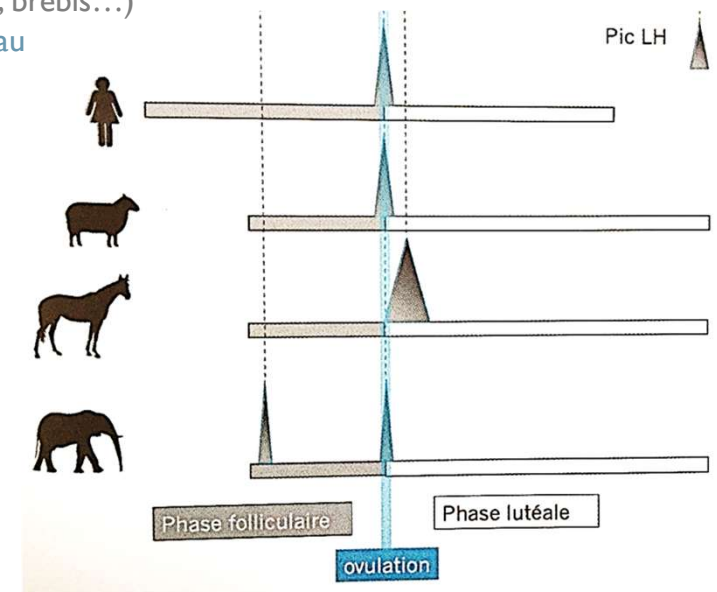
- Fertilité **non saisonnée** : activité sexuelle toute l'année (ex: femme, chatte, vache)
- Fertilité **saisonnée** : œstrus limité à une période de l'année (ex : chienne, jument, brebis...)
 - Naissance des petits synchronisée avec les ressources alimentaires disponibles au moment du sevrage

■ Chaleurs vs. menstruation

- **Cycle menstruel** → **menstruations** propres à qq primates (ex : chimpanzé)
- **Cycle œstral** de durée variable → **chaleurs** avec remodelage ou réabsorption (sans pertes de sang) de l'endomètre
 - ✓ Chienne : cycle de 6 mois, pertes de sang
 - ✓ Chatte : cycle de ~ 20 j, sans pertes de sang

■ Variations autour de l'ovulation

- Pic de LH et ovulation **indépendants** de la **saillie** (ex : chienne, jument)
- Pic de LH et ovulation **déclenchés par la saillie** (ex : chatte)
- Variation du nb et timing des pics de LH (ex : jument, éléphante)



Pic de LH chez différentes espèces

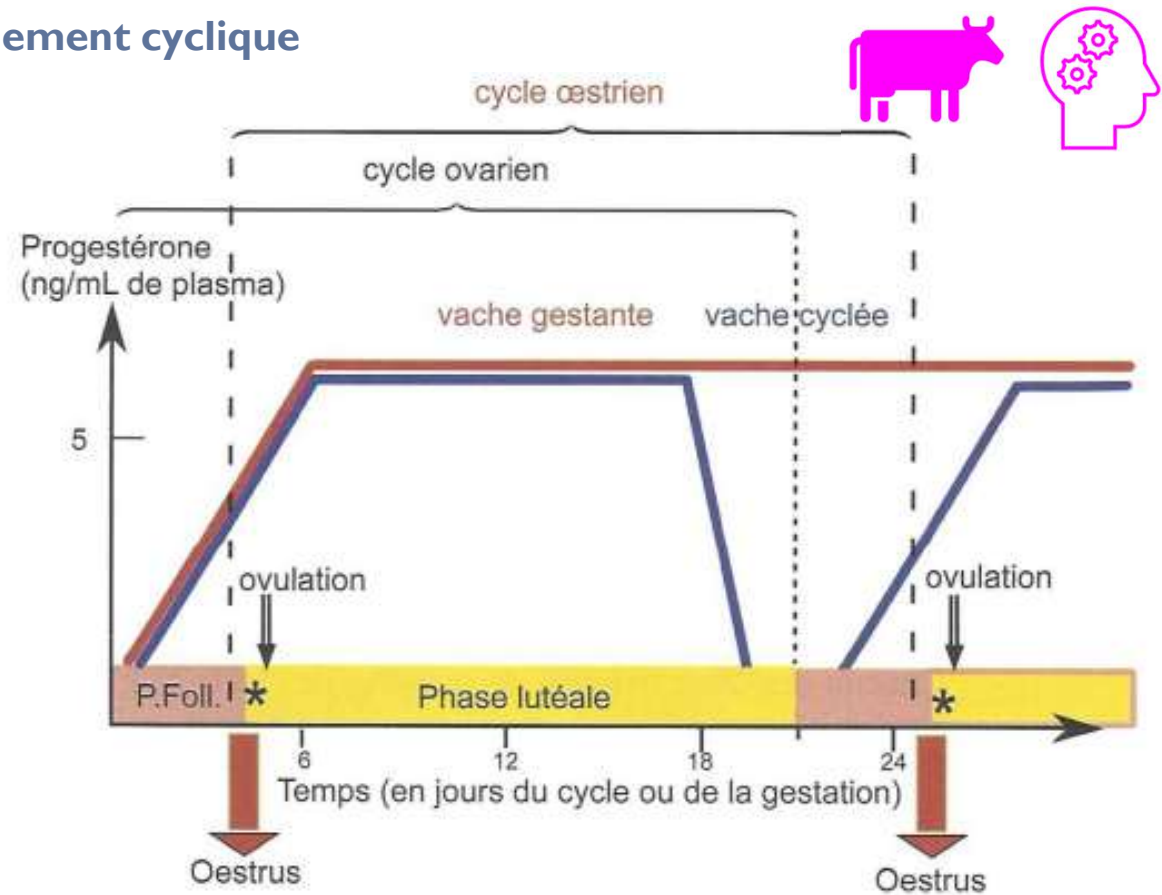
B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux géotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.3. Le cycle œstral

- **cycle œstral** : apparition périodique, **avant l'ovulation**, d'un **comportement d'œstrus**, ou chaleurs.
- Par convention **œstrus** marque le **début du cycle**, d'une durée de l'ordre de **21 jours**.
- L'ovulation a lieu au début du cycle œstral.
- Les cycles sont indépendants des saisons chez la vache et se succèdent toute l'année tant qu'il n'y a pas de gestation.



Le cycle ovarien et le cycle œstrien de la vache.

(P.Foll. : phase folliculaire). L'astérisque (*) indique le moment idéal pour une insémination artificielle.

Figure 24 : cycles menstruels de la vache. D'après Peycru et al. (2017)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux géotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.3. Le cycle œstral

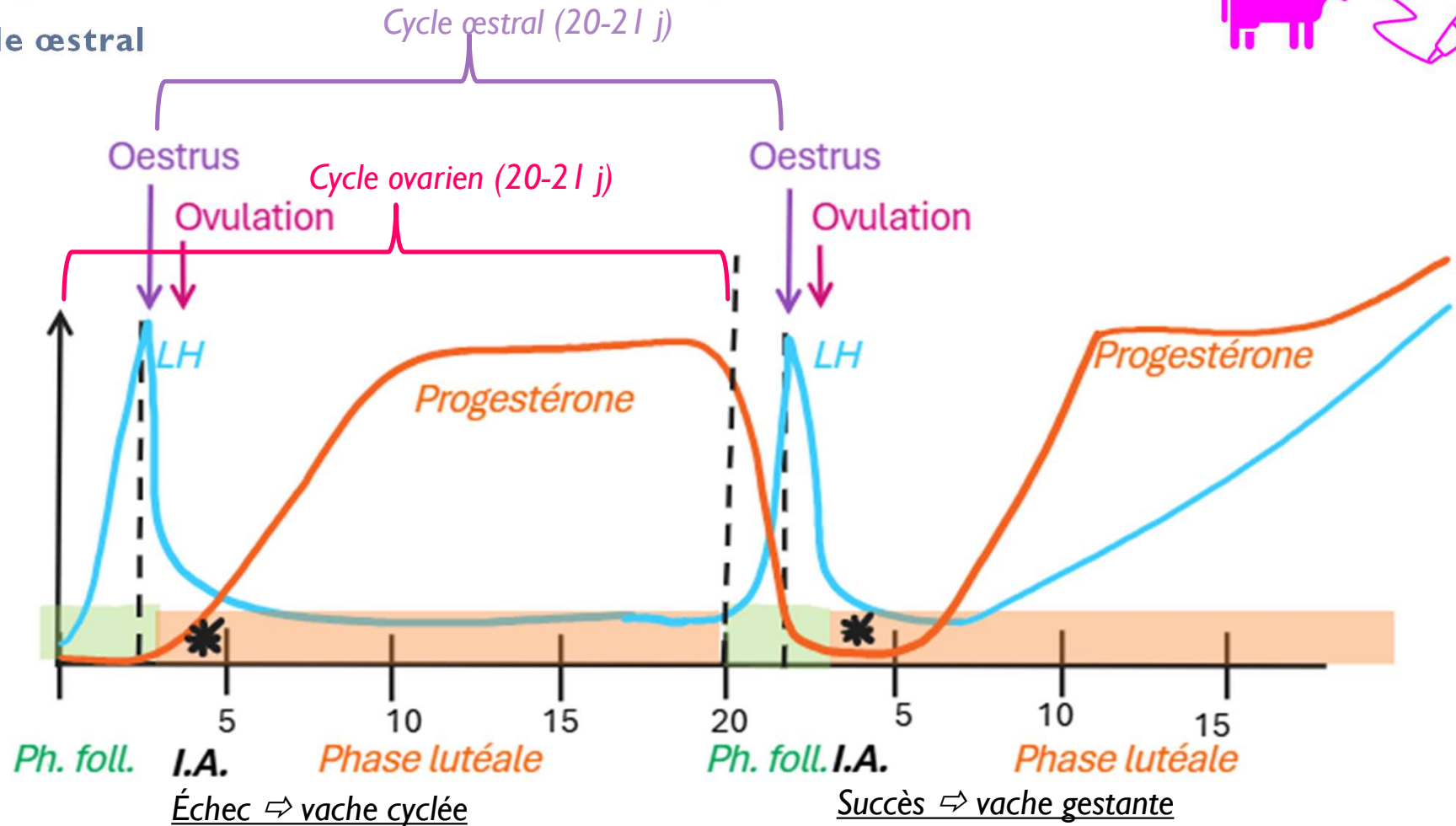
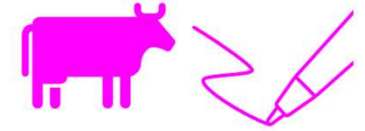


Figure 24 : cycles ovariens et œstraux de la vache (S. Dalaine)

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.3. Le cycle œstral

- Chez la vache, l'œstrus dure 18 heures et l'ovulation a lieu 12 h après la fin de l'œstrus ⇒ insémination 10 à 12 heures après les 1ers premiers signes de chaleur
- Les signes d'œstrus chez la vache:
 - une augmentation de la production de mucus au niveau de la vulve (peu caractéristique) ;
 - une augmentation des reniflements ;
 - une augmentation des contacts avec les congénères et notamment la pose du menton sur d'autres bovins ;
 - la monte active (avant ou arrière) ;
 - la monte passive (signe le plus caractéristique d'une période d'œstrus).
- 3 semaines après le vêlage, vérification par éleveur d'un nouveau cycle œstral
 - Soit mesure du taux de progestérone dans le lait,
 - Soit palpation transrectale afin d'identifier l'existence d'un corps jaune.

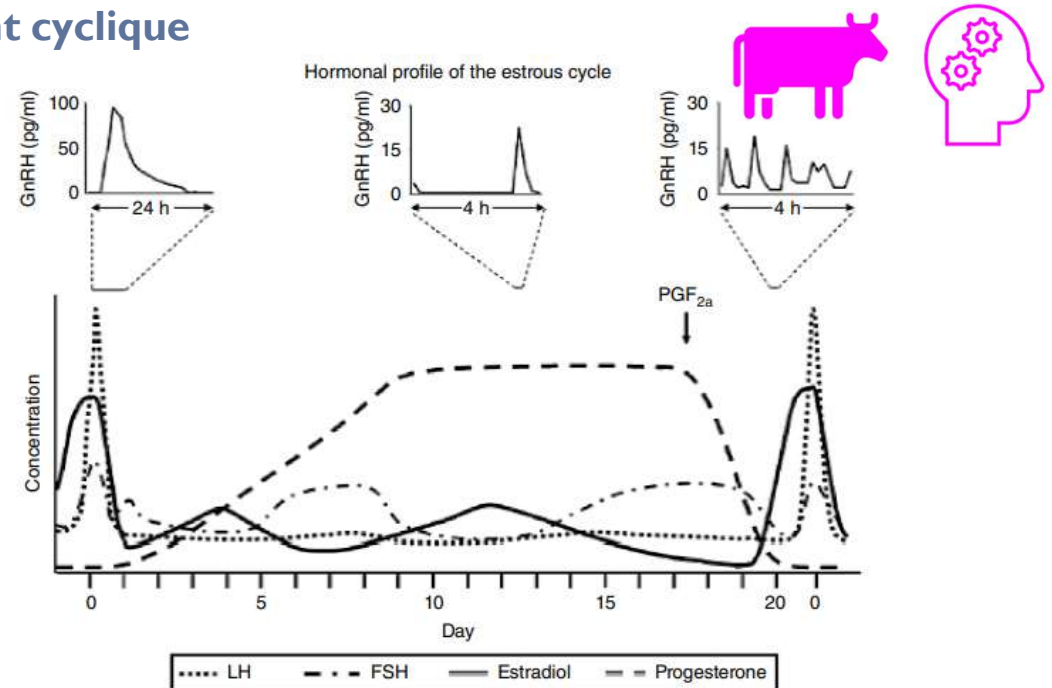


Figure 24.1 Relative changes in circulating concentrations of luteinizing hormone (LH), follicle-stimulating hormone (FSH), estradiol, and progesterone during the estrous cycle in cows. The day on which estrous behavior is observed is denoted as day 0 of the estrous cycle. Circulating concentrations of progesterone increase after ovulation with formation and maturation of the corpus luteum, and remain elevated for the duration of the luteal phase. Release of prostaglandin (PG)_{2a} causes luteolysis, which is followed by a decrease in circulating concentrations of progesterone. The period of rapid follicular growth and maturation, and elevated concentrations of estradiol in circulation, that follows luteolysis characterizes the follicular phase. Elevated estradiol, in the absence of progesterone, leads to estrous behavior and the preovulatory surge of gonadotropin-releasing hormone (GnRH; top, graph on left). During the luteal phase, progesterone inhibits the frequency of pulsatile release of GnRH (top, graph in middle) and consequently the pulsatile release of LH. During the follicular phase, escape from progesterone inhibition leads to increased frequency of GnRH (top, graph on right) and LH pulses, which supports follicular maturation and enhanced ovarian steroidogenesis. Fluctuations in circulating concentrations of FSH and estradiol are observed in association with initiation and progression of follicular waves.

Figure 28 : Concentration de LH, FSH, œstradiol, progestérone pendant un cycle œstral chez la vache

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.3. Le cycle œstral

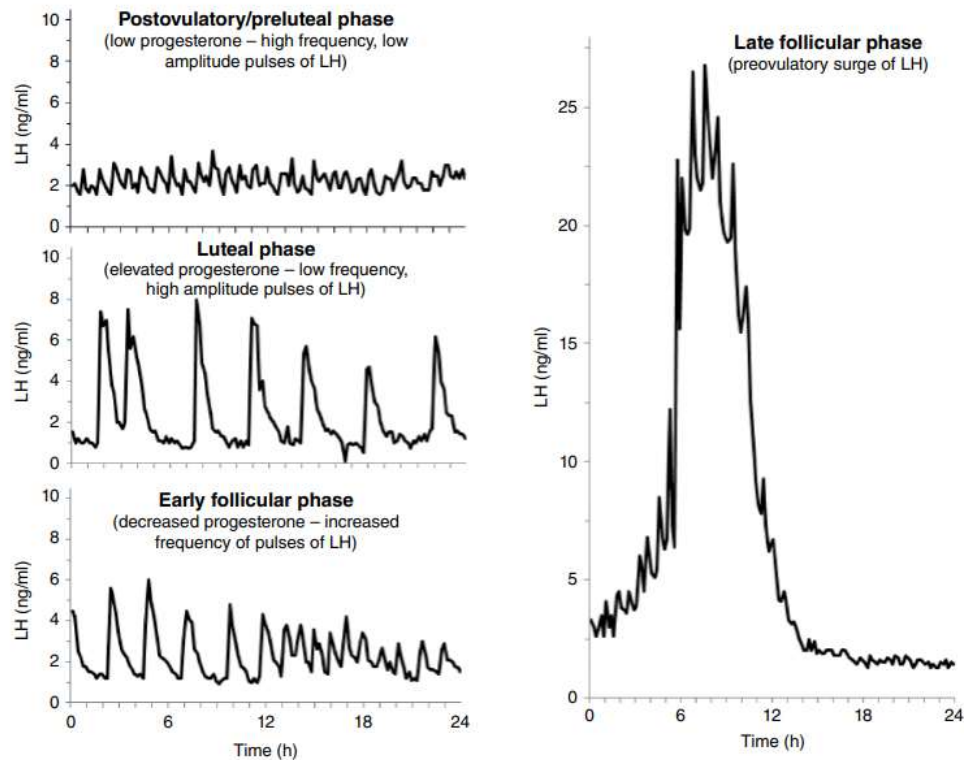


Figure 24.4 Patterns of release of luteinizing hormone (LH) during the estrous cycle in cows. Blood samples from the jugular vein were collected at 10-minute intervals for 24 hours in four distinct phases of the estrous cycle in a cow. Source: From [2], © 1980, Oxford University Press.



Figure 25.1 Left and right ovaries from a cow in proestrus (top to bottom: surface view, cut surface, ultrasound image, and histological section stained with H&E). In the left ovary, two large antral follicles are apparent side-by-side, a regressing former dominant follicle (on the left) and the preovulatory dominant follicle (on the right). In the right ovary, a regressing CL is the predominant structure. The scale bar is 5 mm for all images.



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.3. Le cycle œstral

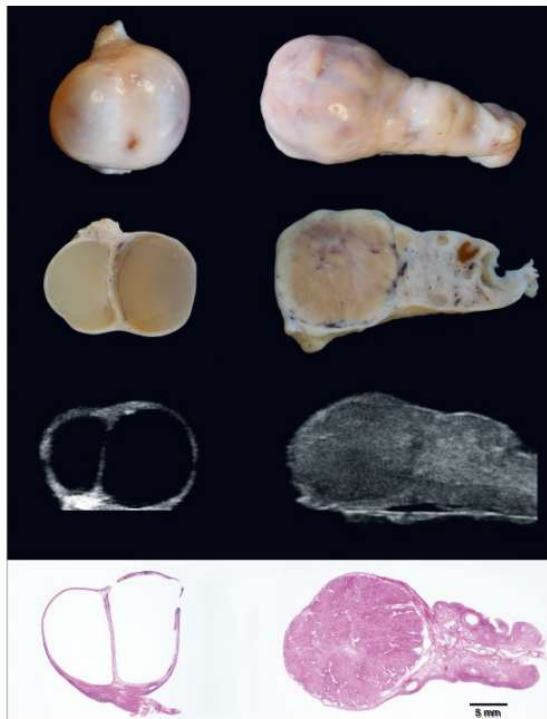
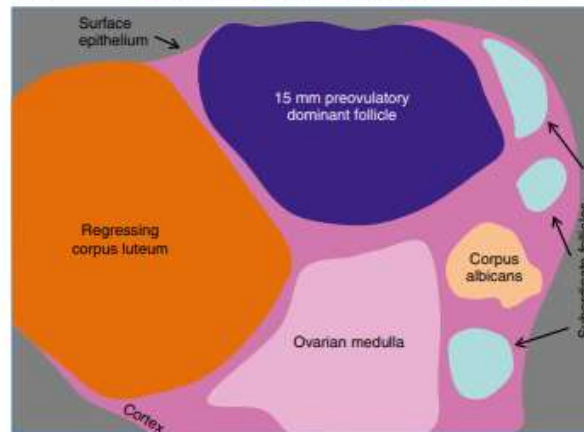
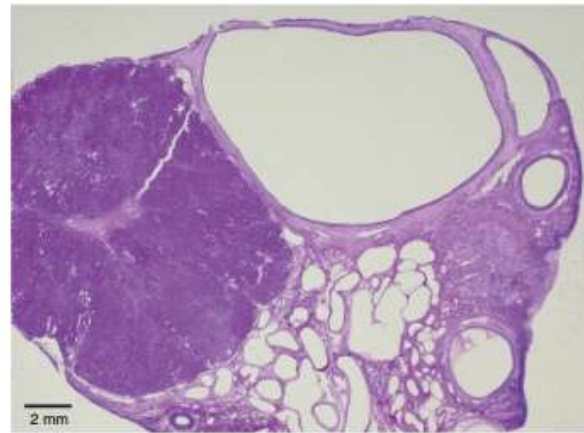


Figure 25.1 Left and right ovaries from a cow in proestrus (top to bottom: surface view, cut surface, ultrasound image, and histological section stained with H&E). In the left ovary, two large antral follicles are apparent side-by-side, a regressing former dominant follicle (on the left) and the preovulatory dominant follicle (on the right). In the right ovary, a regressing CL is the predominant structure. The scale bar is 5 mm for all images.



Atelier Vetsims à l'ENVA

Evaluer les critères de taille et de forme du col utérin et des ovaires dans le cadre de l'examen gynécologique d'une vache en postpartum

⇒ Palpation transrectale afin d'identifier la présence d'un corps jaune et donc la reprise d'un cycle post partum

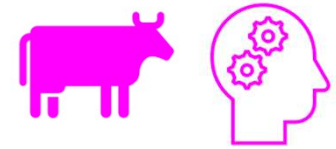
Figure 25.2 Histological section (stained with H&E) and diagram of the ovary of a cow at day 18 of the estrous cycle (day 1 = ovulation) showing structures of the outer cortex (regressing CL, preovulatory and subordinate follicles, corpus albicans) and the inner medulla (rete ovarii, blood vessels, connective tissue).

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

I. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés

I.2. L'appareil génital femelle a un fonctionnement cyclique

I.2.3. Le cycle œstral



- Les signes d'œstrus chez la vache:
 - une augmentation de la production de mucus au niveau de la vulve (peu caractéristique) ;
 - une augmentation des reniflements ;
 - une augmentation des contacts avec les congénères et notamment la pose du menton sur d'autres bovins ;
 - la monte active (avant ou arrière) ;
 - la monte passive (signe le plus caractéristique d'une période d'œstrus).



Figure 35.2 Holstein cows showing secondary signs of estrus: (a) long string of clear mucous discharge hanging from her vulva and a reddened, relaxed, and edematous vulva; and (b) roughened tailhead indicating that she was mounted. Sources: Images courtesy of Drs. Roberto Palomares (a) and Antonio Landaeta-Hernandez (b).



Figure 35.1 (a) Holstein heifer and (b) crossbred Brahman cow displaying primary sign of estrus behavior "standing to be mounted" by a herdmate. Sources: Images courtesy of Drs. Roberto Palomares (a) and Antonio Landaeta-Hernandez (b).

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

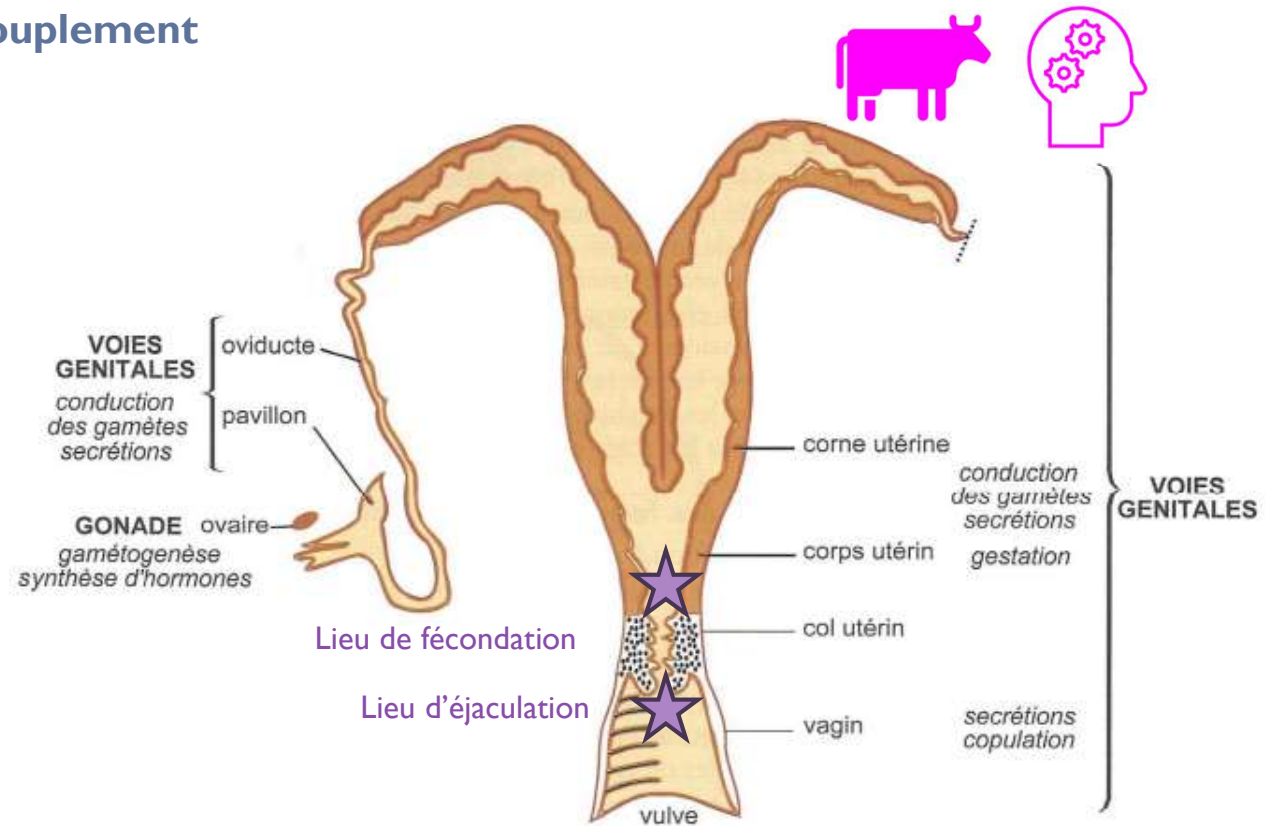
1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

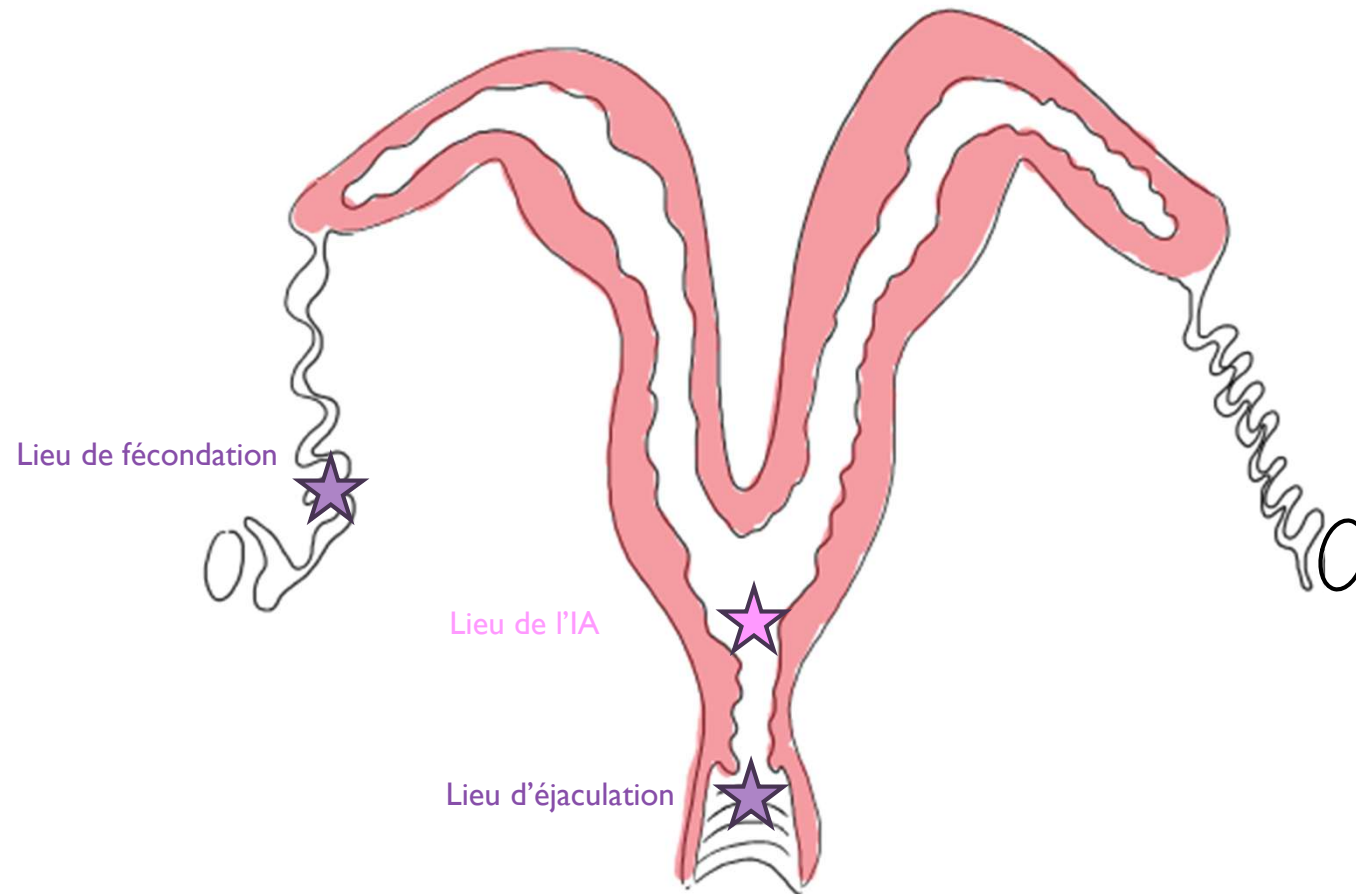
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utero

2.1. La fécondation interne nécessite un accouplement

- Détection de l'oestrus par le taureau grâce
 - à la libération de **phéromones** à partir des sécrétions vaginales
 - À la communication auditive et visuelle (observation d'une augmentation de l'activité de la vache en œstrus).
 - afflux de sang dans les corps spongieux et caverneux du pénis + relâchement des muscles rétracteurs du pénis.
- Lors de l'accouplement: sperme déposé au fond du vagin de la vache.
 - Les **spermatozoïdes motiles** remontent les voies génitales femelles
 - fécondation survient dans **1^{er} tiers des trompes**
 - Le **zygote** ou **cellule-œuf** mobile progresse vers l'utérus en se divisant : segmentation en morula



Organisation de l'appareil génital femelle. (D'après A. Beaumont et P. Cassier)



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utero

2.1. La fécondation interne nécessite un accouplement



Détection des chaleurs chez la vache



Recueil de sperme (en vue d'une insémination artificielle), suite à une éjaculation provoquée électriquement ou par un boute-en-train.



Jocko Bene, un des trois plus grands géniteurs de l'histoire de la race Prim'Holstein. Il a produit 1,7 millions de doses de semence destinées à féconder des vaches en insémination artificielle. On estime qu'il a eu entre 300 000 et 400 000 filles dans 60 pays du monde entier.



Conservation de paillettes de sperme congelées dans de l'azote liquide

→ Amélioration génétique du cheptel

B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utero

2.2. Pro gestation et nidation

- **Progestation** : période pendant laquelle l'embryon est **libre** dans l'utérus et est nourri par des sécrétions utérines (durée: 20 j chez vache).
 - **Quatre jours** après l'ovulation, un **embryon** de 16 à 32 cellules atteint **l'utérus**
 - **État libre** pendant une **quinzaine de jours**.
 - Sécrétion de l'embryon libre: protéine (**trophoblastine**) ⇒ empêche la lyse du corps jaune
 - **hormone lactogène placentaire** ⇒ stimule production de **progestérone** par le corps jaune, indispensable au maintien de la gestation.
 - ⇒ L'embryon sécrète lui-même les hormones nécessaires au maintien de la muqueuse utérine.

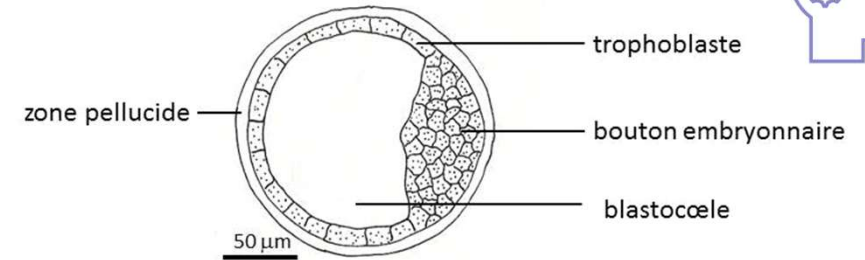
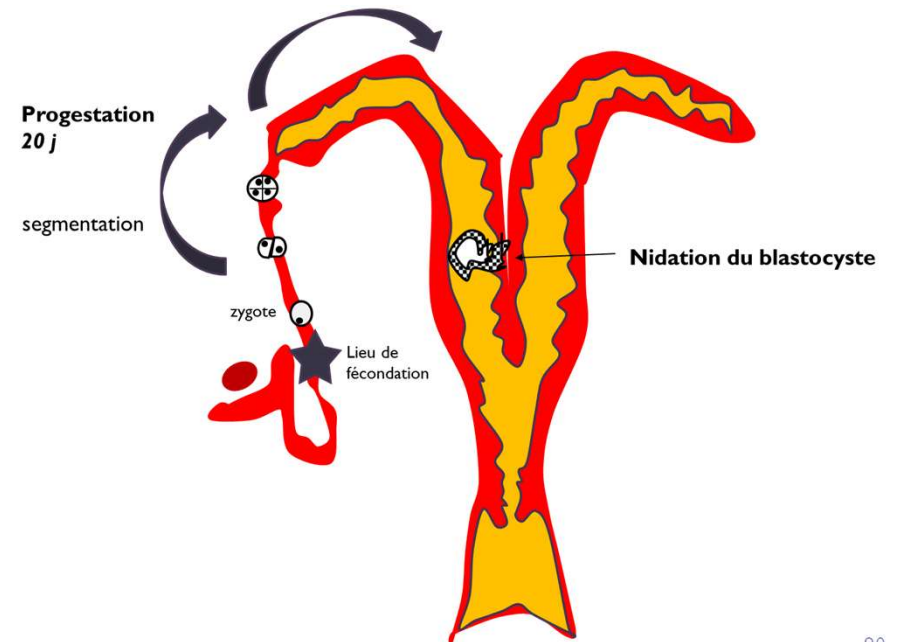


Figure 29 : schéma du stade blastocyste 9 jours post-fécondation



B. LES APPAREILS REPRODUCTEURS MALE ET FEMELLE SONT ADAPTES AU MILIEU AERIEN

2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utero

2.2. Pro gestation et nidation

- stade blastocyste : **9 jours post-fécondation** :
 - ❖ 2 types cellulaires : le **trophoblaste**, à la périphérie (→ placenta) + **bouton embryonnaire** (→ feuillet embryonnaires, endoderme, mésoderme et ectoderme)
 - ❖ une cavité : le **blastocoele** ou **blastocoele**.
- **Nidation après 20 jours**
 - **Implantation dans muqueuse utérine**
 - trophoblaste en contact avec muqueuse utérine → **placentomes** (40 à 120 placentomes de 3 à 5 cm de diamètre) dont l'ensemble forme le placenta.

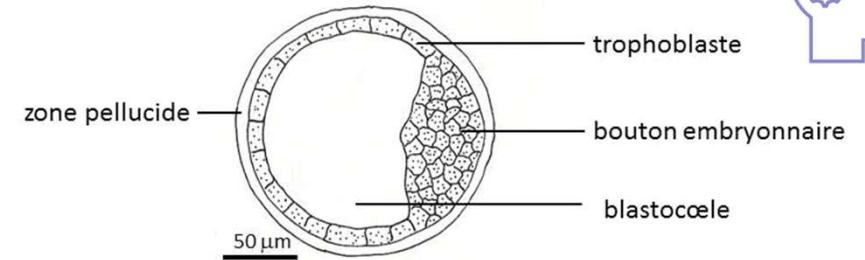
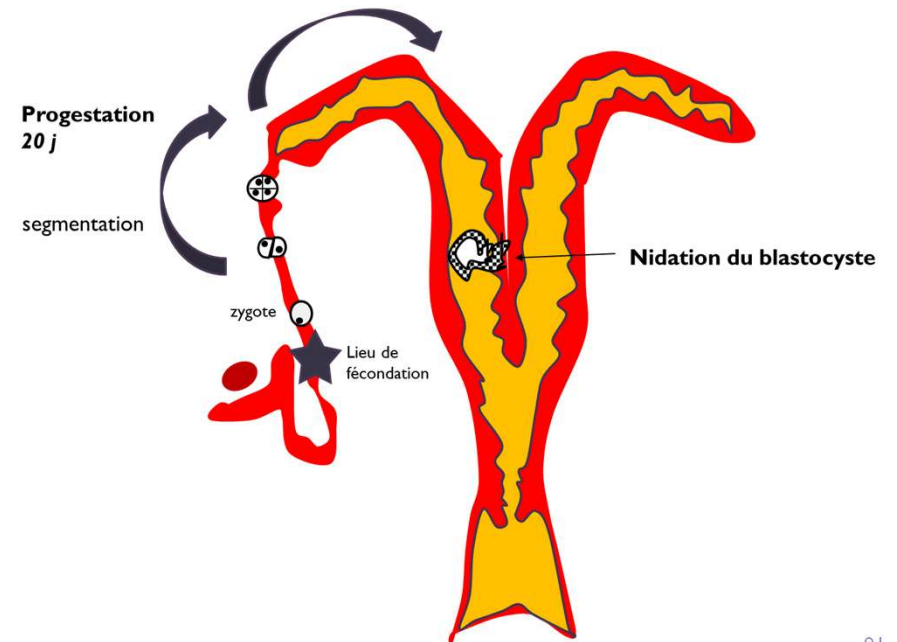


Figure 29 : schéma du stade blastocyste 9 jours post-fécondation



**Progestation
20 j**

segmentation

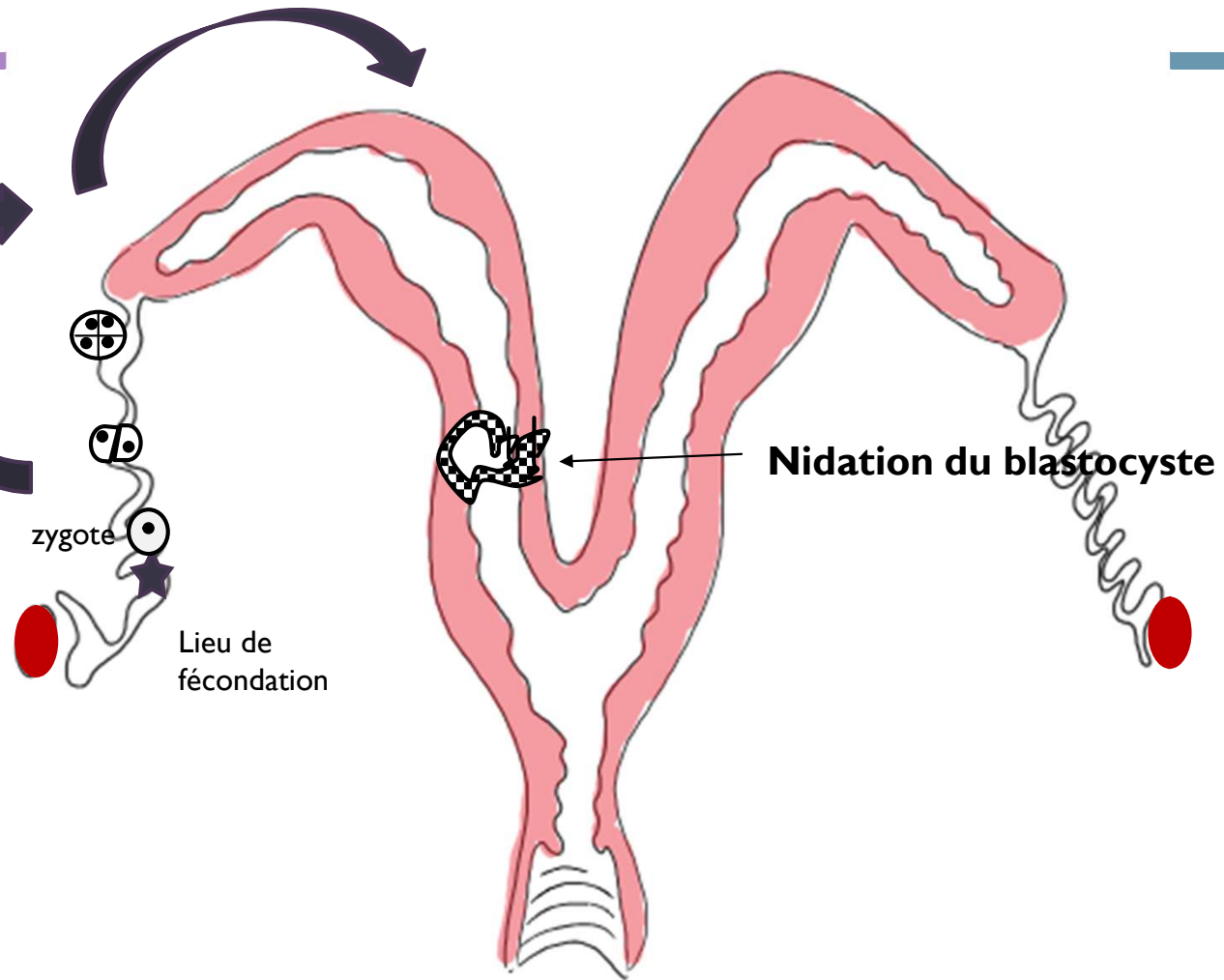


Figure 30 : de la fécondation à la nidation, une étape de progestation durant 20 jours (S. Dalaine)

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

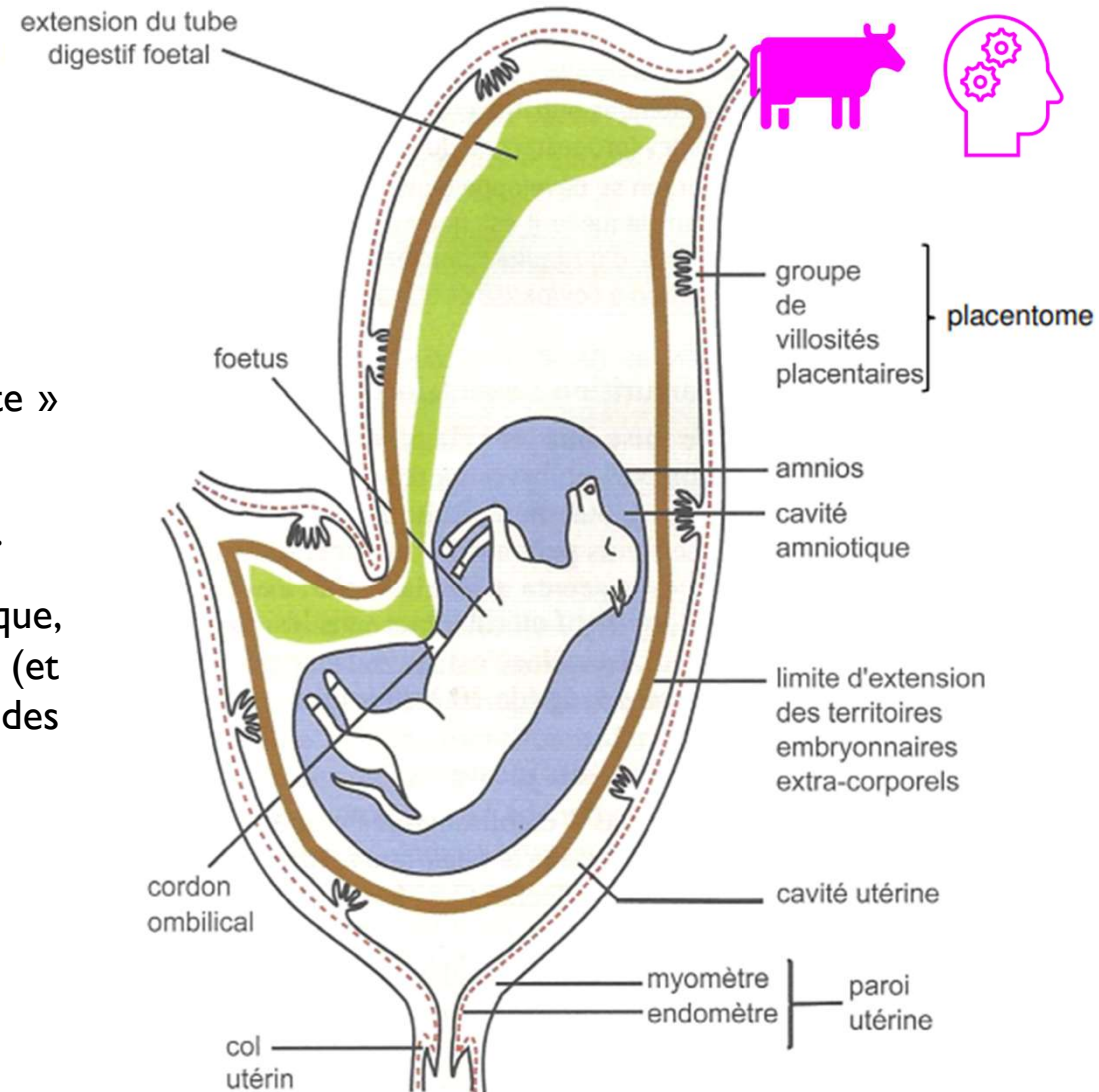
1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

- Une fois implanté, l'embryon se développe « en parasite » de la mère.
- **gestation** chez la vache = **9 mois** environ (280 jours).
- **annexes embryonnaires** (placenta, cavité amniotique, allantoïde) = les structures produites par l'embryon (et conservées par le fœtus) ne mettant pas en place des organes du jeune en développement.



Utérus gravide avec fœtus, placenta et amnios (coupe longitudinale).

(D'après Beaumont et Cassier)

Figure 31 : fœtus bovin dans un utérus de vache d'après Peycru et al. (2017)

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

I. Les rôles du placenta

- Le placenta = petits amas tissulaires en boule, les **placentomes** :
 - de tissu maternel (**caroncule**)
 - de tissu foetal (**cotylédon**) interpénétrés sous forme de **villosités**.

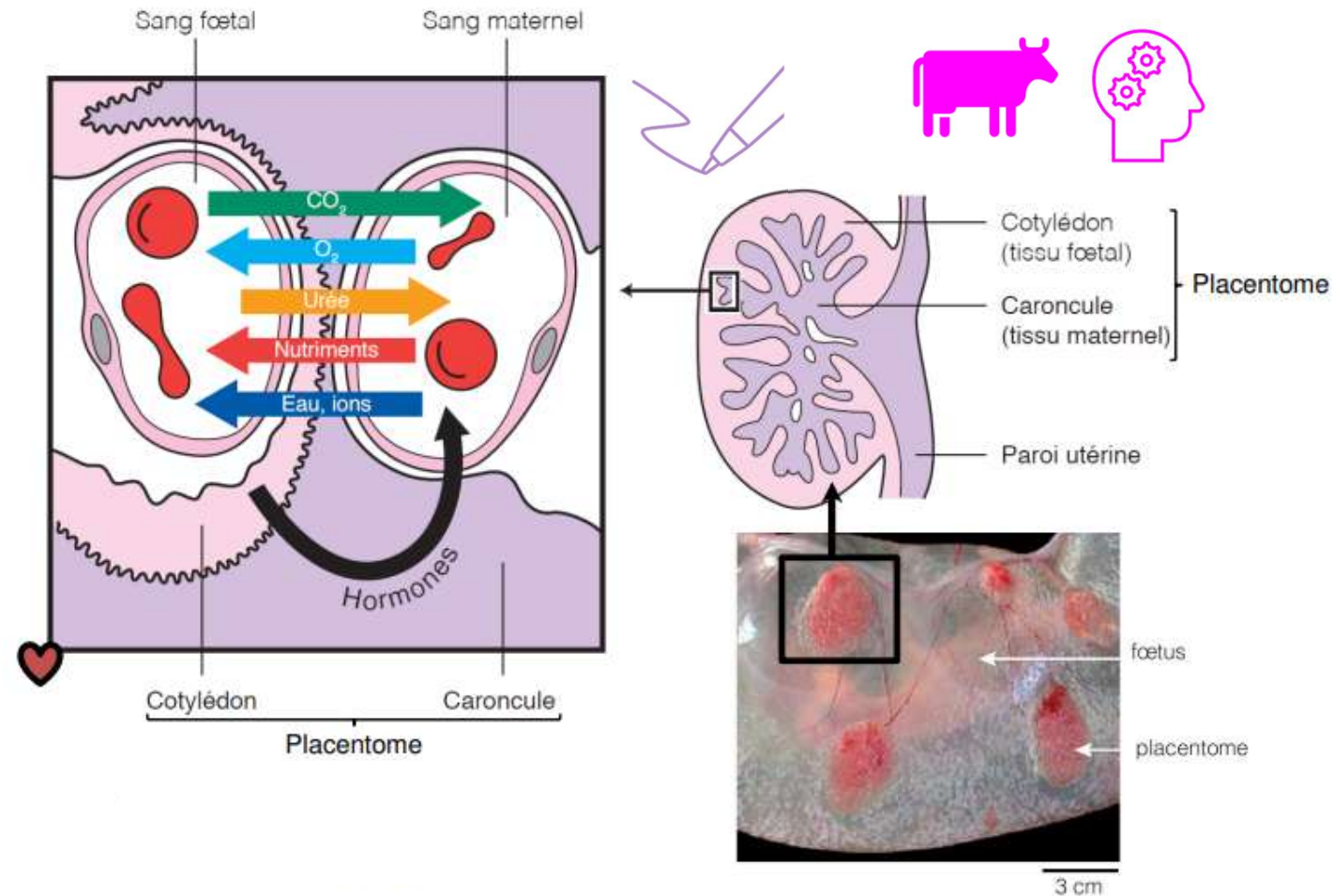
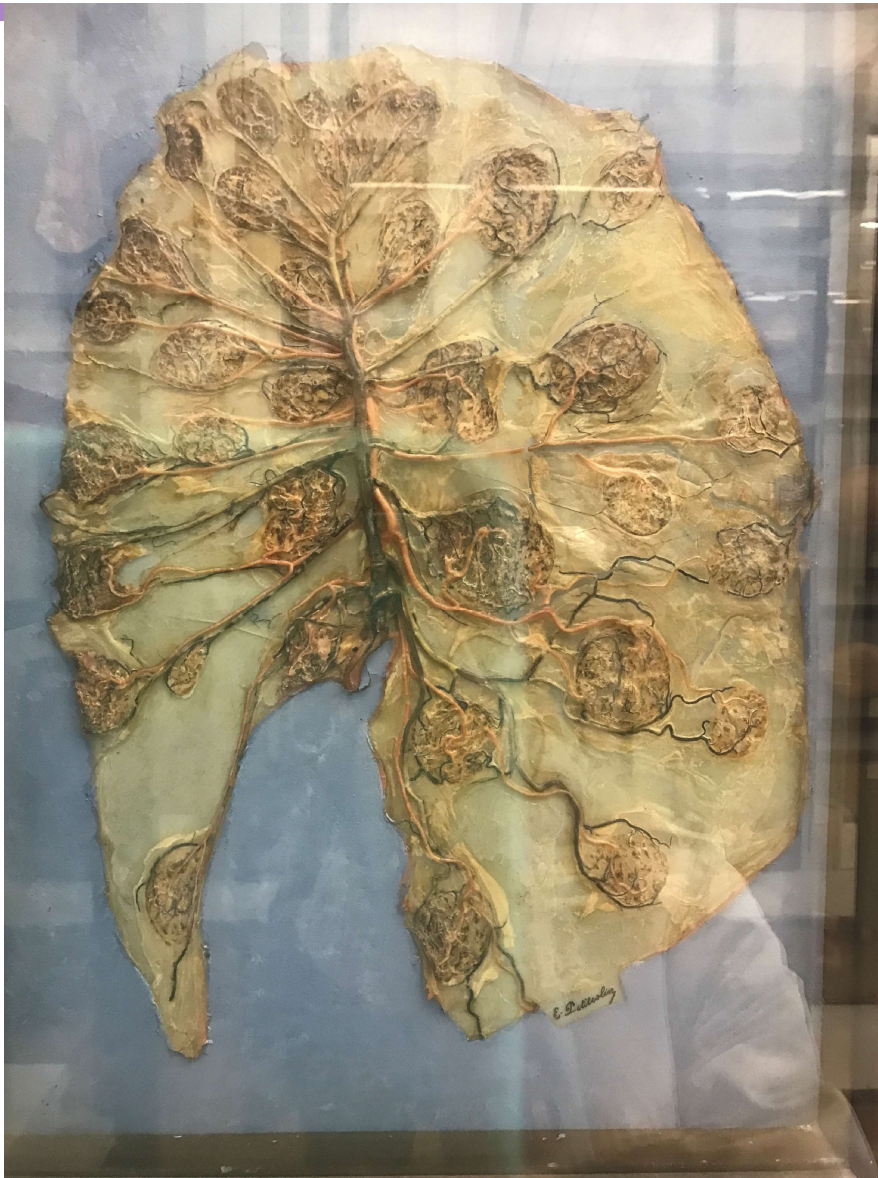
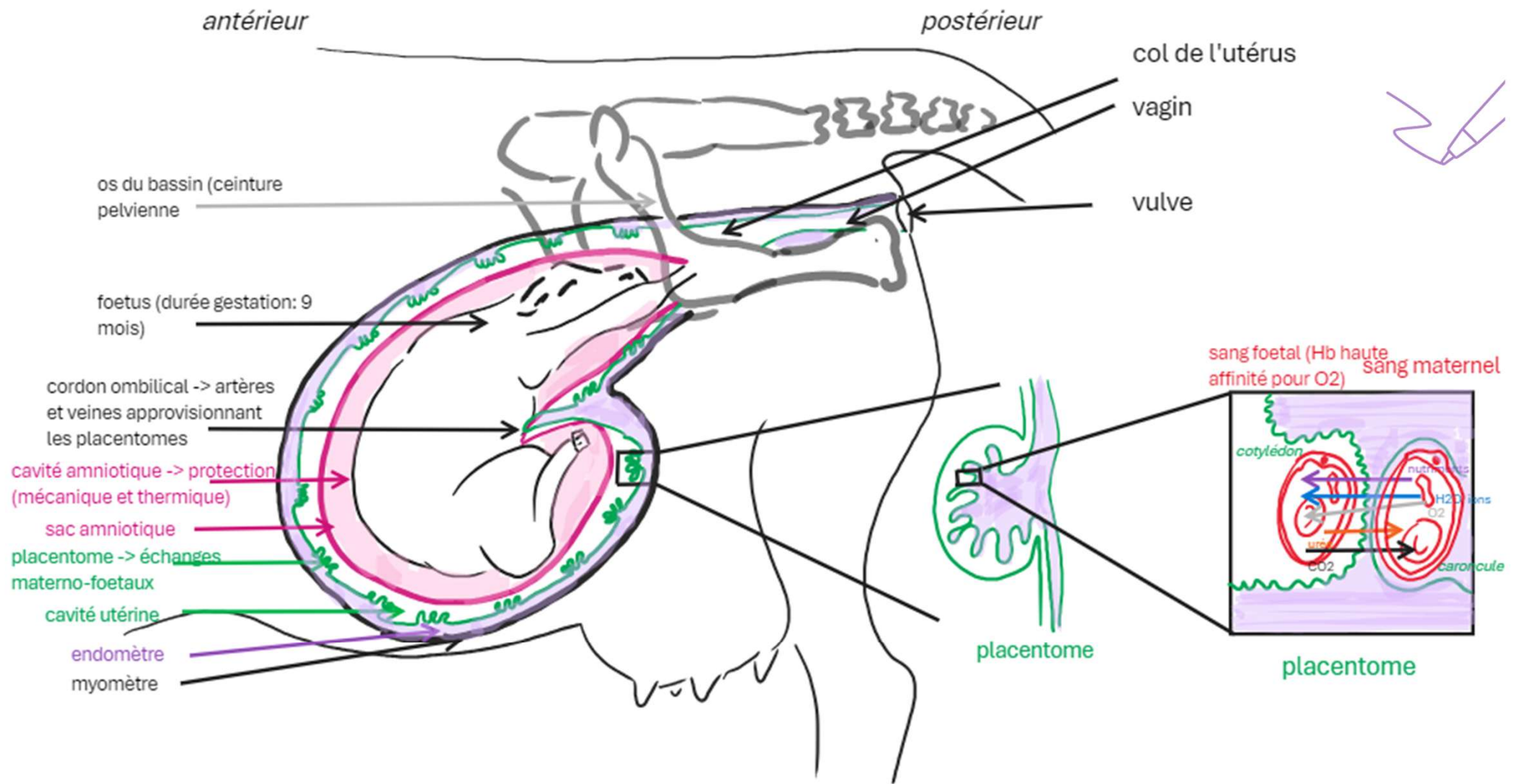


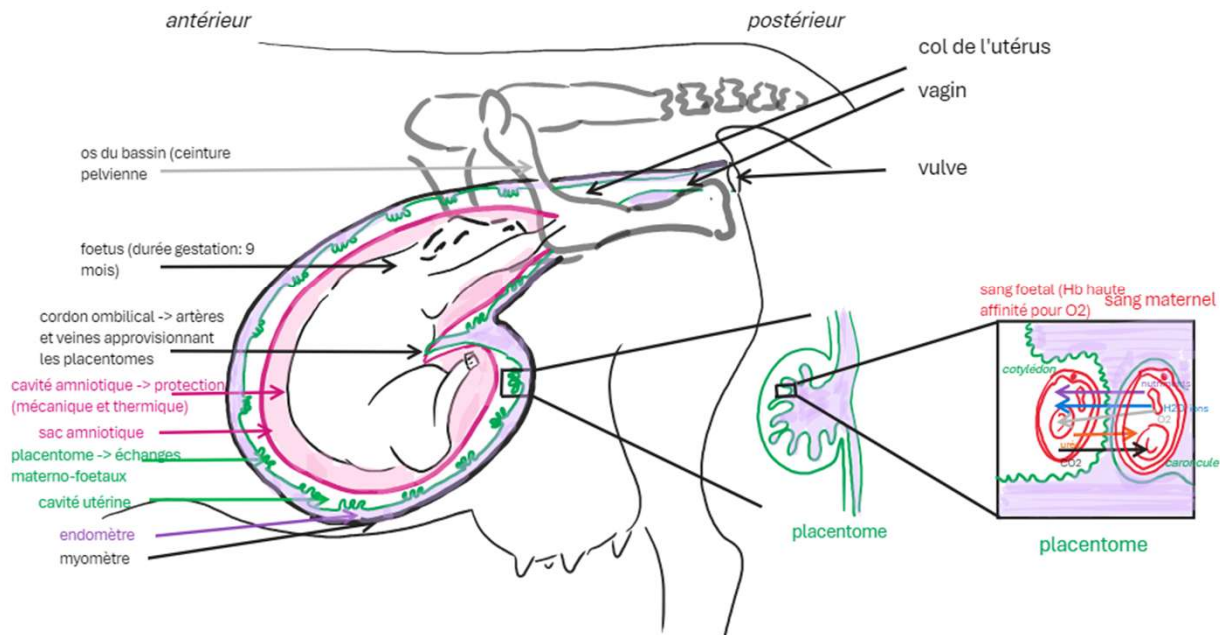
Figure 32 : organisation et principe de fonctionnement du placenta. D'après Segarra et al. (2014)



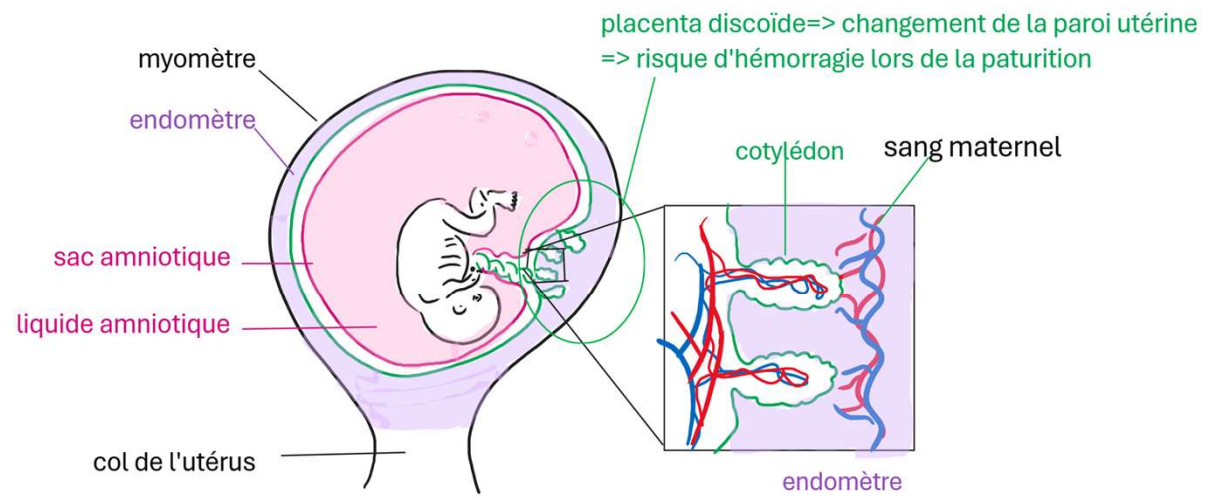
*Placenta de vache avec ses nombreux placentomes
(musée Fragonard, S. Dalaine)*



Utérus gravide d'une vache vu en coupe sagittale gauche



Utérus gravide d'une vache vu en coupe sagittale gauche



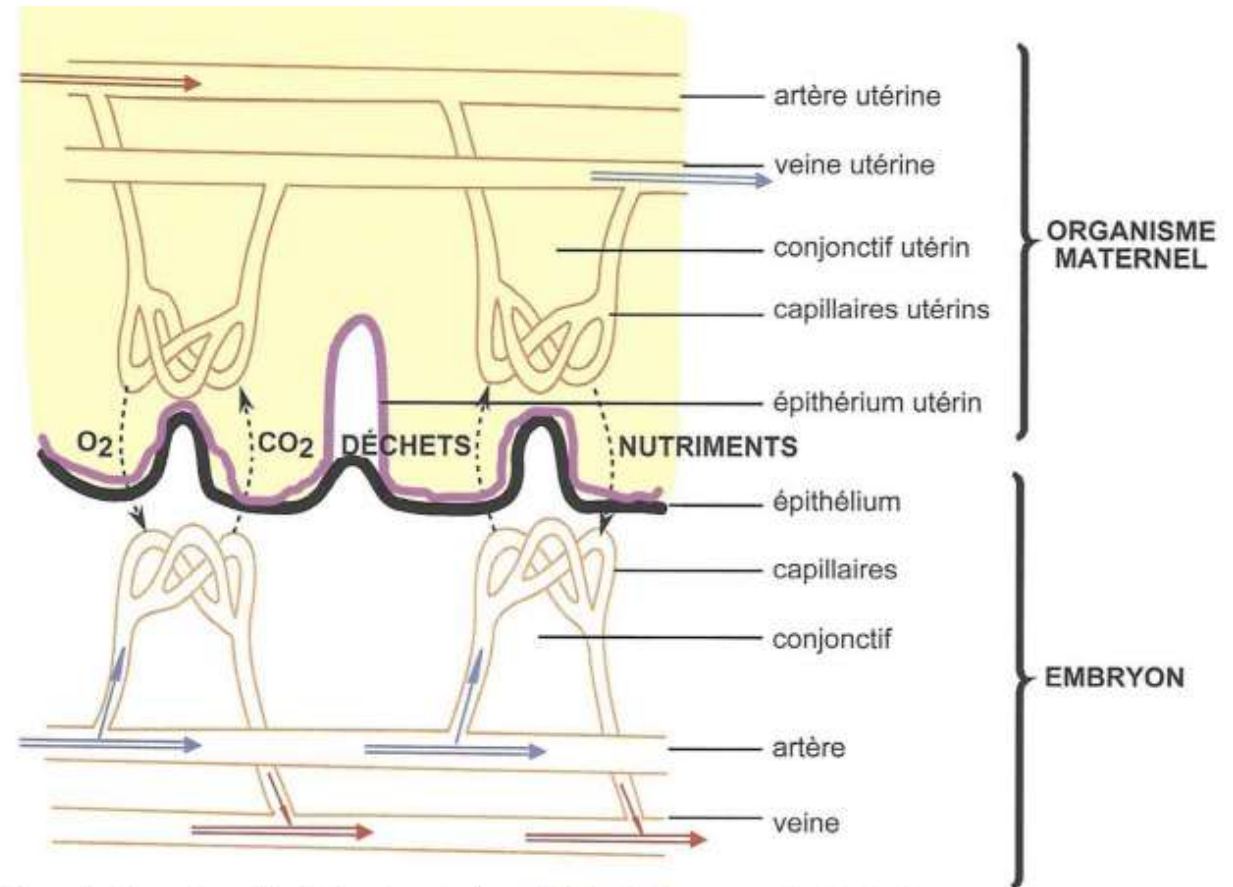
Le placenta discoïdal des Primates



C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

I. Les rôles du placenta

- **transfert des nutriments, des ions, du dioxygène**, de la mère vers le fœtus, et le **transfert des déchets du métabolisme** (CO_2 , urée...) en sens inverse.
- protection de l'embryon contre les infections et les substances toxiques.
- **Chez la vache, la barrière placentaire est imperméable aux anticorps**, le veau ne bénéficie donc pas de l'immunité maternelle.
- Production d'hormones stimulant le maintien de la gestation,
 - **hormone lactogène placentaire:** Chez la vache, le placenta ne prend le relai du corps jaune pour la sécrétion de la progestérone qu'à la fin de la gestation, au 200^e jour



Organisation des villosités placentaires. (D'après Beaumont de Cassier)

Figure 33 : Dimension respiratoire des échanges au travers de la barrière placentaire. D'après PEYCRU et al. (2017), modifié. En rouge : sang hématosé. En bleu : sang pauvre en dioxygène.

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

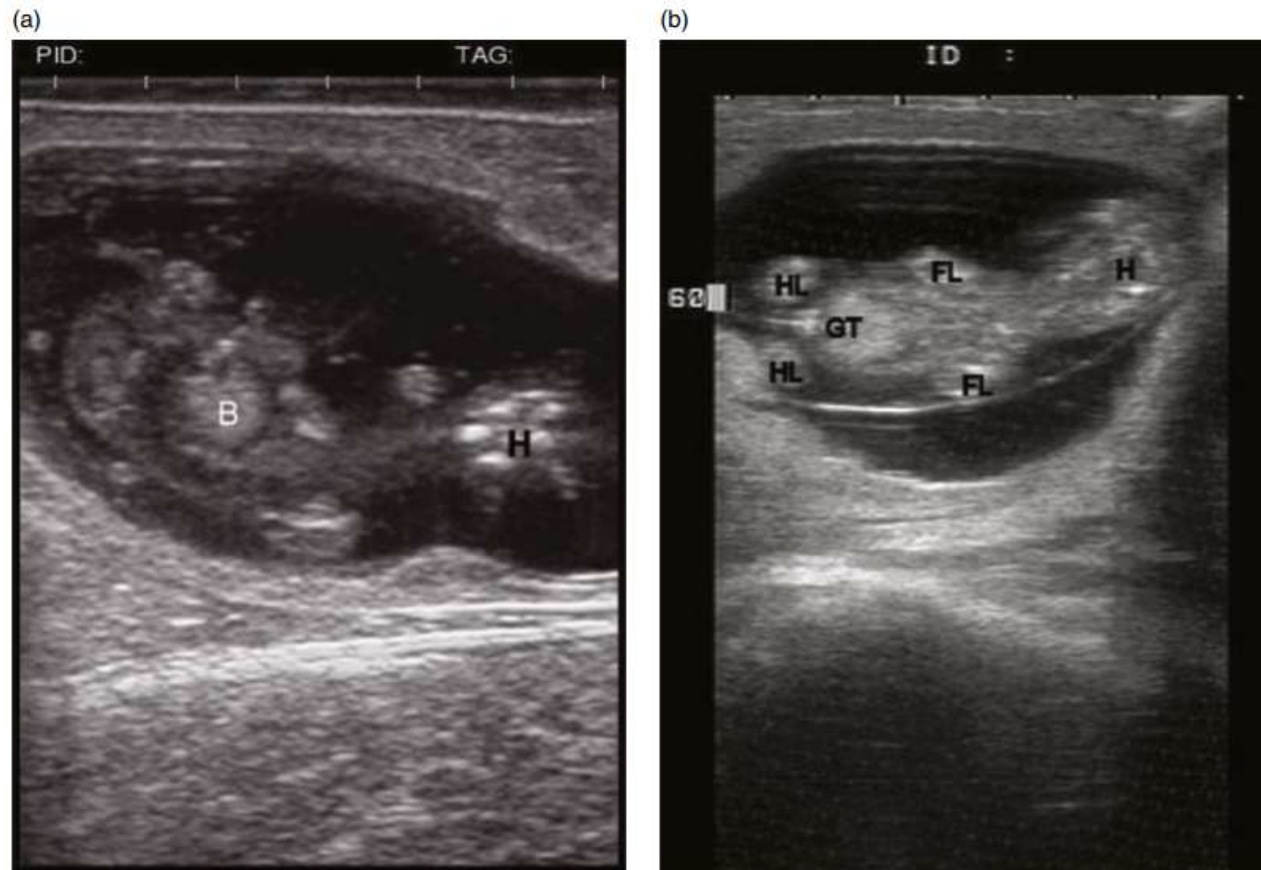


Figure 40.3 (a) Dead 65-day fetus: head (H), body (B). (b) A 60-day male fetus: forelimbs (FL), hindlimbs (HL), genital tubercle (GT).

Échographie chez une vache gravide

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

2. Le rôle de la cavité amniotique

- Milieu de vie du fœtus, le protégeant de la déshydratation
 - adaptation au milieu aérien
- « matelas » hydraulique
 - Protection l'embryon des chocs mécaniques.
- En partie ingéré et absorbé par le fœtus (au niveaux buccal, pulmonaire et intestinal)
 - participant donc en partie de sa nutrition, malgré la présence d'urine.
- NB : l'excrétion des déchets est assurée travers du sang maternel via le placenta.

3. Les étapes du développement embryonnaire

- Deux périodes dans le développement :
 - période **embryonnaire**, au cours de laquelle les principaux organes se forment. Elle s'achève entre le 42^e et le 45^e jour de gestation chez la vache.
 - période **foetale** au cours de laquelle les organes ne subissent que des phénomènes de maturation.

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

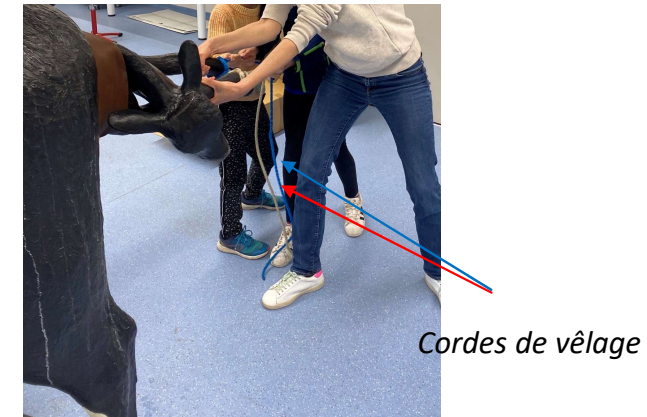
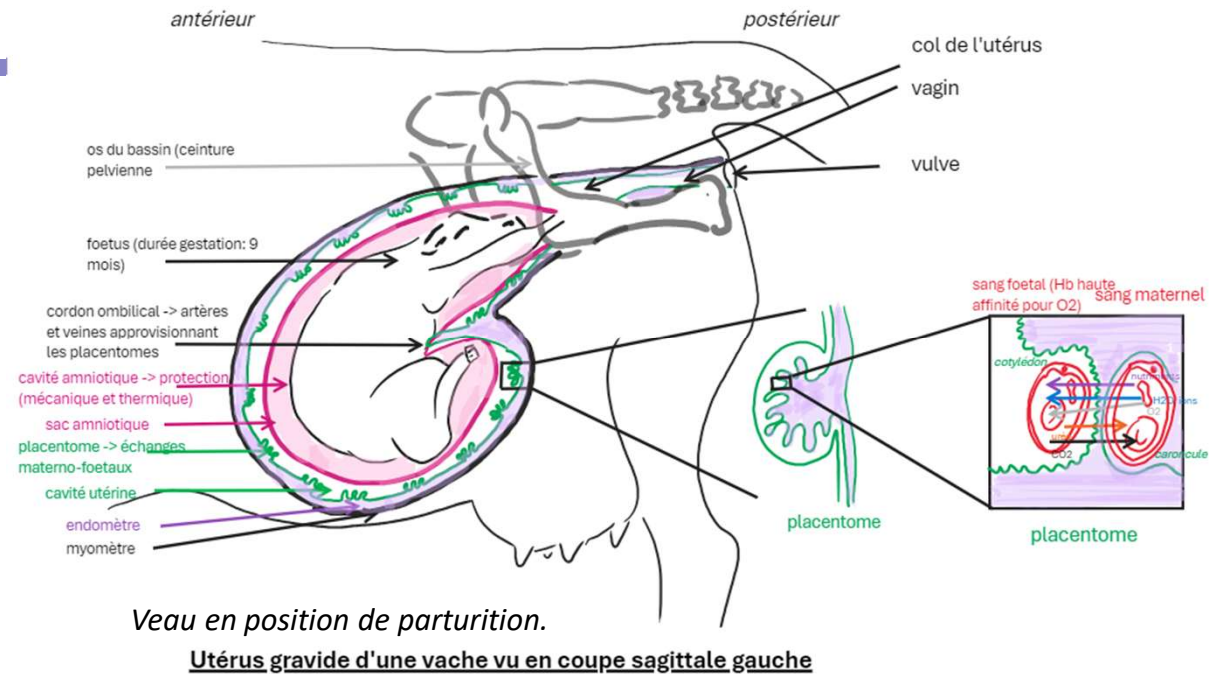
4. Mise bas et alimentation lactée du veau

4.1. Le vêlage

4.1.1. Déroulement de la mise bas

- **Vêlage:** quelques heures.

1. 24h avant vêlage: \nearrow 0,5°C et agitation
2. contractions utérines régulières
3. dilatation du col de l'utérus
4. veau se présente avec les pattes antérieures vers l'avant : son expulsion est accompagnée de la rupture des membranes qui l'entourent.
5. Après l'expulsion du veau (30-40 kg), les **contractions** utérines \Rightarrow expulsion du placenta (= délivrance)
6. Grooming: La vache lèche soigneusement son veau jusqu'à ce qu'il soit sec.
7. Le veau tient debout quelques heures après sa *vêleuse* naissance.



Entraînement au vêlage dans la salle Vetsims de l'ENVA (poids du veau 40 kg) 104

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

4. Mise bas et alimentation lactée du veau

4.1. Le vêlage

4.1.1. Déroulement de la mise bas



Source:
Wikipédia

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

4. Mise bas et alimentation lactée du veau

4.1. Le vêlage

4.1.1. Déroulement de la mise bas



Vetsims ENVA:A Réalisation d'une anesthésie paravertébrale pour l'anesthésie du flanc chez les bovins



Figure 17.1 Inverted L. Ventral branches of labeled T13 and L1 to L4 are desensitized by this block. T13, Last thoracic nerve; L1-4, first to fourth lumbar spinal nerves. Source: From [1], © 2007, John Wiley & Sons.

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

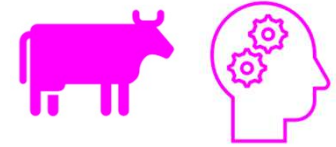
4. Mise bas et alimentation lactée du veau

4.1. Le vêlage

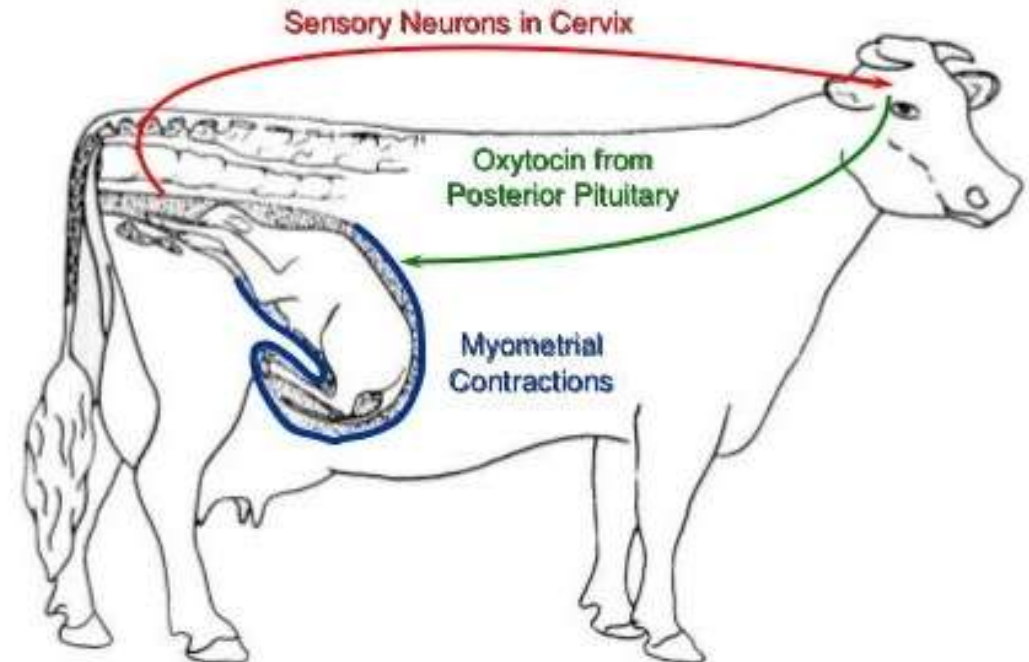
4.1.2. Le contrôle hormonal du vêlage

- Pendant toute la gestation: taux élevé de progestérone
 - ⇒ inhibe les contractions du muscle utérin
- ↗ de **sécrétion** de **cortisol** par le **foetus** 48 heures avant parturition
 - ⇒ ↘ de production de **progestérone**
 - ⇒ ↗ de synthèse d'**œstrogènes**
 - ⇒ production d'**ocytocine** (hormone post hypophysaire)
 - ⇒ ↗ contractions utérines
 - ⇒ progression du veau

Le foetus déclenche la parturition



Final Role of Oxytocin



Le rôle de l'ocytocine post hypophysaire dans les contractions du myomètre

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

4. Mise bas et alimentation lactée du veau

4.1. Le vêlage

4.1.3. L'anœstrus post-partum

- **anœstrus** = période sans chaleurs ;
- anœstrus post-partum = suite à une parturition
- Durée de l'anœstrus 30 à 80 jours selon les races
 - Point faible de la Prim'Holstein: fertilité (taux échec d'IA non négligeable)
 - Point fort des allaitantes: fertilité mais point faible: difficulté au vêlage



Césarienne chez la vache



Placentophagie

Réflexes chez le veau :

- ✓ Réflexe de redressement (5 min)
- ✓ Réflexe de succion (20 min)
- ✓ Station debout (< 2 h)
- ✓ Première tétée (< 3 h)
- ✓ Expulsion du meconium = 1^e selles (< 4 h)
- ✓ Mictions (< 8-10 h)

300 à 400 L de sang circulent pour produire 1L de lait

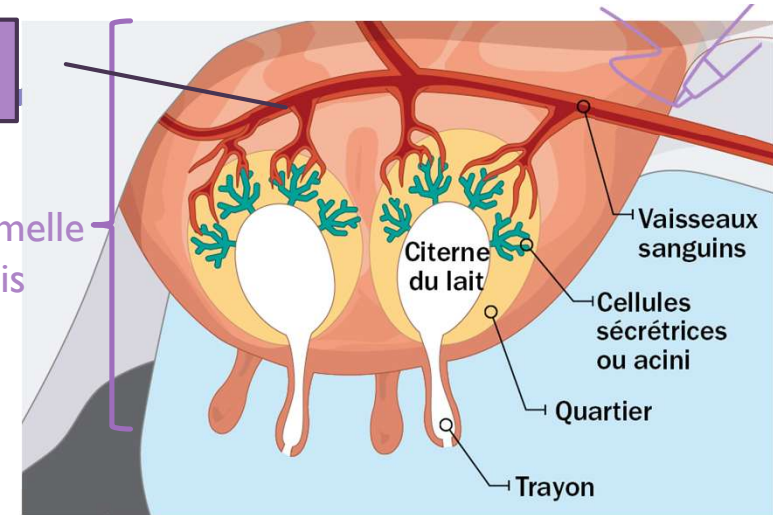
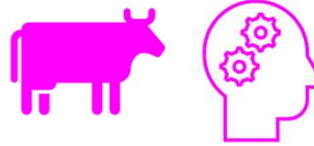
C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

4. Mise bas et alimentation lactée du veau

4.2. L'allaitement du veau

4.2.1. Les glandes mammaires sont formées d'acini

- 1 mamelle = 1 pis = 4 trayons = 4 glandes mammaires, volumineuses
- Chaque glande mammaire = entité fonctionnelle indépendante
 - cellules glandulaires regroupées en **acini**.
 - conduits des acini confluent vers une **citerne (1 L)**
 - Les acini et les conduits entourés de **cellules contractiles** ⇒ expulsion du lait.



<https://dico-du-lait.fr/p/production-de-lait/>

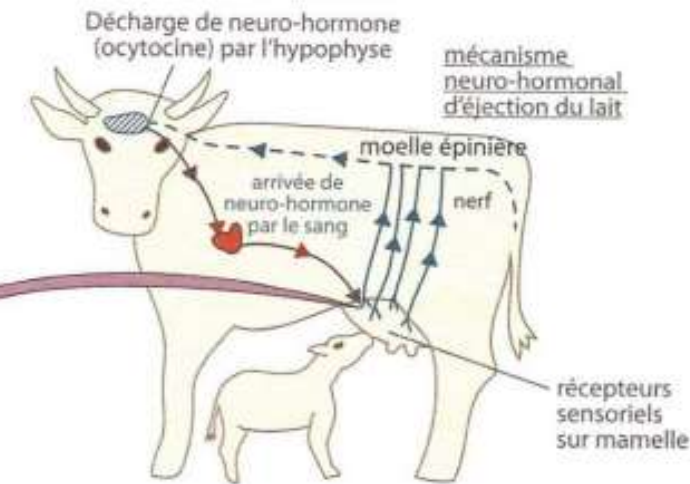
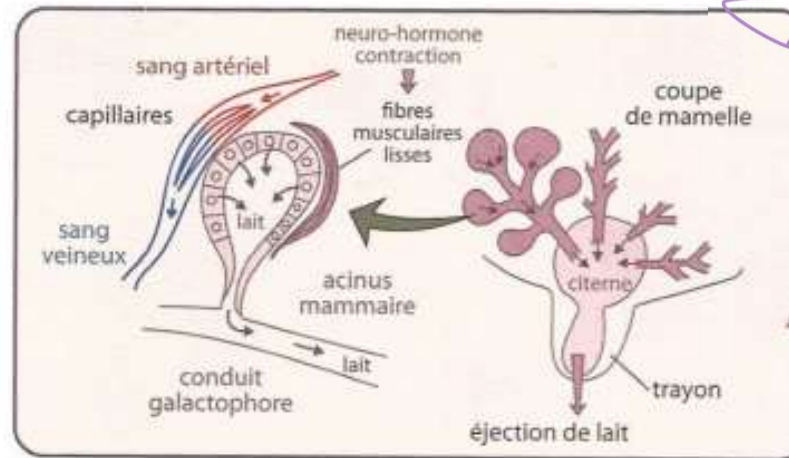
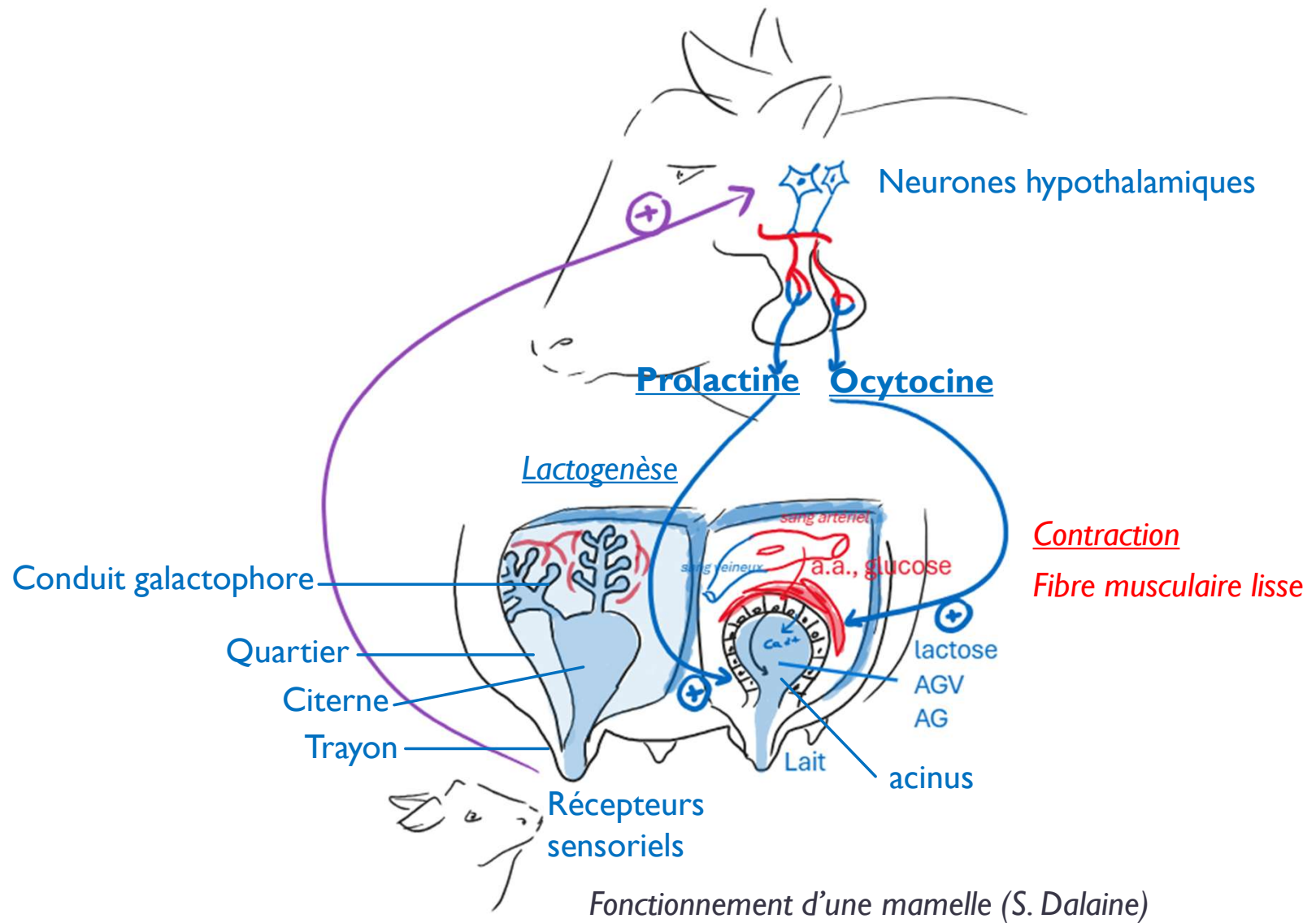
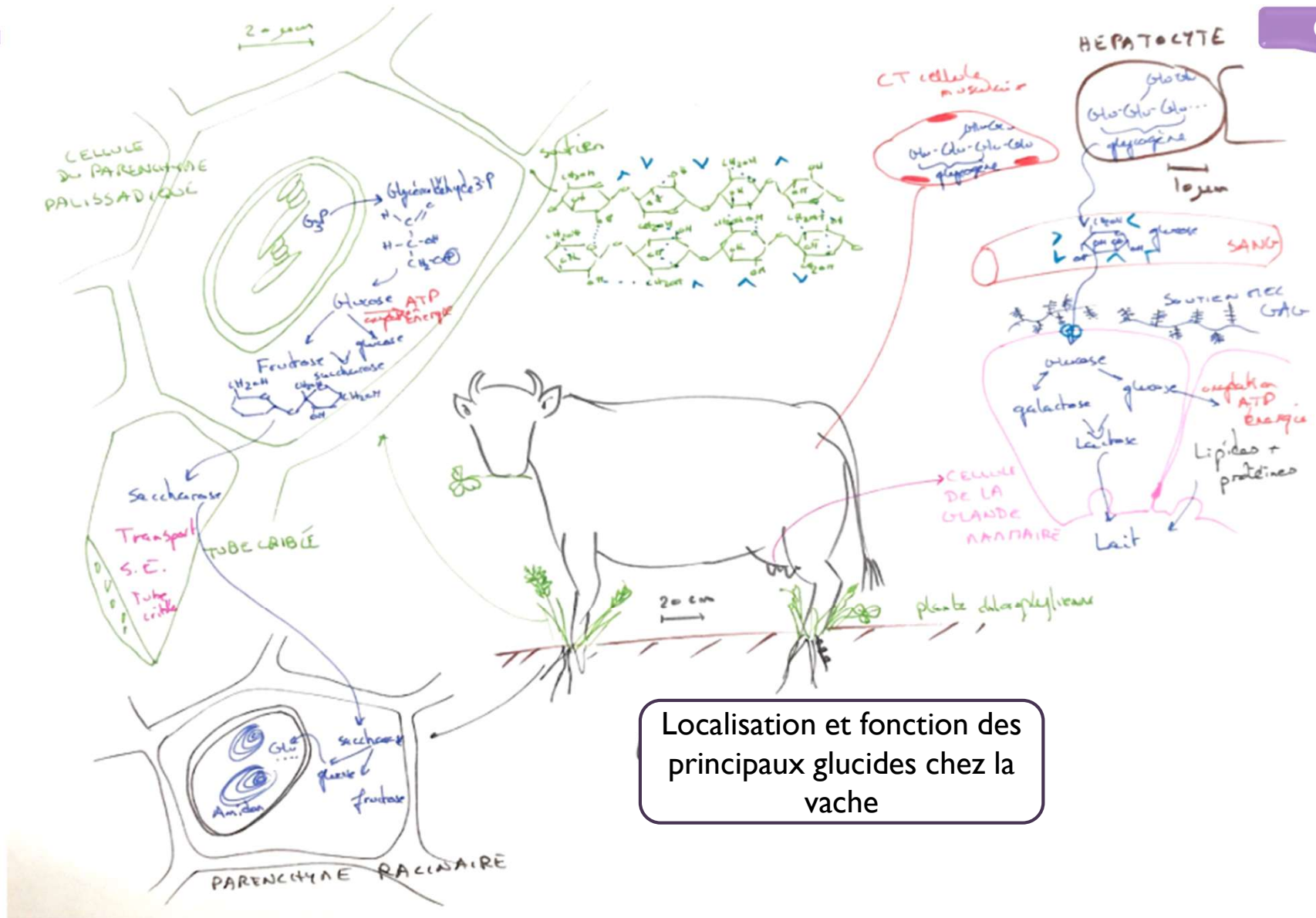


Figure 35 : organisation de la glande mammaire et contrôle simplifié de la lactation. D'après Saintpierre et al. (2017)



Fonctionnement d'une mamelle (S. Dalaine)



Localisation et fonction des principaux glucides chez la vache

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

4. Mise bas et alimentation lactée du veau

4.2. L'allaitement du veau

4.2.2. Mise en place de la lactation

- **deuxième moitié de la gestation: développement** du tissu glandulaire et des canalicules
- Glande mammaire complète au moment de la parturition: fonctionnelle mais capacité de synthèse faible
- Après mise bas: **colostrum** = liquide jaunâtre riche en protéines (anticorps, cf pas de transfert d'Ac au niveau de barrière placentaire)
- J+1: fin du colostrum et début du lait grâce à ocytocine et prolactine
- Succion lors de tétée ⇒ réflexes neuro-hormonaux
 - sécrétion de prolactine par l'adénohypophyse qui entretient la lactation ;
 - sécrétion d'ocytocine par la neurohypophyse qui provoque l'éjection de lait par la contraction des cellules myoépithéliales qui entourent les acini.

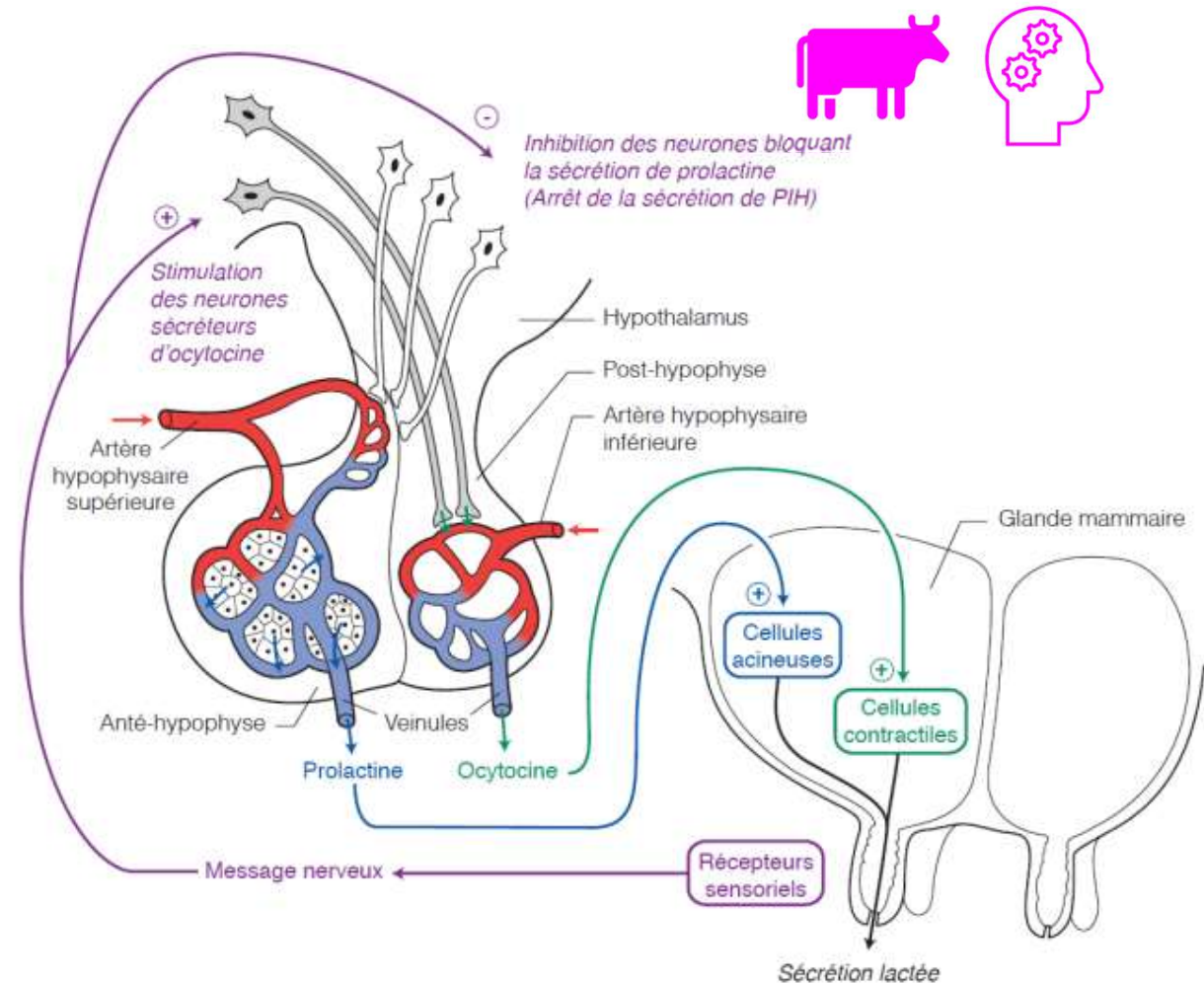


Figure 36 : contrôle de la lactation. D'après Segarra et al. (2014)

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

5. Composition du lait de vache et objectifs

- Le **lait est synthétisé par l'acinus mammaire** à partir des nutriments transportés par le sang.
- **Composition** du lait maternel :
 - ✓ eau, minéraux, vitamines
 - ✓ lipides (triglycérides)
 - ✓ protéines (caséine, lactalbumine, anticorps, hormones)
 - ✓ glucides (lactose)
- Origine mixte des composants du lait:
 - Eau, immunoglobulines: **transférés directement** du sang
 - Composants **synthétisés** par cellules de la glande mammaire :
 - ✓ **acides gras** (appareil de Golgi à partir d'AGV du rumen)
 - ✓ **caséines** (protéines) (REG et phosphorylées dans l'appareil de Golgi).
 - ✓ **lactose** (appareil de Golgi à partir de galactose et de glucose)
- Remarque : la quantité totale de protéines (TP) = critère fondamental pour la fabrication de produits laitiers. Les laits à trop faible TP caillent mal.

Composants	g/L
Eau	905
Matière grasse, dont :	36-40
Glycérides 98%	36
Phospholipides	0,4
stérois	0,1
Matières azotées, dont :	33
Caséines	27
Protéines solubles (globulines, albumines...)	5
Substances azotées non protéiques	1
Lactose	48-50
Sels minéraux, dont :	7-8
Calcium (associé aux caséines)	1,25
Phosphore	1
Potassium	1,5
Sodium	0,5
Magnésium	0,1
Chlore	1

Critères	Objectifs
Taux de MG (taux butyreux)	38g/L
Taux de protéines (TP)	>32g/L
Germes totaux	50 000 à 100 000 germes /mL
Cellules	<200 000 à 300 000/mL
Germes pathogènes	Absence totale pour Listéria et Salmonelles. Les staphylocoques peuvent être tolérés s'ils ne dépassent pas un certain seuil.

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

5. Composition du lait de vache et objectifs

- lait de Vache = ressource alimentaire majeure mondialement utilisée par l'Homme (en France : environ 45 L.an⁻¹.habitant⁻¹).
- ⇒ Très rapidement (24-48 h): séparation du veau de la mère (en laitier pas en allaitant...)
- ⇒ colostrum : 1^{er} lait très riche en Ac pas commercialisable
- La production de lait croît le premier mois et demi puis décroît
- Lors de la réapparition de l'œstrus, la Vache est mise en reproduction car une production continue de lait implique des gestations régulières.
- Autour du dixième mois de traite, la production de lait chute alors que le nouveau fœtus se développe intensément
- ⇒ Arrêt de traite pendant deux mois ⇒ tarissement ⇒ éviter fatigue excessive de la vache

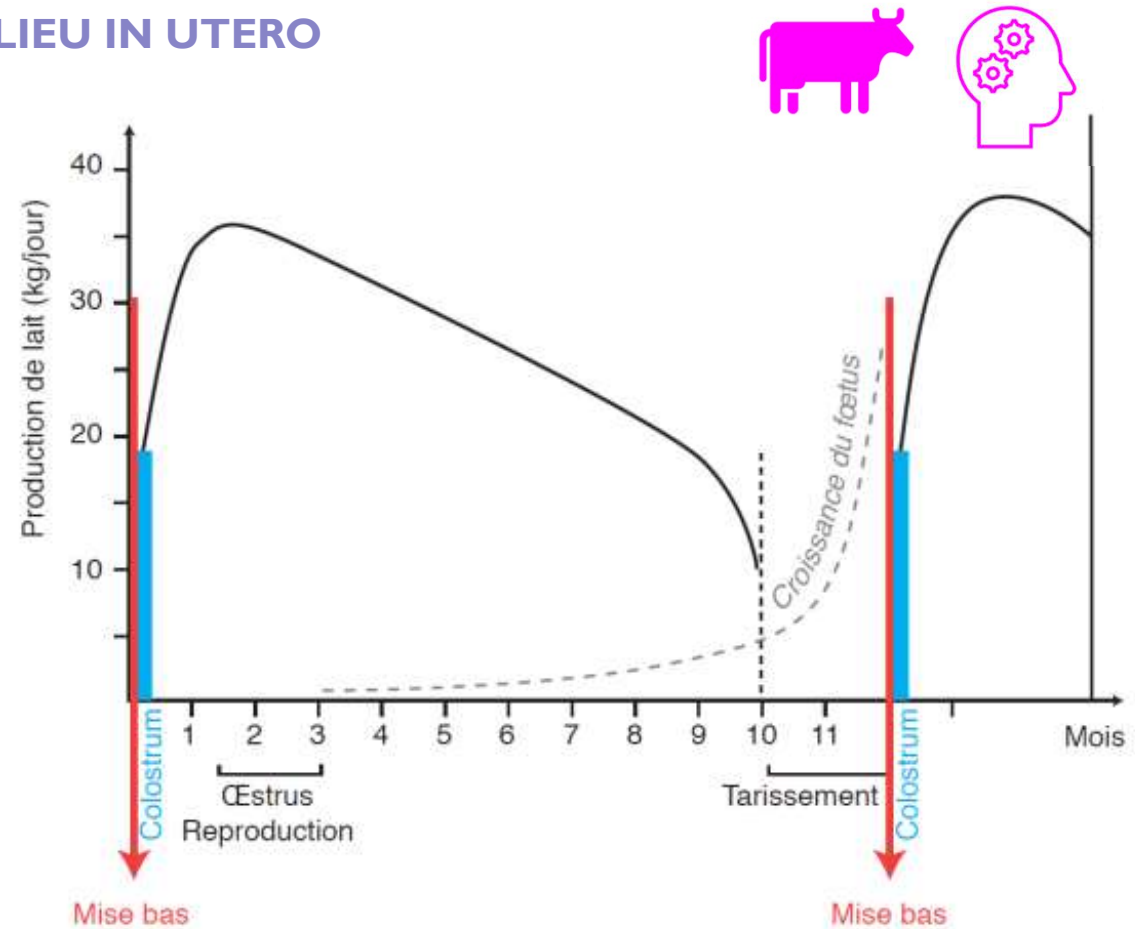
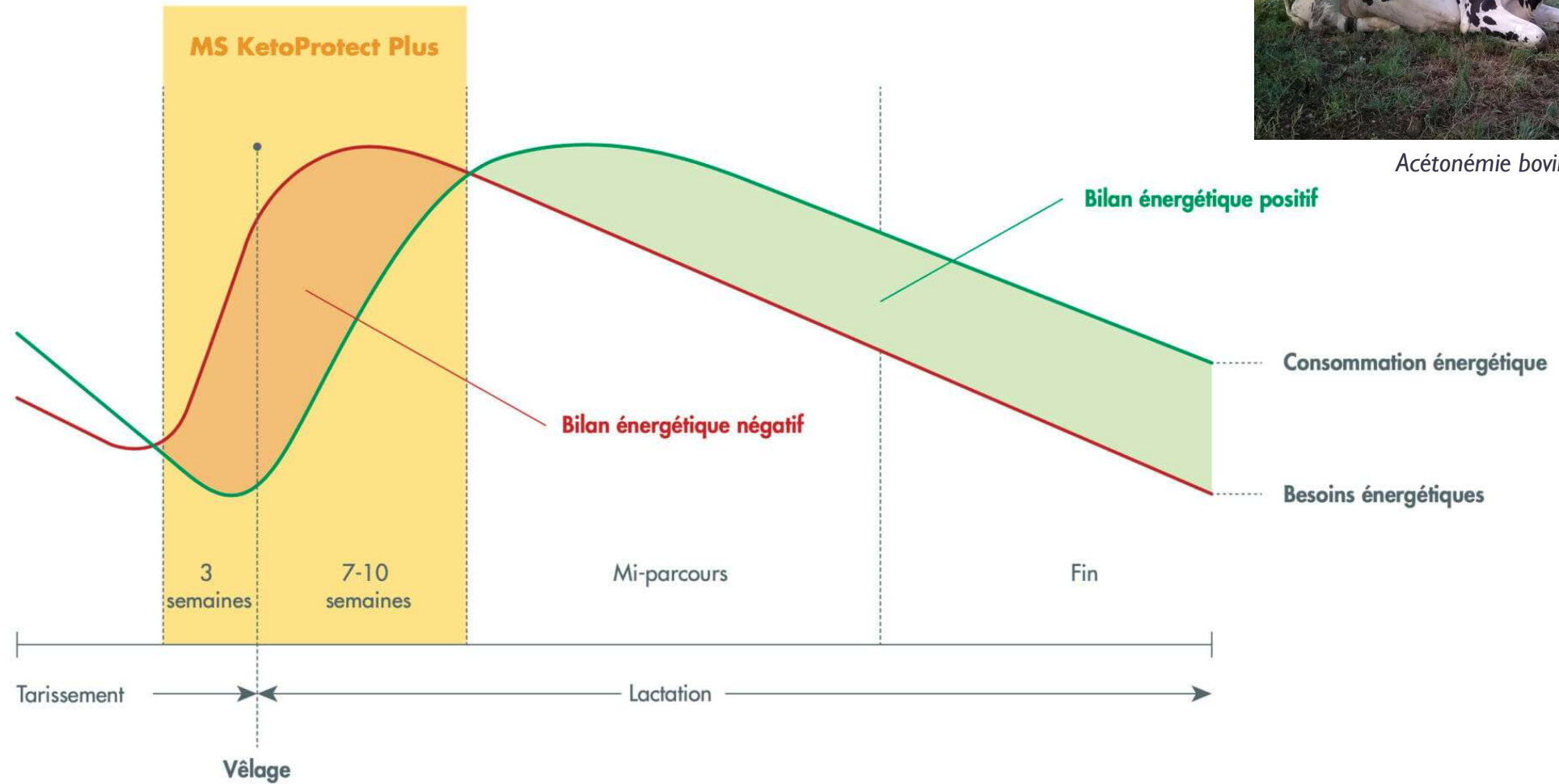


Figure 37 : temporalité de la lactation chez une vache d'élevage laitier. D'après Segarra et al. (2014)

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

5. Composition du lait de vache et objectifs



Acétonémie bovine

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

5. Composition du lait de vache et objectifs

Races allaitantes

Charolaise

1,8 millions d'individus

Première race allaitante de France



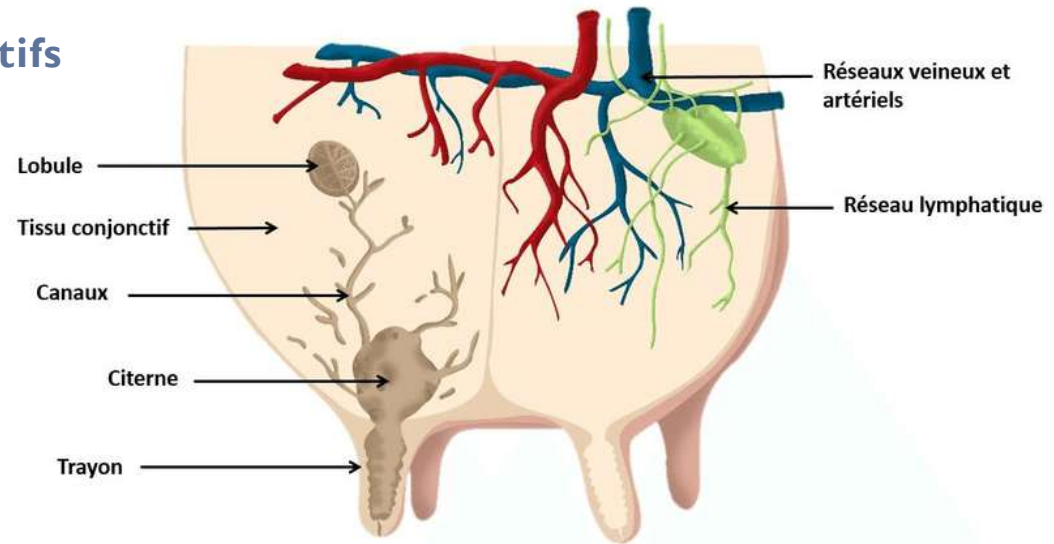
Un veau et sa mère à robe blanche

Gestation = 292 jours

Bonne fertilité (taux de gestation de 92 %)

Bonne prolificité (106 veaux pour 100 mises bas)

Vêlage généralement sans difficulté



Anatomie de la glande mammaire de vache

Un pis = Une mamelle qui compte 4 quartiers, et donc 4 trayons

« Veau sous la mère »

Type d'élevage traditionnel

Le veau tète sa mère deux à trois fois par jour.

Nourrissage exclusif au lait de sa mère, jusqu'à l'âge de 4-5 mois (environ 150 kilos), avant abattage.

C. LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE A LIEU IN UTERO

5. Composition du lait de vache et objectifs

Races laitières

Prim'Holstein

2,8 millions d'individus

Première race laitière de France

(30 % de l'élevage bovin, 70 % de l'élevage laitier)

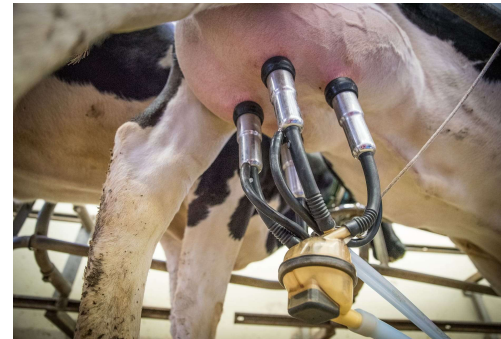
Production : 28 L de lait / jour



Robe pie noire



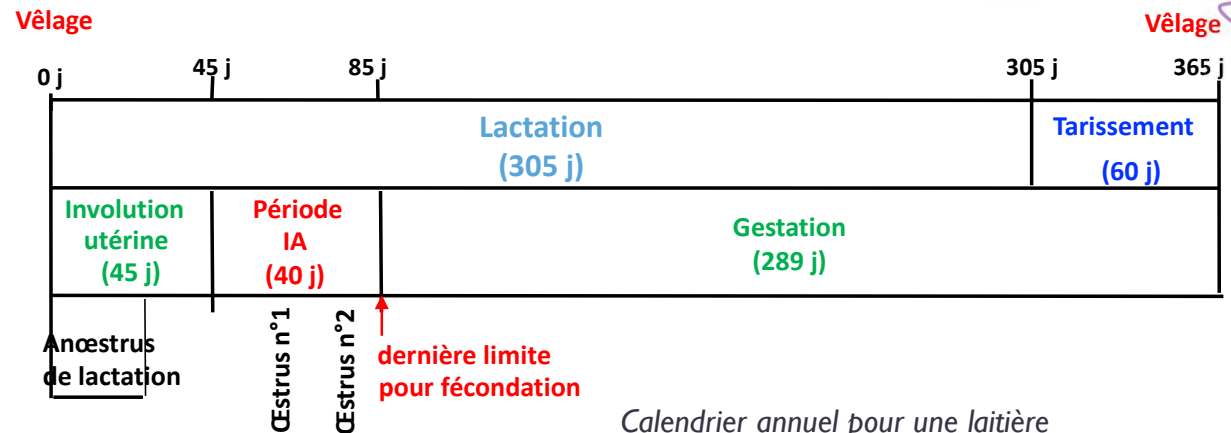
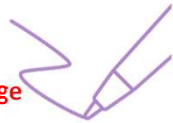
Pis gonflé avant la traite



Trayeuse en salle de traite



Mammite = présence dans le lait de cellules inflammatoires (leucocytes) et/ou de bactéries
→ Antibiotiques



Calendrier annuel pour une laitière
(Cycle œstral = 21 jours)

Pour maintenir la lactation : **1 veau par an**
→ **Insémination artificielle 60 jours après vêlage**

Réforme de la vache après 4 mises bas

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs

D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

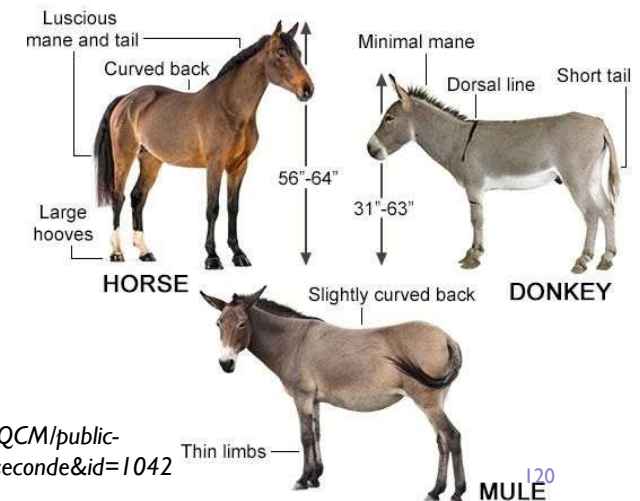
1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

D. LA REPRODUCTION SEXUÉE EST UN PROCESSUS CONSERVATEUR ET DIVERSIFICATEUR

I. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce

- Reproduction sexuée \Rightarrow deux individus de la même espèce.
 - hybridation possible mais possibilité de stérilité (âne X jument \rightarrow mulet)
 - Cf barrières : mécaniques, moléculaires, (reconnaisances entre molécules membranaires de l'ovocyte et du spermatozoïde), géographiques, écologiques (saisons)
- Reproduction sexuée = méiose + fécondation
 \Rightarrow conservation des caractéristiques de l'espèce.

Reproduction sexuée: maintien du caryotype mais diversité génotypique
Ex: escargot des haies (*Cepaea nemoralis*)



<https://www.qcm-svt.fr/QCM/public-affichage.php?niveau=seconde&id=1042>

D. LA REPRODUCTION SEXUÉE EST UN PROCESSUS CONSERVATEUR ET DIVERSIFICATEUR

2. La reproduction sexuée est source de diversité

- Méiose + fécondation \Rightarrow brassage allélique \Rightarrow diversité génotypique \Rightarrow diversité phénotypique

Exemple d'un croisement entre 2 races de vaches laitières en Bretagne :

vache Holstein X taureau Brune



Génération F1 (hétérozygotes)

- quantité de lait produit supérieure aux Holsteins
- lait plus riche en protéines et matière grasse
- intervalle vêlage-vêlage plus court
- brassages \Rightarrow \nearrow hétérozygotie \Rightarrow avantages sélectifs.



Prim'Holstein: 30 à 40L/jour



Taureau Brune

PLAN DU COURS

II. L'appareil reproducteur permet une reproduction en milieu aérien

A. La vache est une espèce gonochorique (=sexes séparés)

1. le cycle de développement est diplophasique
2. la méiose précède la fécondation
3. Une espèce gonochorique dotée de spermatozoïdes et d'ovocytes complémentaires

B. Les appareils reproducteurs mâle et femelle sont adaptés au milieu aérien

1. Des appareils reproducteurs complémentaires produisent des gamètes aux génotypes variés
2. La fécondation interne est suivie d'un développement embryonnaire direct in utéro

C. Le développement embryonnaire a lieu in utero

1. Les rôles du placenta
2. Le rôle de la cavité amniotique
3. Les étapes du Développement embryonnaire
4. mise bas et alimentation lactée du veau
5. Composition du lait de vache et objectifs



D. La reproduction sexuée est un processus conservateur et diversificateur

1. La reproduction sexuée permet la conservation des caractéristiques de l'espèce
2. La Reproduction sexuée est source de diversité
3. Une diversité exploitée

D. LA REPRODUCTION SEXUÉE EST UN PROCESSUS CONSERVATEUR ET DIVERSIFICATEUR

3. Une diversité exploitée

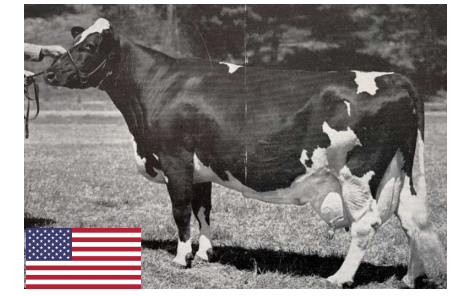
3.1. Un exemple de sélection : la race Prim'Holstein

- croisement en 1990 Frisonne Pie Noire  X Holstein 
↓
Prim'Holstein

- ⇒ production de lait par vache X2 en 30 ans (en moyenne **30 à 40 L/jour**),
- ⇒ ↗ taux butyreux
- ⇒ ↘ diversité depuis fin 20ème siècle : la France a plus de 90% de son cheptel formé par 6 races (3 laitières et 3 races à viande).



Vache Pie noire frisonne (1950)



Vache Holstein (Audrey Posch)



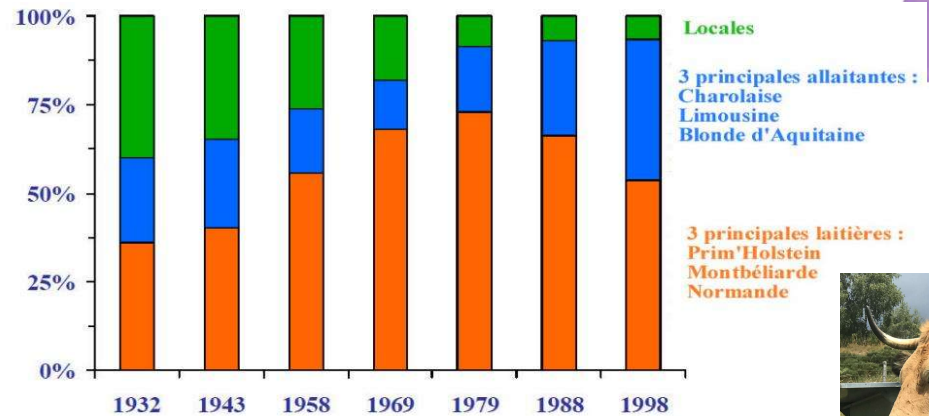
Prim'Holstein: 30 à 40L/jour

D. LA REPRODUCTION SEXUÉE EST UN PROCESSUS CONSERVATEUR ET DIVERSIFICATEUR

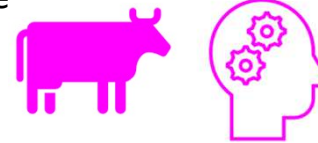
3. Une diversité exploitée

3.2. Les techniques de sélection

- **Sélection classique** : sélection massale (sélectionner les individus aux phénotypes intéressants pour la reproduction de la génération suivante)
 - Début de domestication il y a -10 000 ans
- **Insémination artificielle** : dépôt du sperme issu de paillette dans utérus (après le col) au moment de œstrus
 - 90 % des élevages laitiers
 - **paillette de sperme de taureau** (12 millions de spermatozoïdes) (300 doses par éjaculat)
 - un taureau → géniteur de 50 000 veaux !
 - Limite la circulation des taureaux d'un élevage à l'autre et donc les contaminations
- **Sélection génomique** : mise en place dans les années 2000



Cf SV-A-2



L'Aubrac, plus rustique, aux rations alimentaires riches en herbe voit son effectif augmenter depuis 15 ans!



Type racial	2010	2020	Evolution 2010/2020	% du total 2020
Prim'Holstein	2 479	2 333	-6 %	31 %
Charolaise	1 592	1 358	-15 %	18 %
Limousine	1 025	1 089	+6 %	15 %
Montbéliarde	653	606	-7 %	8 %
Blonde d'Aquitaine	484	456	-6 %	6 %
Normande	416	297	-29 %	4 %
Salers	198	216	+9 %	3 %
Aubrac	151	222	+47 %	3 %
Croisée*	614	594	-3 %	8 %
Autres types raciaux	302	309	+2 %	4 %
Total	7 913	7 480	-5 %	100 %

D. LA REPRODUCTION SEXUÉE EST UN PROCESSUS CONSERVATEUR ET DIVERSIFICATEUR

3. Une diversité exploitée

3.2. Les techniques de sélection

■ **Sélection génomique (mise en place dans les années 2000) :**

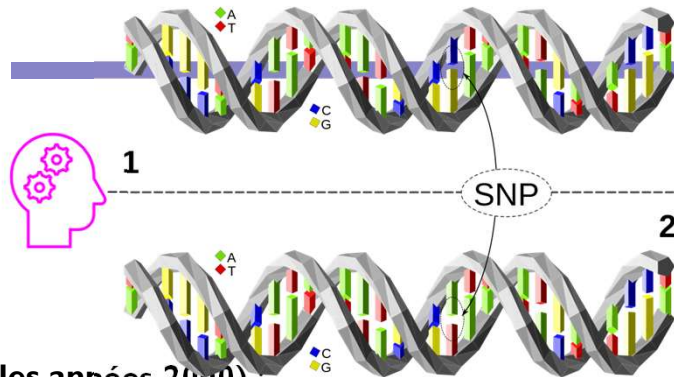
1. Génotyper les individus (= identifier des variations dans la séquence en nucléotides des allèles d'un individu à l'autre)

- Variation d'un seul nucléotide dans au moins 1% de la population = **SNP (single nucleotid polymorphism)**
- **Puces à SNP** génotypage de nombreux variants simultanés (cf SV-F)

2. Identifier des gènes impliqués dans des phénotypes d'intérêt agronomique = marqueurs QTL (quantitative trait locus) = caractères mesurables (rendement, taille, vitesse de croissance...)

- QTL = « valeur génétique d'un individu »
- Ex: pôle de Lanaud près de Limoges pour la sélection des taureaux reproducteurs de race Limousine)

3. Une fois la région du génome à intérêt agonomique identifiée, alors retour aux SNP



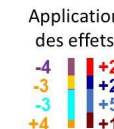
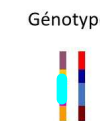
Un polymorphisme mononucléotidique (SNP, single nucleotide polymorphism)
 L'ADN des individus 1 et 2 est identique à une paire de nucléotides près : l'individu 1 possède le couple C-G tandis que l'individu 2 a A-T. Cette variation d'une paire de nucléotides, si elle est présente chez au moins 1 % de la population, est appelée polymorphisme mononucléotidique (SNP en anglais, à prononcer « snip »). En fonction de l'endroit où se situe la variation elle peut avoir un effet sur le phénotype ou non.
 Auteur(s)/Autrice(s) : David Eccles (Gringer) Licence : [CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
 Source : [Wikimedia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Polymorphisme_mononucléotidique)

(A) Population de référence

Performances	y1	y2	y3	y4	y5	y6	...
Individus							...
Genotypes	+2 +3 +2 0 -3 -3 +4 +1	-4 +2 -3 +2 +1 +5 +4 +1	-3 +2 +3 +2 +5 +1 +1 +4	-3 -1 +3 +3 +5 -3 +1 +1	-4 -3 -3 +3 -3 +5 +1 -2	-3 +2 +3 +2 +5 +1 -2 +4	...

MODELE MATHEMATIQUE PERMETTANT A PARTIR DES D'ESTIMER LES EFFETS DES SNP PERFORMANCES

(B) Candidat



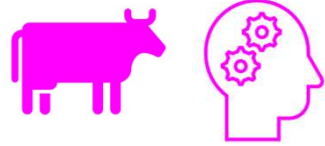
Estimation de la valeur du candidat = somme des effets = +4

Principe de l'évaluation génomique

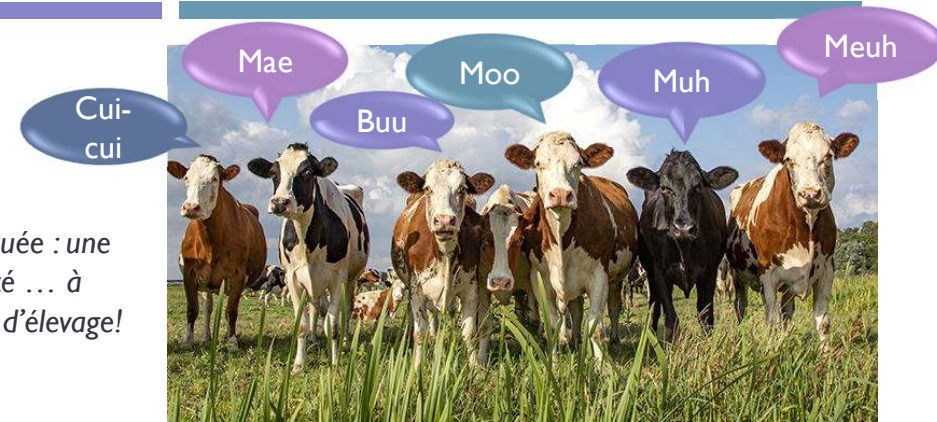
Dans une population de référence, chaque individu est génotypé (détermination des SNP possédés) et phénotypé (analyse des performances pour différents traits). Un modèle mathématique permet de déduire l'effet des différents SNP sur le phénotype. Grâce à ces résultats, un éleveur peut estimer le potentiel des différents candidats de son troupeau en les génotypant. Il peut ainsi sélectionner les reproducteurs présentant les valeurs génétiques les plus élevées.

D. LA REPRODUCTION SEXUÉE EST UN PROCESSUS CONSERVATEUR ET DIVERSIFICATEUR

Bilan



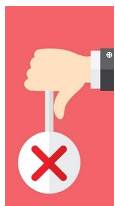
La reproduction sexuée : une source de diversité ... à discuter en conduite d'élevage!



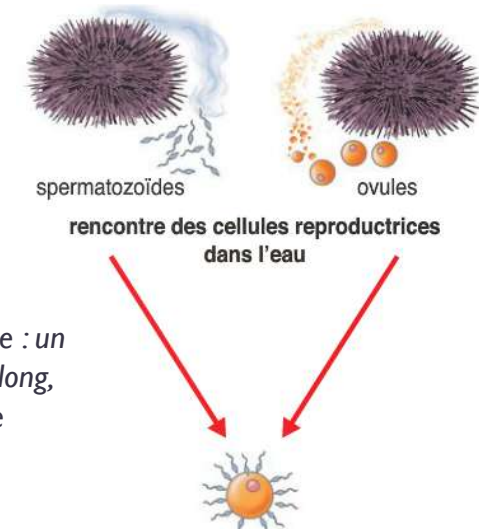
<https://www.mon-cultivar-elevage.com/content/variabilite-genetique-un-enjeu-collectif>



- Augmentation de la **diversité génétique** grâce aux brassages intra- et inter-chromosomiques lors de la méiose et de la fécondation
- Meilleures chances d'adaptation de l'espèce à des changements environnementaux (ex : changement de saison)



- Plus **complexe** et plus **long** que la reproduction asexuée (gamétogenèse, rencontre du partenaire, fécondation...)
- Mode de reproduction plus **aléatoire** et plus **coûteux** en énergie



La reproduction sexuée : un processus complexe, long, coûteux, aléatoire

SUJETS D'ORAUX

- À partir de l'exemple de la vache, montrez l'importance des relations inter et intra-spécifiques
- La vache et l'Homme
- La vache un animal domestiqué
- La vache et son environnement
- La place de la vache dans son écosystème (cf SV-J)

