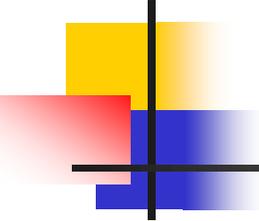


PRODUCTION ET TRANSPORT DES SPERMATOZOIDES

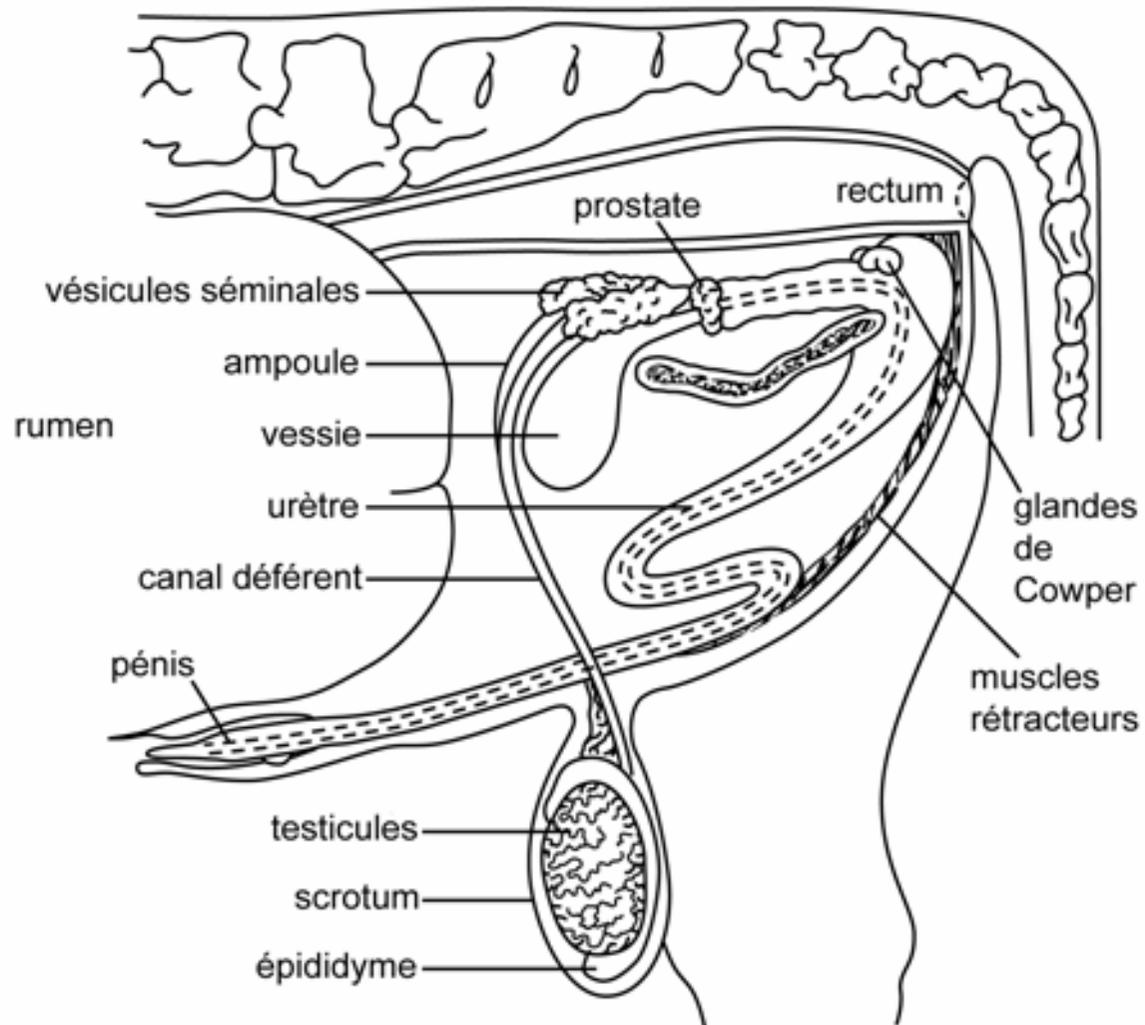
V. Gayrard
Physiologie
Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
23, chemin des Capelles
31076 Toulouse

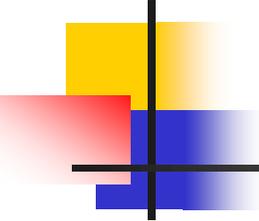


PRODUCTION ET TRANSPORT DES SPERMATOZOÏDES

- I. Aspects cinétiques de la spermatogenèse
 - Cinétique de la spermatogenèse
 - Efficacité de la spermatogenèse
- II. Régulation de la spermatogenèse
 - Régulation intra-gonadique des fonctions testiculaires
 - Régulation endocrine de la spermatogenèse
- III. Transport des spermatozoïdes
 - Transport épидидymaire
 - Transport dans les voies génitales maternelles

Appareil reproducteur mâle

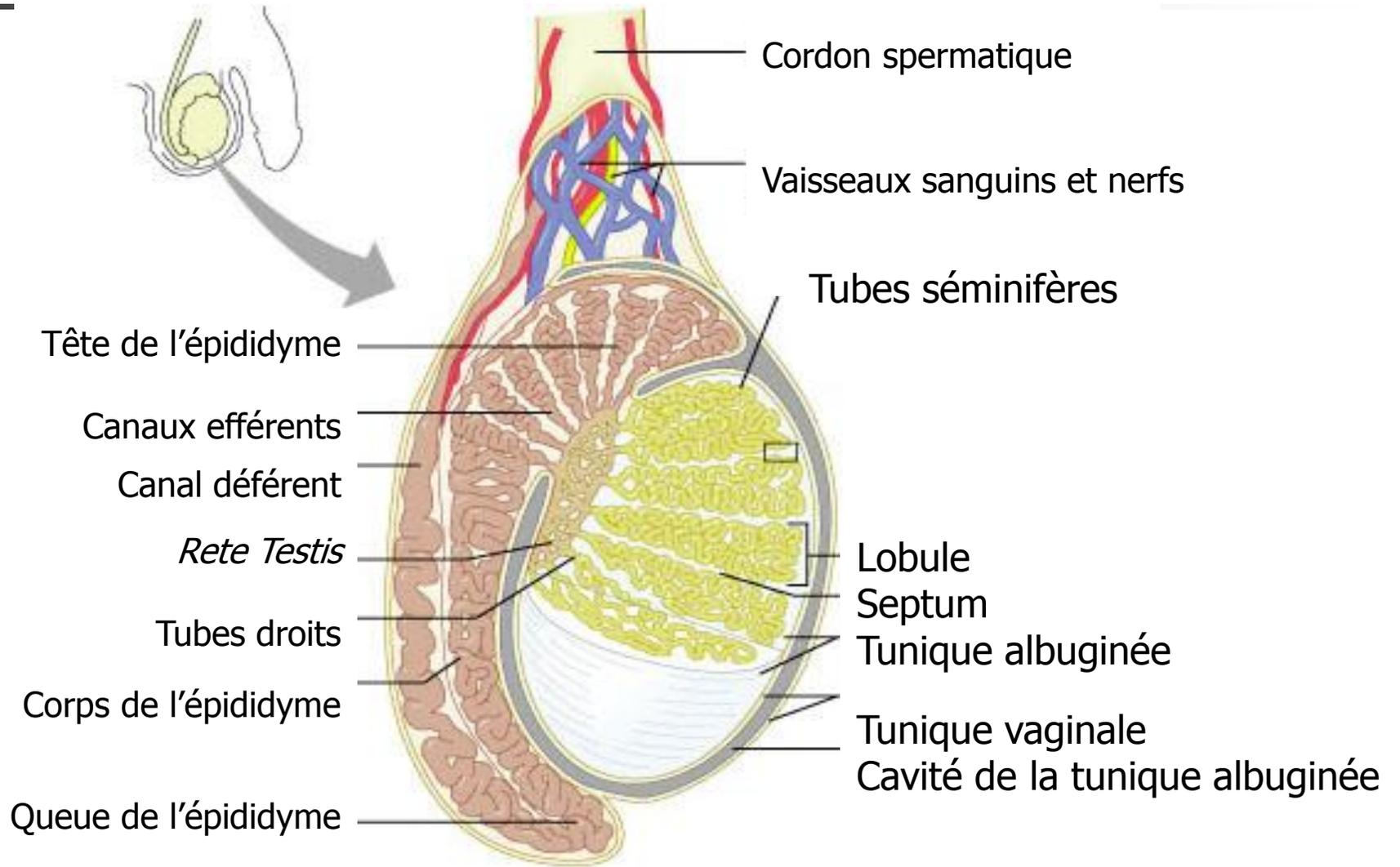


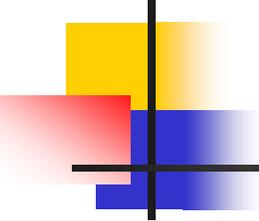


Appareil reproducteur mâle

- Production de spermatozoïdes dans les testicules
- Maturation et stockage des spermatozoïdes dans un système de canaux dont l'épididyme, le canal déférent, l'urètre
- Dépôt des spermatozoïdes dans le tractus génital via le pénis.
- Fonction endocrine: production de testostérone
 - Spermatogenèse
 - Développement et sécrétion des glandes annexes
 - Caractères sexuels secondaires
 - Comportement sexuel

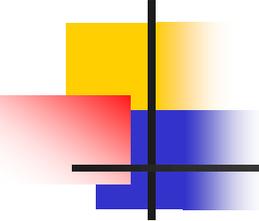
Testicules





Les testicules

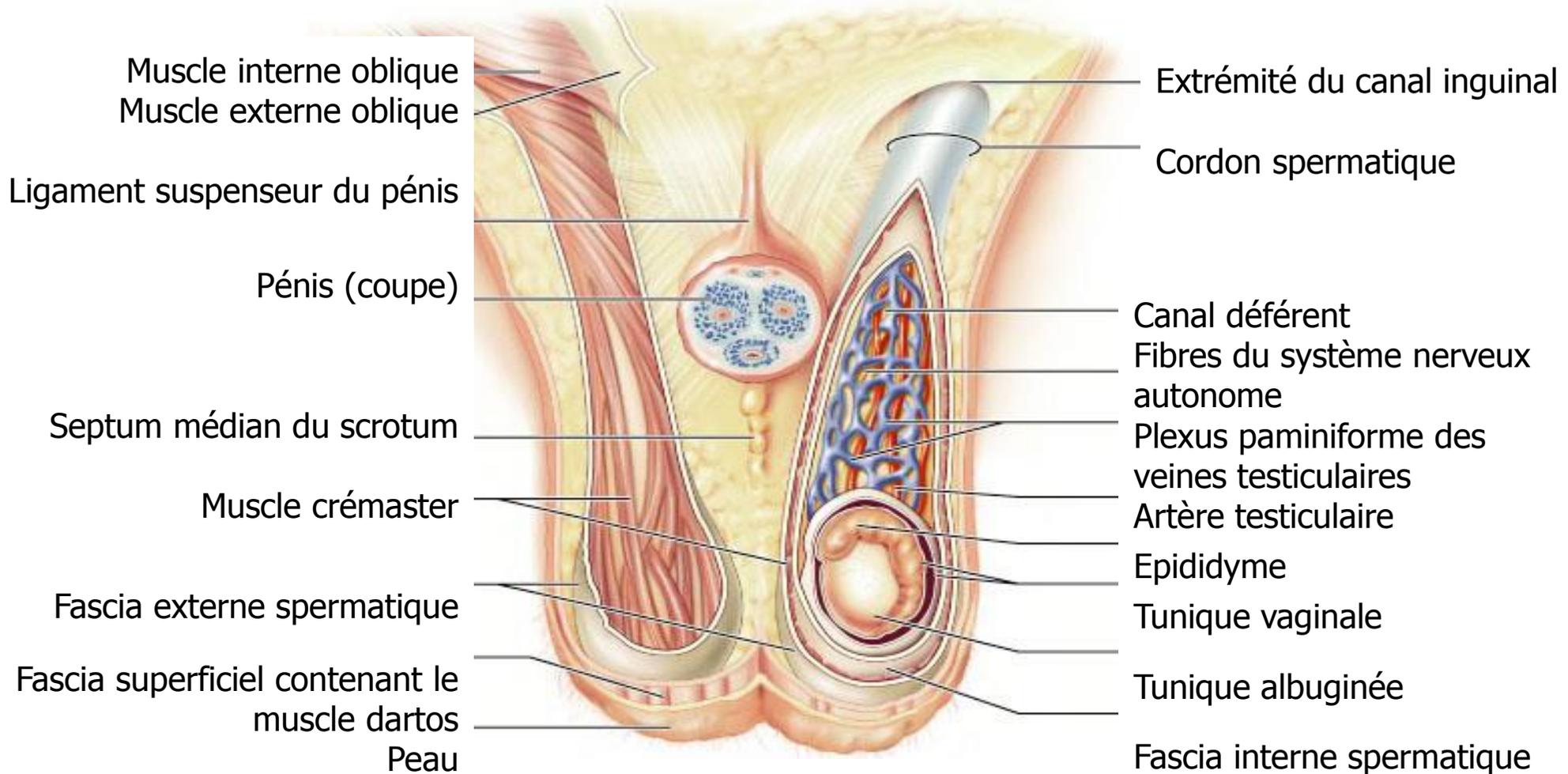
- Localisation testicules: âge, espèce, température
- Cryptorchidie bilatérale (1-10% chiens): stérilité, sécrétion androgènes maintenue
- Poids testicules: âge, saison (espèces à reproduction saisonnière)



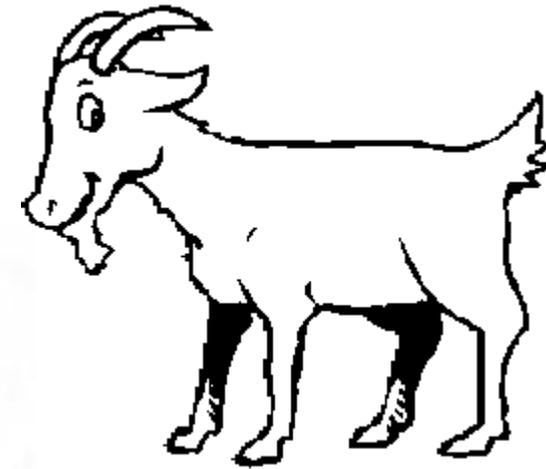
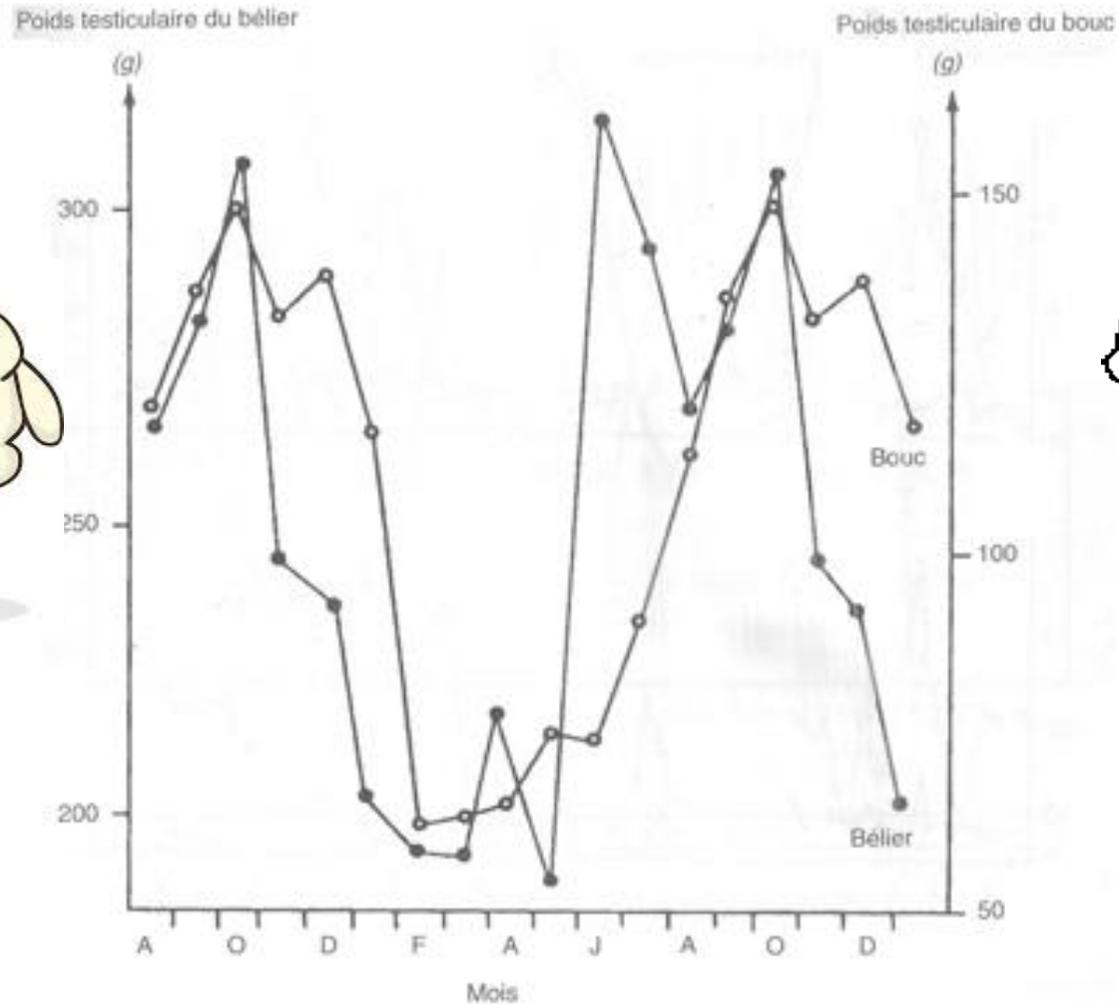
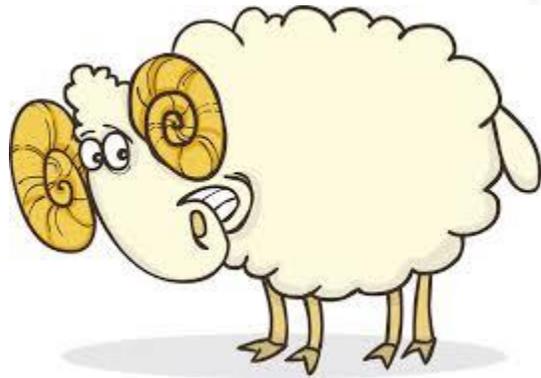
Moment de la migration gonadique

Taureau	Après 3.5-4 mois de gestation
Bélier	Après 80 jours de gestation
Verrat	Après 85 jours de gestation
Etalon	Aux environs de la naissance ;
Chien	Entre les derniers jours de gestation et les premiers jours après la naissance
Chat	2-5 jours <i>après</i> la naissance

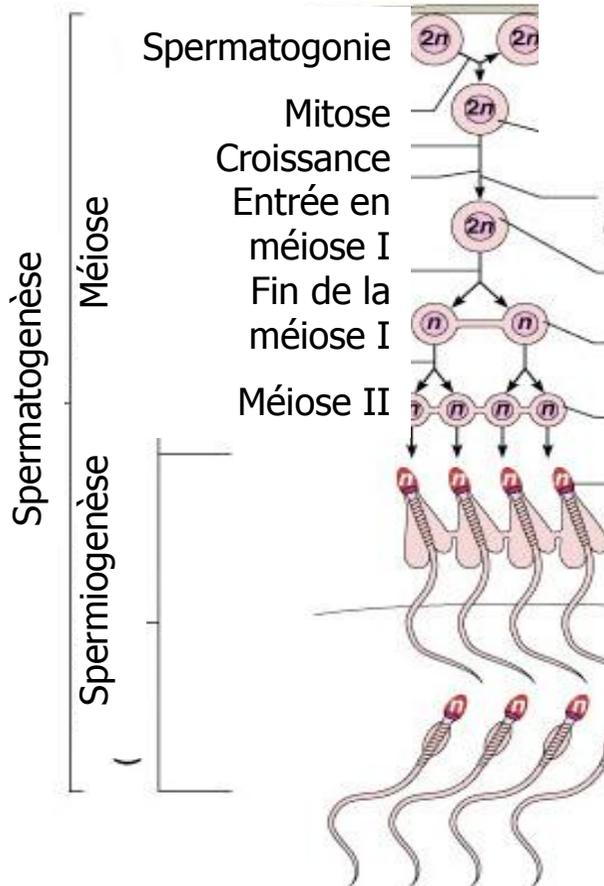
Le scrotum: thermorégulation



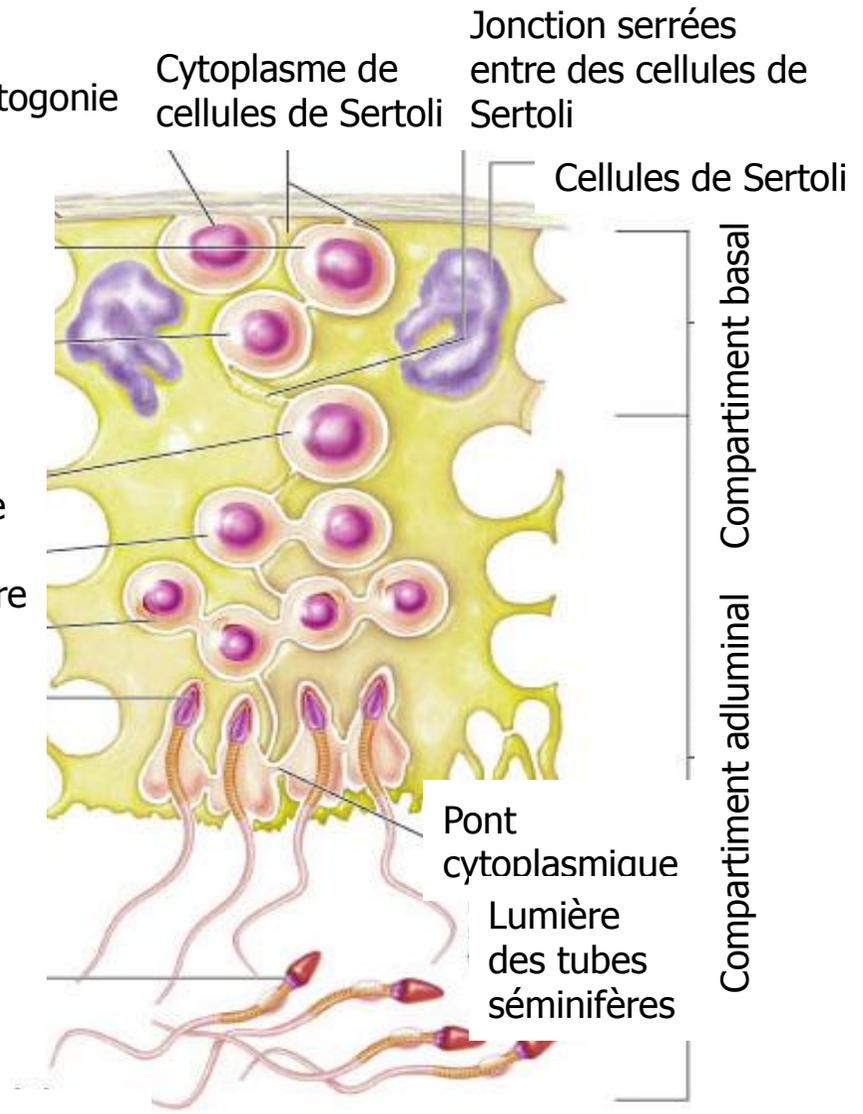
Les testicules: effet saison



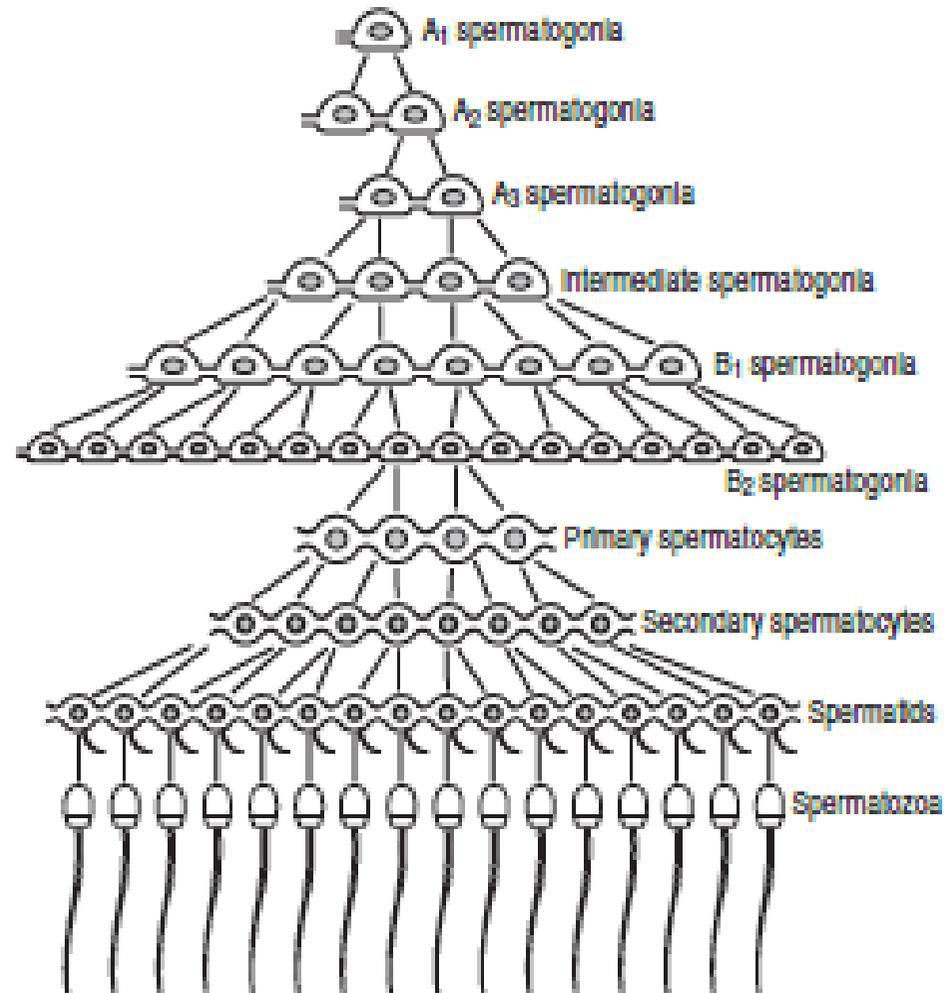
Spermatogénèse: épithélium séminifère

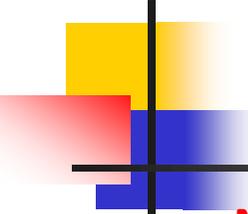


Lame basale
 Cellule fille type A
 Cellule fille type B
 Déplacement
 Spermatocyte primaire
 Spermatocyte secondaire
 Spermatide
 Spermatozoïde



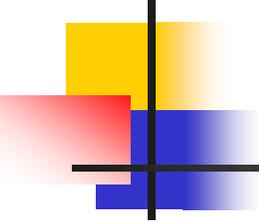
La spermatogenèse





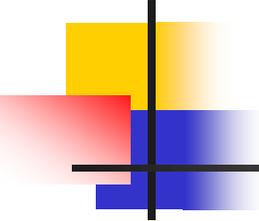
Cinétique de la spermatogenèse

- Multiplication des spermatogonies par mitose: débute pendant la vie embryonnaire et s'arrête avec l'atrophie du testicule
 - Maintien de la population de spermatogonies souches ou indifférenciées (A0): source permanente de spermatozoïdes
 - Spermatogonies filles destinées à la méiose (plusieurs générations)
 - Stade spermatocyte I avant la puberté
- Méiose: débute au moment de la puberté, se déroule sans latence
 - Accroissement du spermatocyte I
 - 1^{ère} division méiose: spermatocyte II
 - 2^{ème} division méiose: spermatide
- Spermatozoïdes=produits de la spermiogenèse



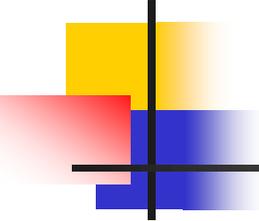
Cinétique de la spermatogenèse

- Durée spermatogenèse constante pour une espèce donnée
- Entrée synchrone en spermatogenèse d'une cohorte de spermatogonies adjacentes en un point particulier d'un tube séminifère
- Délai entre les entrées successives en spermatogenèse constant et caractéristique de l'espèce = durée du cycle de l'épithélium séminifère
- **Cycle de l'épithélium séminifère** = Succession des différents stades d'une génération de cellules germinales en un point fixe du TS



Spermatogenèse

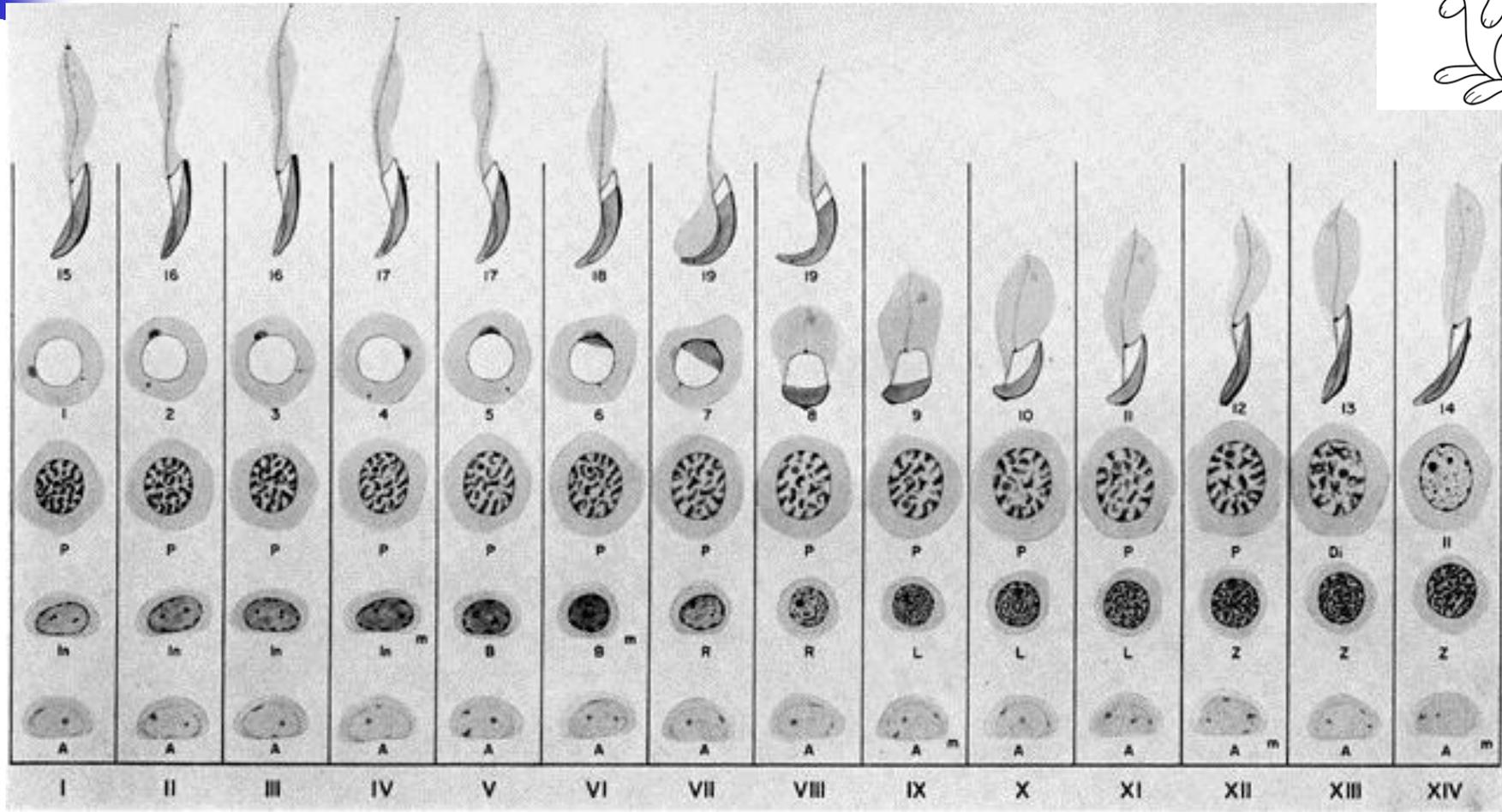
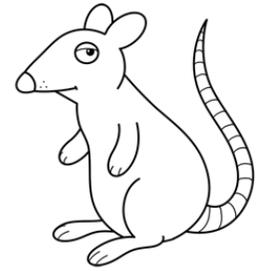
Espèces	Durée (jours)	
	Cycle de l'épithélium éminé	Spermatogénèse
Verrat	8.6	34.1
Macaque	10.5	42
Blier	10.4	49
Lapin	10.5	51.8
Taureau	13.5	54
Chien	13.6	54.4
Homme	16	74
Rat	12	48



Cinétique de la spermatogenèse

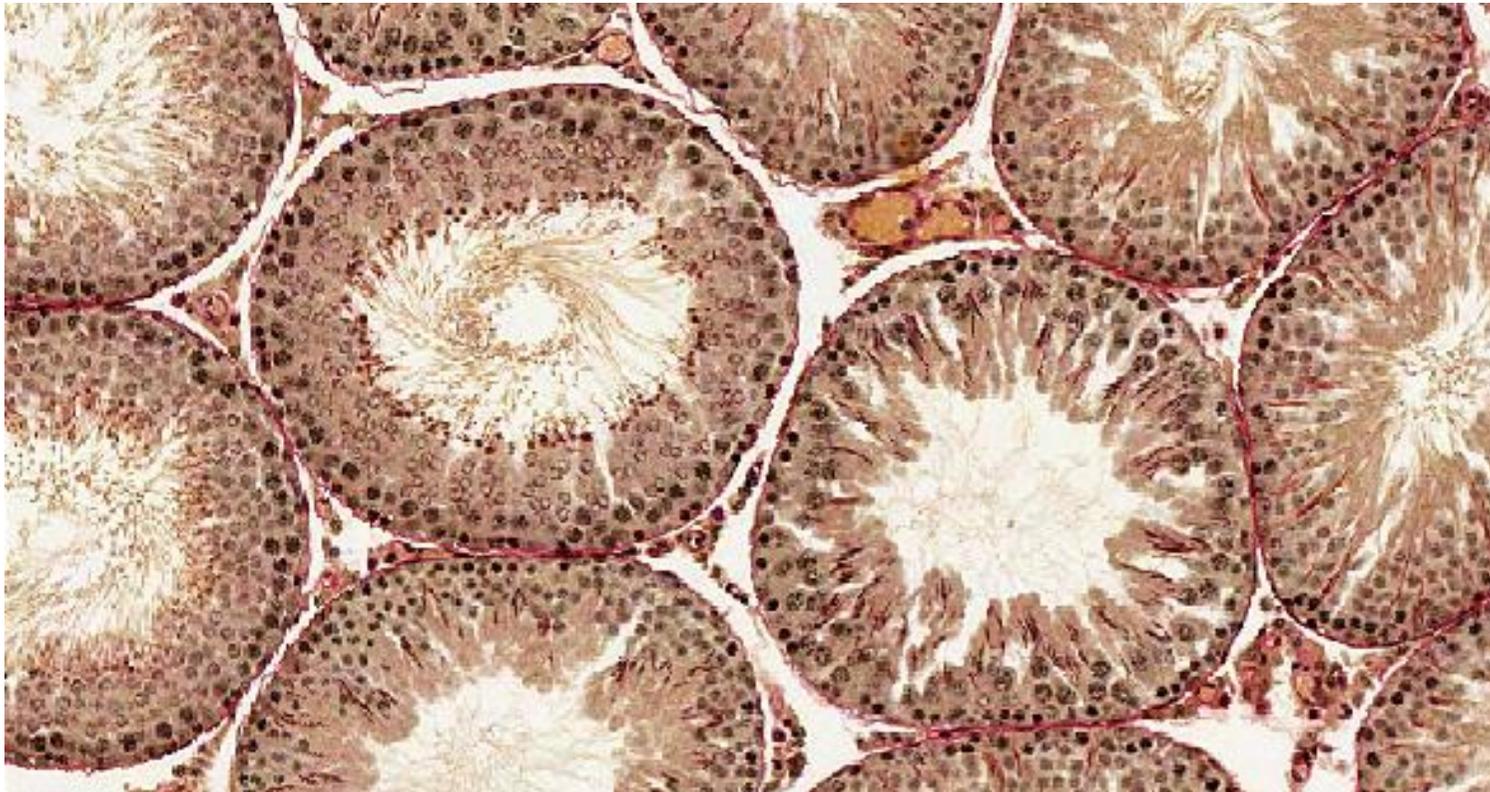
- Section transversale d'un TS : présence de 4 ou 5 générations de cellules germinales disposées en couches superposées: associations cellulaires de composition constante.
- Chaque type d'association définit un stade (1-14 stades selon les espèces)

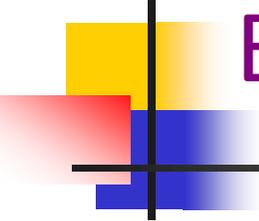
Stades de la spermatogenèse



from Perey et al., 1961, Amer J Anat 108:47

Dans chaque TS, les types d'associations cellulaires sont les mêmes le long des axes radiaires et chaque tube présente un type d'association différent de son voisin



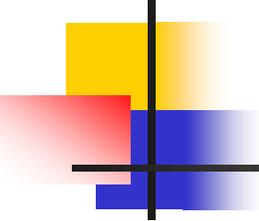


Efficacité de la spermatogenèse

Espèce	Age (mois)	Vol éjaculat (ml)	Conc sperm (10 ⁸ /mL)
Verrat	5-8	250 (150-500)	0.1-0.2
Taureau	12-14	4 (2-10)	0.8-1.2
Bélier	6-8	1 (0.7-2)	1.2-2
Etalon	20-24	70 (30-300)	0.1-1.5
Chat	9	0.01-0.3	1.5-28
Chien	10-12	2-25	0.6-5.4
Lapin	4-12	0.4-0.6	0.5-3.5

Efficacité de la spermatogenèse

Espèce	Age pubéré	Poids du corps (kg)	Poids des 2 testicules (g)	Prod/j (10^9)	Prod/j/g testicule (10^6)	Nombre de sperméjaculat (10^6)
Homme	12-13 ans	70	40	0.2	5	200
Taureau	9-12 mois	1200	800	7.5	12	6000
Etalon	13-24 mois	1000	340	5.3	16	7000
Élier	112-185j	100	500	9.5	21	4000
Verrat	5-8 mois	200	720	16.2	23	15000
Résus	3 ans	12	70	1.1	23	400
Rat	40-50j	0.3	4	0.086	23	58
Hamster	6-8 sem	0.15	4	0.074	24	80
Lapin	6-7 mois	4	6	0.016	25	120

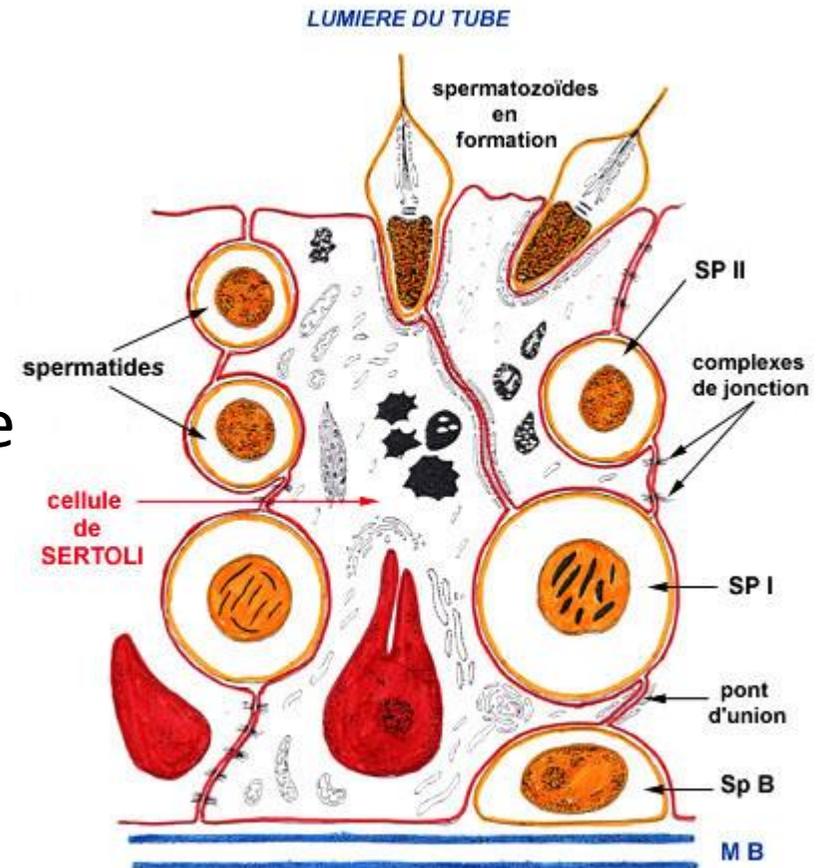


Régulation de la spermatogenèse

- Régulations intragonadiques des fonctions testiculaires: interactions cellules de Leydig-cellules germinales-cellules de Sertoli
- Contrôle endocrinien de la spermatogenèse: axe hypothalamo-hypophyso-testiculaire

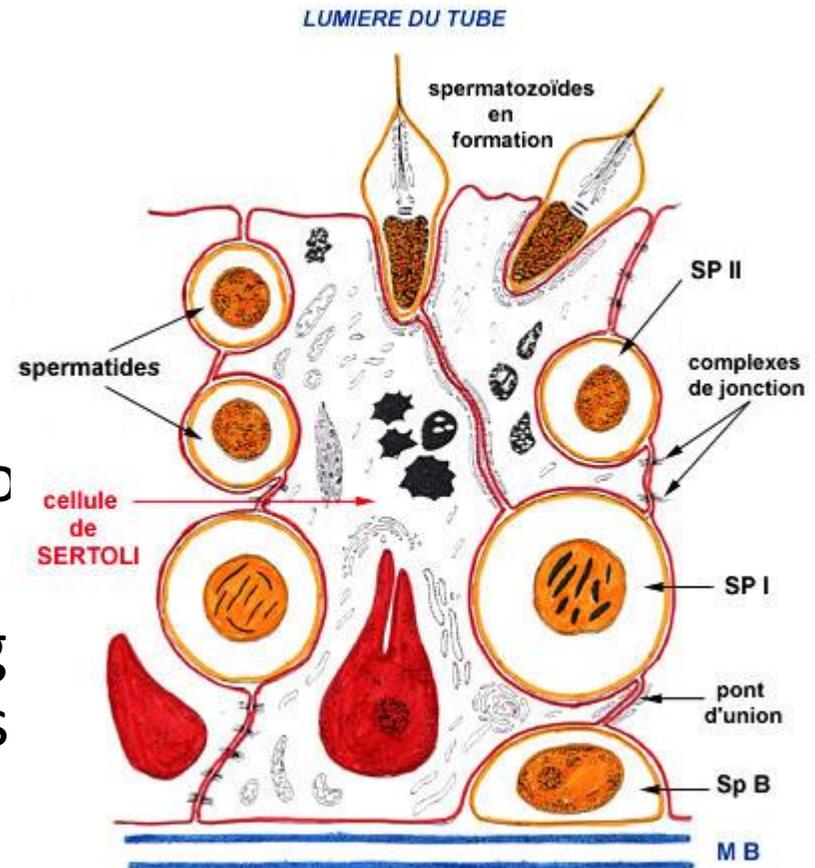
Cellules de Sertoli-cellules germinales

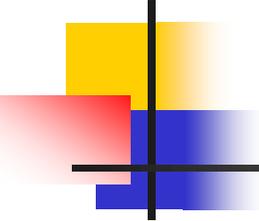
- Cellules épithéliales de l'épithélium séminifère
- Forment des jonctions perméables avec les cellules de la lignée germinale
 - Rôle nourricier (transferrine, fer, lactate)
 - Rôle dans le déplacement des cellules en division vers la lumière
- Jonctions serrées entre cellules de Sertoli : barrière sang-testicule



Cellules de Sertoli

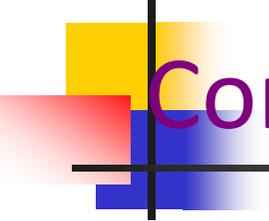
- Sécrétion du fluide testiculaire: transport des spermatozoïdes
- Phagocytose corps résiduels
- Rôle endocrine: AMH, inhibine
- Expression de l'aromatase (conversion de la testostérone en oestradiol)
- Production d'ABP (Androgen Binding Protein): maintien de concentrations intratesticulaires élevées en testostérone





Rôle de la testostérone intratesticulaire

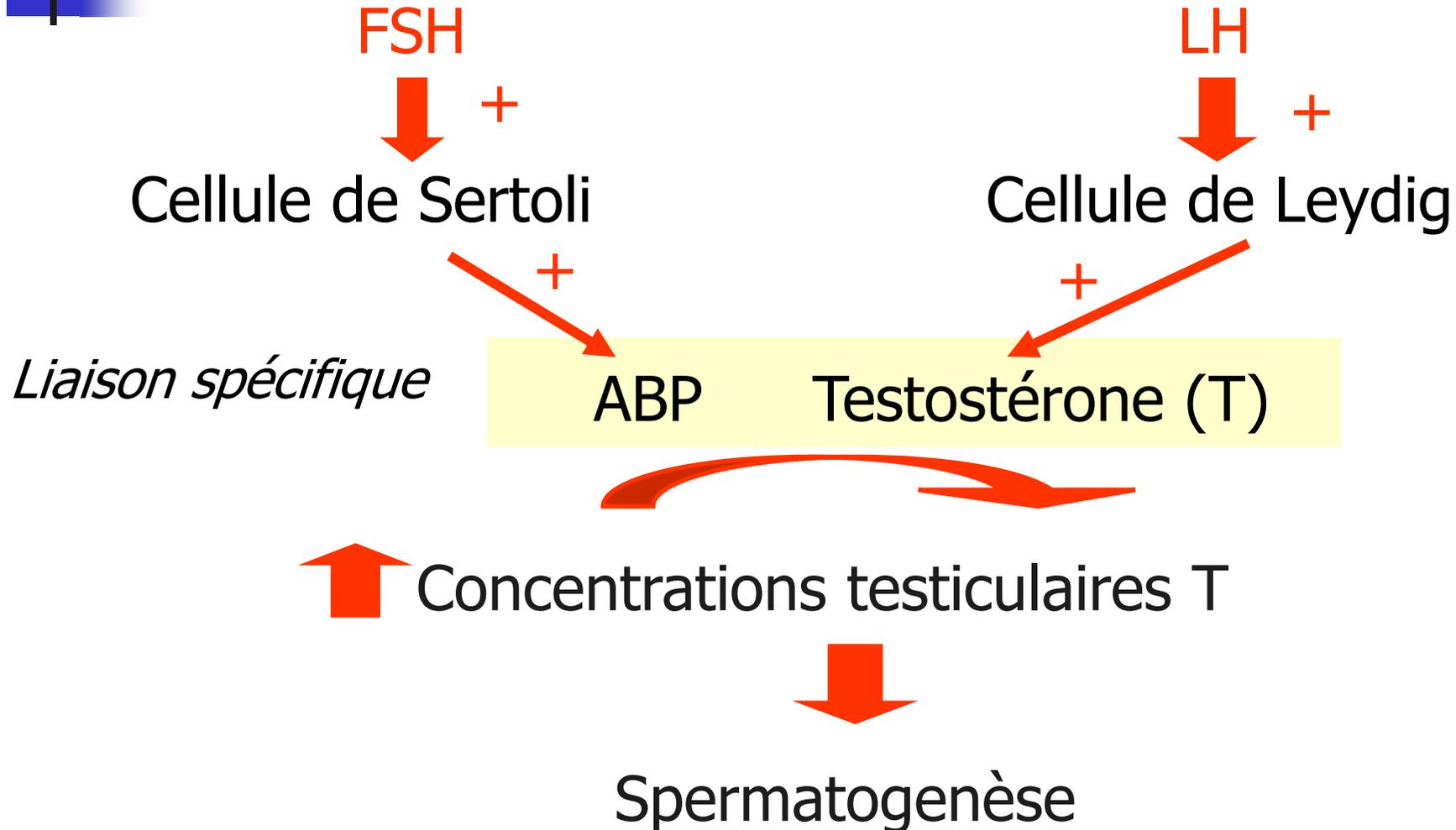
- Testostérone produite par les cellules de Leydig.
- Quantités importantes de testostérone dans le compartiment adluminal : liaison à l'Androgen-Binding Protein.
- Concentrations en testostérone dans les tubes séminifères 100 fois plus élevées que les concentrations circulantes nécessaires au déroulement de la spermatogenèse.



Contrôle endocrinien de la spermatogenèse

- Testostérone: initiation et maintien spermatogenèse
- FSH: Initiation spermatogenèse puberté
- Testostérone
 - Effet via cellules de Sertoli
 - Facteur de survie cellulaire
- Suppression de la testostérone
 - Apoptose cellules germinales

Contrôle endocrinien de la spermatogénèse



ABP: Androgen-Binding Protein

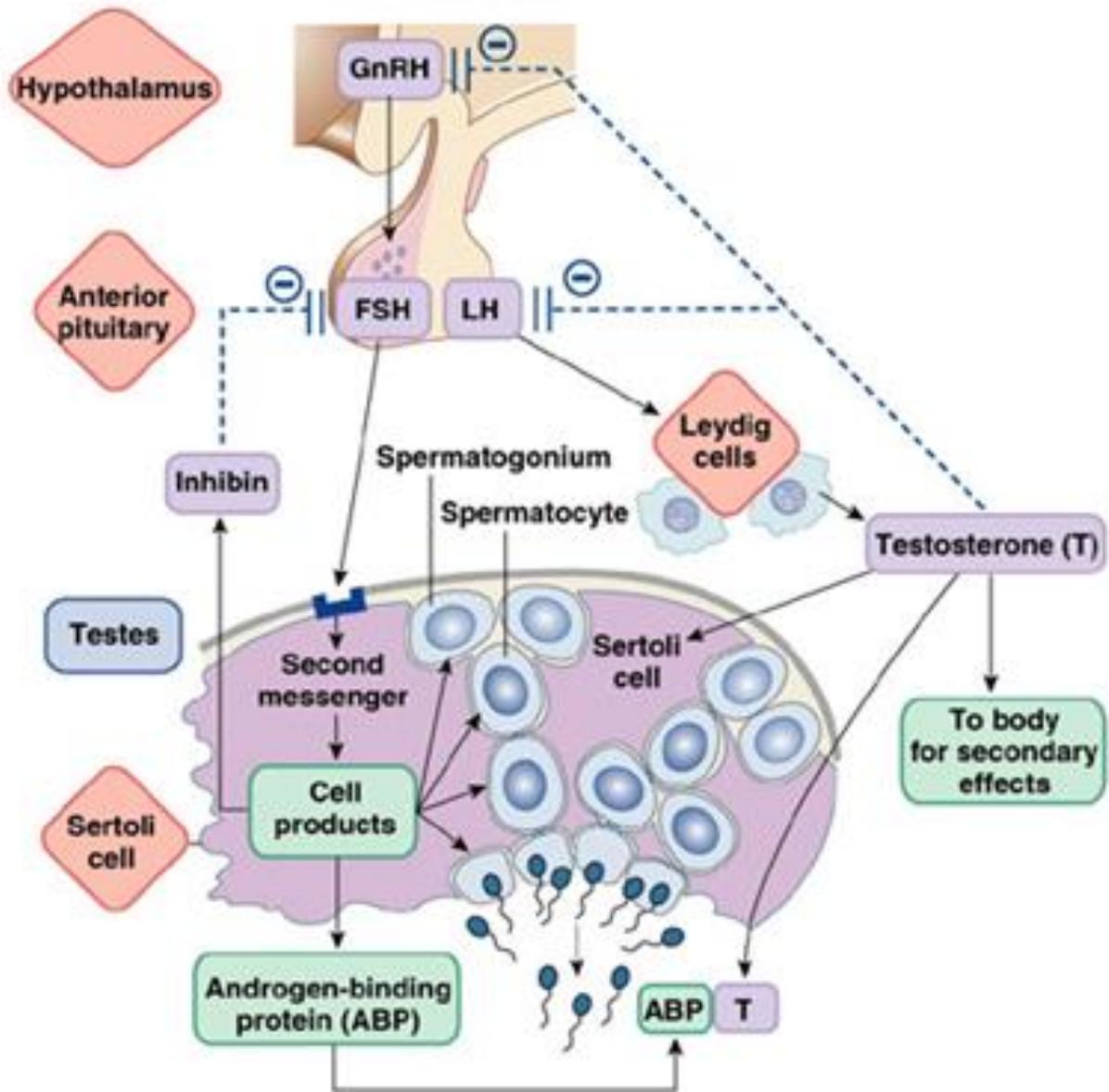
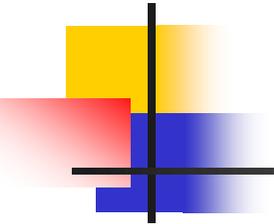
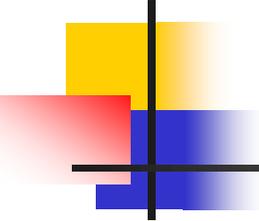


Fig. 26-11

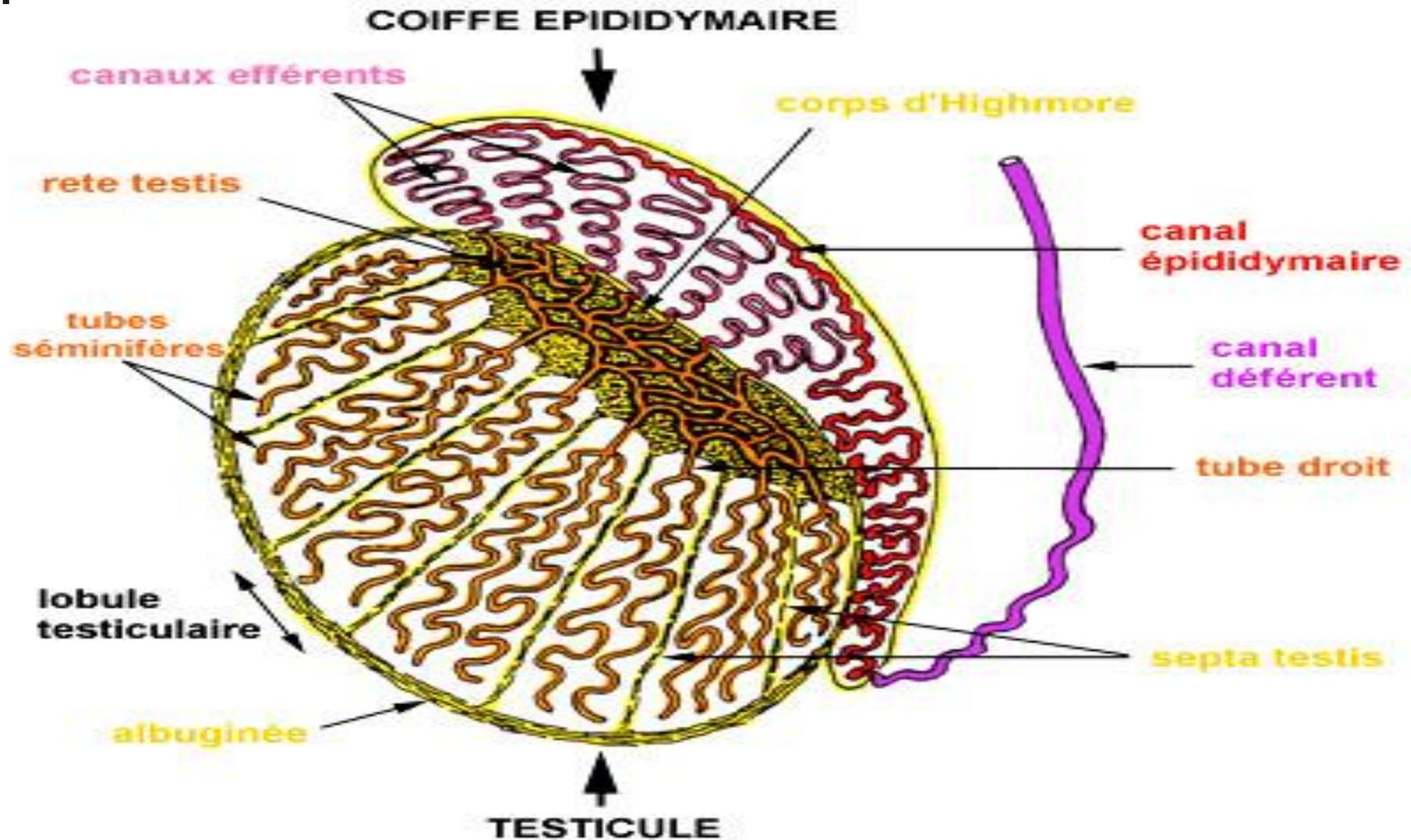


Devenir des spermatozoïdes

■ Transport

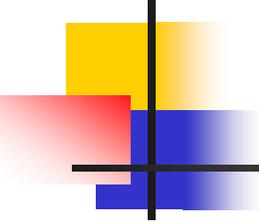
- Pression exercée par les nouveaux spermatozoïdes produits
- Sécrétion du plasma séminal (cellules Sertoli, épидидyme, conduits déférents et glandes annexes)
- Epithélium cilié épидидyme
- Contraction des muscles lisses

Transport des spermatozoïdes: transport épидидymaire



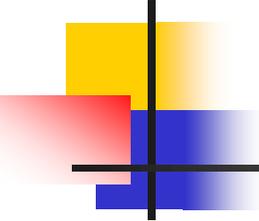
Transport épидидymaire spermatozoïdes (jours)

Espèce	Tête	Corps	Queue	Durée totale
Homme	1-2.5	0.5	5	1-12
Etalon	1	1.5	6	7.5-10
Bélier	1	3	8	13
Taureau	2	2	10	14
Porc	3	2	4-9	9.14



Transport spermatozoïdes

- **Epididyme:**
 - Transport, survie (queue) et maturation spermatozoïdes
- **Maturation épидидymaire:**
 - Acquisition de la mobilité fléchante
 - Acquisition de l'aptitude à se fixer à la ZP (protéines de reconnaissance de la ZP)
 - Acquisition de l'aptitude à féconder et assurer un développement normal



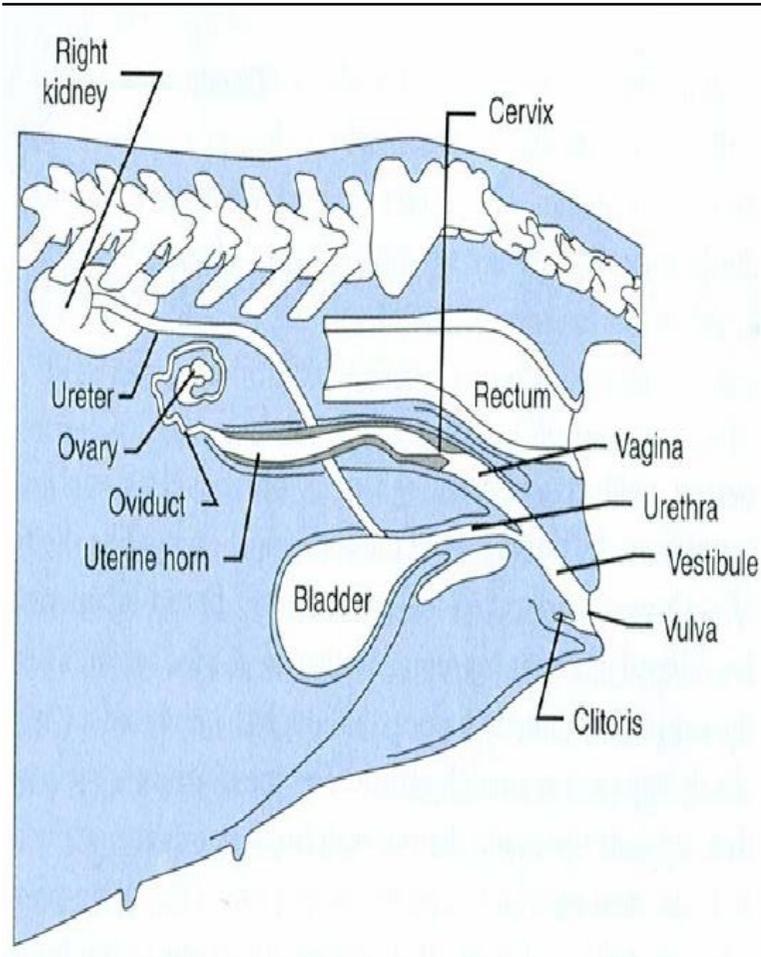
Transport des spermatozoïdes dans les voies génitales femelles

- Rencontre des gamètes: ampoule
- Transport gamète femelle: ovocyte II ovulé
- Gamète mâle: lieu de dépôt, motilité, contractions utérines, obstacles

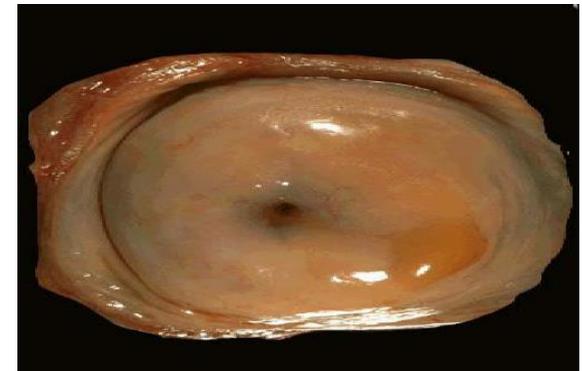
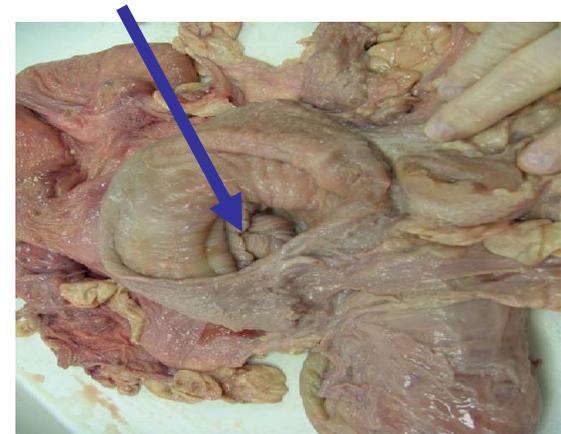
Lieu de dépôt du sperme

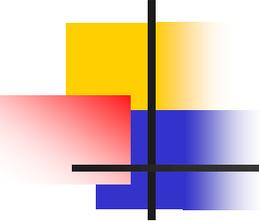
Espèce	Nb de spermatozoïdes par éjaculat	Site du dépôt	Nb de spermatozoïdes dans l'ampoule
Souris	50.000.000	utérus	<100
Rat	58.000.000	utérus	500
Cobaye	80.000.000	vagin+utérus	25-50
Lapin	280.000.000	vagin	250-500
Furet	-	utérus	18-1600
Chien	18.000.000.000	vagin	
Chat	-	vagin	
Taureau	3.000.000.000	vagin	<100
Etalon	9.000.000.000	utérus	
Bélier	1.000.000.000	vagin	600-700
Verrat	8.000.000.000	utérus	1.000-5.000
Homme	280.000.000	vagin	200

RAPPROCHEMENT ET TRANSPORT DES GAMETES



Col de l'utérus

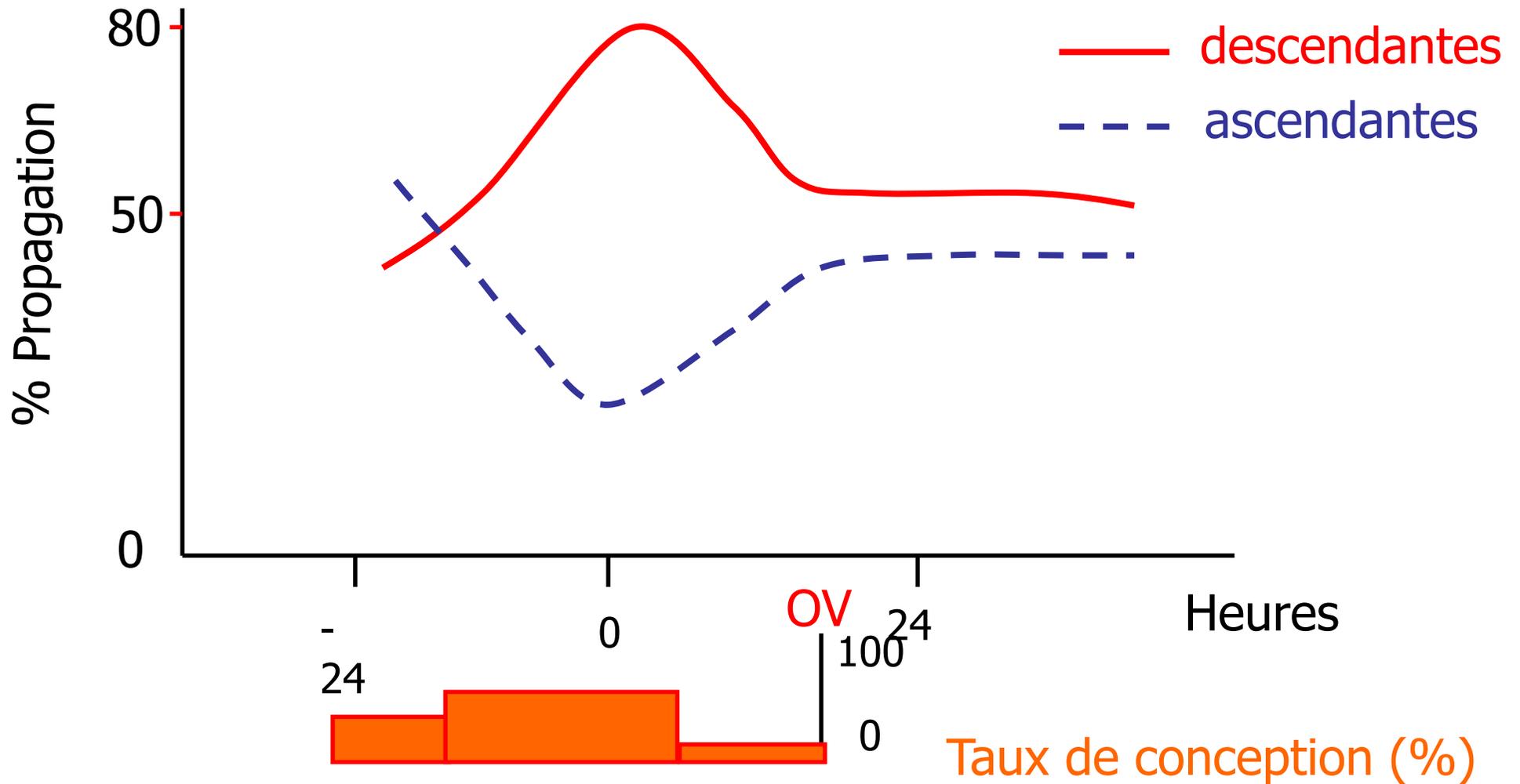


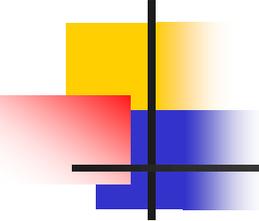


TRANSPORT DES GAMETES MALES

- Phase transit rapide (qq min) suivie transit lent (plusieurs h)
- Motilité propre
- Obstacles: col de l'utérus, jonction utéro-tubaire
- Pertes: phagocytose, reflux
- Viscosité du mucus cervical
- Contractions myomètre

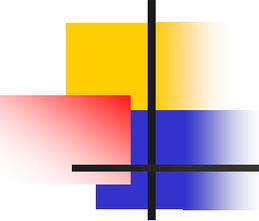
Transport des spermatozoïdes





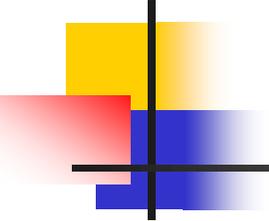
Capacitation

- Spermatozoïde éjaculé dans le plasma séminal (sécrétions glandes annexes): pas de capacité à féconder
- Nécessité séjour dans voies génitales femelles
- Capacitation=changements pour acquérir capacité à féconder (changements membranaires, métaboliques, mobilité)
- Durée: 6-8 h
- Survie dans voies génitales femelles: 6-12 h (rat) à 135j (chauve-souris)



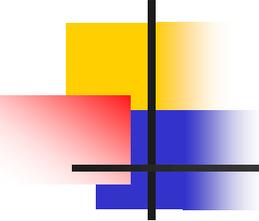
Rôle des sécrétions utérines

- Capacitation (durée variable)
- Volume maximal au moment oestrus
- Actions enzymatiques:
 - Enzymes protéolytiques: élimination composés surface (lavage et conditionnement)
 - Esterases, osidases: fourniture composés faible p.m.



Rôle des trompes utérines

- Jonction utéro-tubaire: limite nombre de spermatozoïdes entrant dans les trompes utérines
- Immobilisation spermatozoïdes dans isthme (mucus visqueux): stockage et survie spermatozoïdes
- Activation spermatozoïdes dans ampoule



Conclusion

- Spermatogenèse: processus complexe, continu
- Rôle des cellules de Sertoli, cellules de Leydig
- Contrôle endocrinien de la spermatogenèse
- Efficacité de la spermatogenèse, nombre de spermatozoïdes par éjaculat
- Transport des spermatozoïdes: rôle de l'épididyme
- Rôle des sécrétions utérines: capacitation