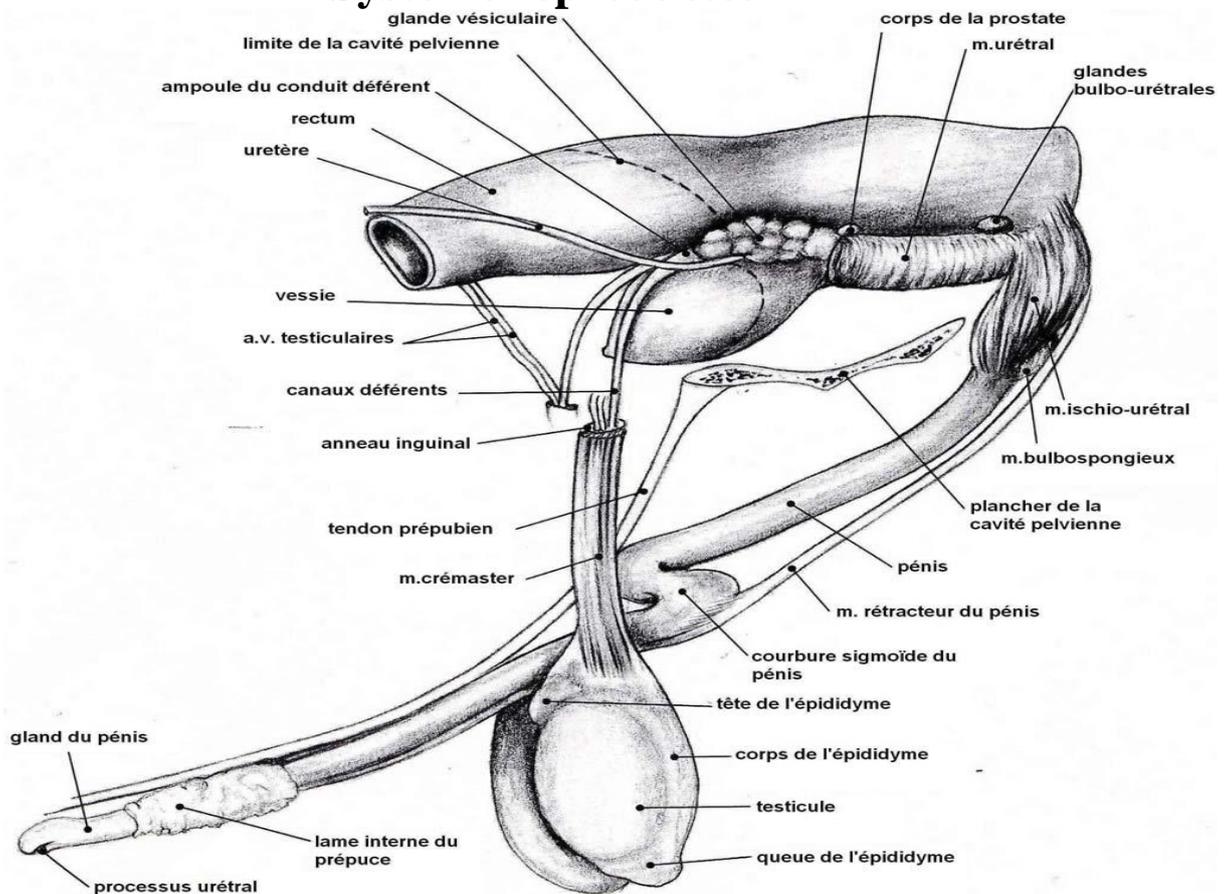


Cours N°4 :

1- Système reproducteur



I- Anatomie de l'appareil génital male

Les gonades (goné : semence) = testicules

Ovaires (gamètes : époux)

L'épididyme (du grec: "adjacent au testicule")

Table des matières

1. Embryogenèse et différenciation sexuelle
2. Anatomie du système génital
 - 2.1. Le testicule
 - 2.2. L'épididyme
 - 2.3. Le canal déférent
 - 2.4. Les glandes annexes
 - 2.5. Le canal urogénital
 - 2.6. Le pénis
 - 2.7. Le fourreau
3. Histologie du testicule
4. Spermatogenèse
5. Régulation hormonale
6. Facteurs de régulation de la spermatogenèse
7. Puberté

1. Embryogenèse et différenciation sexuelle

Chez les mammifères, la détermination du sexe est de trois ordres :

- le sexe chromosomique
- le développement des caractères sexuels primaires à savoir les gonades
- le développement des caractères sexuels secondaires sous l'influence des hormones.

Chez le mâle, les conduits et glandes annexes proviennent des canaux *de Wolff* (canaux mesonephrotiques) tandis que chez la femelle, l'oviducte, l'utérus et le vagin dérivent des canaux de *Müller* (conduits paramesonephrotiques). Les canaux de Wolff sont donc de simples vestiges chez la femelle (canaux de Gaertner au niveau du plancher vaginal).

Dans l'un et l'autre sexe, le système génital externe provient du tubercule génital qui donnera le pénis chez le mâle et le clitoris chez la femelle et des bourrelets génitaux qui constitueront le fourreau et le scrotum chez le mâle et les lèvres vulvaires chez la femelle. La détermination du sexe du fœtus est basée sur l'identification échographique de la position du tubercule génital vers le 2ème mois de gestation.

La présence du chromosome Y induit un développement de type mâle quelque soit le nombre de chromosomes X. Le déterminisme du sexe est lié à la présence sur le chromosome Y d'un gène appelé SRY (Sex determining region of Y) ou encore TDF (Testis Determining Factor) et sur le bras court du chromosome X d'un gène appelé DSS (Dosage Sensitive Sex Reversal). Le premier est un gène de masculinisation : il induit une différenciation des ébauches génitales vers le type mâle. Le second est un gène de féminisation : il induit la différenciation des ébauches génitales vers un type femelle. Cette différenciation femelle implique l'absence du gène SRY mais surtout la présence du gène DSS. Il est important de préciser également que le gène SRY ne peut réprimer qu'un seul exemplaire du gène DSS. Dès lors si à la suite d'une aberration génique sur le chromosome, ce gène existe en deux exemplaires chez un individu de type XY, il peut en résulter une différenciation incomplète du type mâle et la présence d'anomalies histologiques au niveau des gonades, pouvant dès lors présenter du tissu testiculaire et/ou ovarien.

Chez le fœtus mâle, le gène SRY induit la synthèse d'une protéine responsable de la différenciation de la gonade indifférenciée en testicule et du développement des cellules de Sertoli et de Leydig. Les premières synthétisent l'hormone MIS (Müllerian inhibiting substance) encore appelée AMH (Anti Mullerian Hormone). Les secondes synthétisent les androgènes responsables de la poursuite du développement des canaux de Wolff.

Chez le fœtus femelle, en l'absence du SRY on observe une différenciation de la gonade primitive en ovaire.

Etant donné, l'absence de sécrétion de MIS, on assiste au développement des canaux de Müller tandis que les canaux de Wolff régressent étant donné l'absence de testostérone.

Les testicules franchissent les canaux inguinaux 3 à 4 mois après la fécondation. Les spermatogonies sont présentes à la naissance mais la spermatogenèse c.a.d le processus de leur transformation en spermatozoïdes ne démarre qu'à la puberté.

Pour en savoir plus sur la différenciation sexuelle.

2. Anatomie du système génital

Le tractus génital mâle comprend :

- (1) les testicules et ses enveloppes (scrotum, dartos, gaine vaginale et cremaster)
- (2) l'appareil excréteur du sperme représenté par l'épididyme, le canal déférent, l'urètre, le pénis
- (3) les glandes génitales accessoires (prostate-glandes vésiculaires-glandes bulbo-urétrales) développées autour de la portion pelvienne de l'urètre. Ces glandes accessoires mêlent leur produit de sécrétion au fluide testiculaire pour constituer le sperme.

Le tractus génital du mâle présente plusieurs caractéristiques

La première est le processus de la descente ou migration testiculaire de l'abdomen dans le sac scrotal au travers de l'anneau et du trajet inguinal. Ce processus se traduit dans certains cas par des anomalies telles la monorchidie ou la cryptorchidie qui du fait de la modification de la thermorégulation entraîne des troubles de la spermatogenèse sans que pour autant la fonction endocrine du testicule soit modifiée.

La seconde est la manifestation d'une capacité d'érection bien avant celle de la spermatogenèse.

La troisième enfin est le mécanisme de thermorégulation assuré au niveau du scrotum. La peau du scrotum présente *des récepteurs thermiques* qui ont notamment pour effet le cas échéant d'abaisser la température corporelle. Elle a aussi de nombreuses glandes sudoripares. Par ailleurs, le cremaster peut modifier la position plus ou moins haute (taureau) du testicule : le testicule remonte et se trouve davantage en contact avec la paroi abdominale si l'environnement est froid, l'inverse se produit si la température extérieure augmente. Enfin, compte tenu des contacts circonvolués étroites entre les artères et les veines testiculaires au niveau du plexus pampiniforme, le sang qui arrive au testicule est refroidi par celui qui en sort. La disposition de surface des artères et veines testiculaires contribue à accentuer ce mécanisme thermorégulateur.



2.1. Le testicule

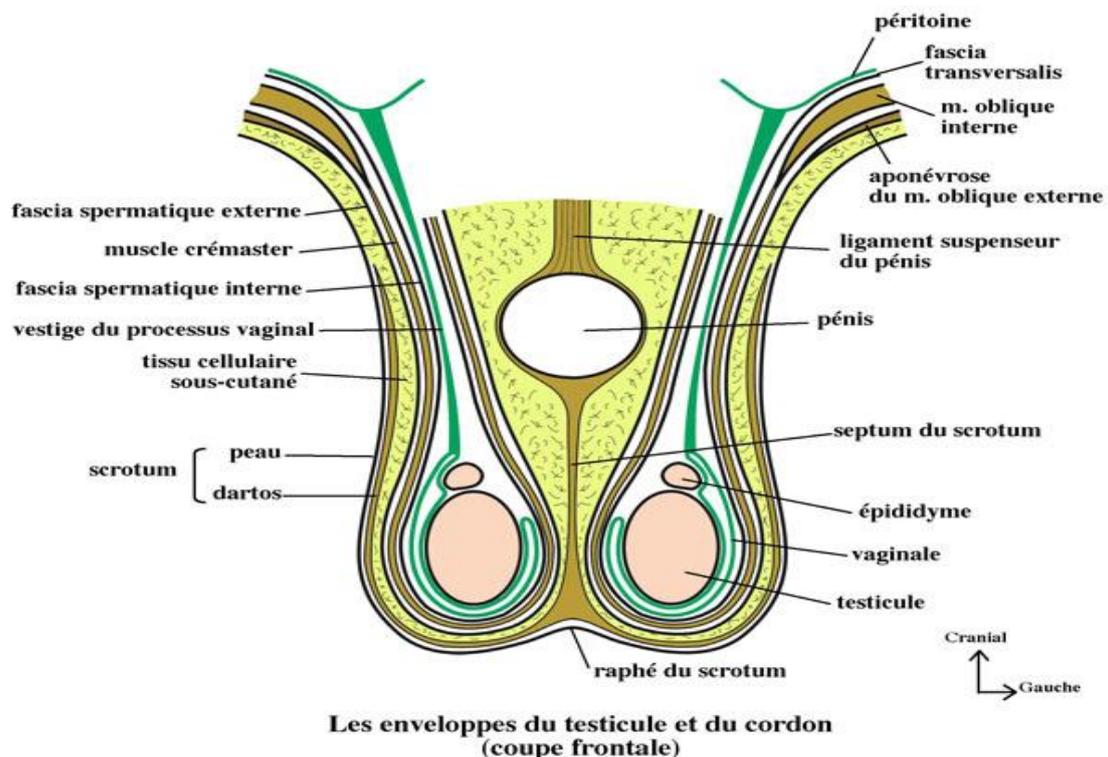
Il présente une position et une orientation verticale dans le scrotum des ruminants. La taille du testicule varie selon la saison dans les espèces dites *saisonnnières telles le bélier, l'étalon ou le chameau*. L'ablation d'un testicule entraîne par ailleurs l'élargissement conséquent de l'autre ($\sim 80\%$). Chez le monorchide, l'ablation d'un testicule descendu peut entraîner la descente de l'autre testicule. Le poids moyen des deux testicules est de 800 g chez le taureau et de 500 g chez les petits ruminants. Le poids testiculaire est étroitement corrélé ($r = 0.91$ à 0.98) avec le périmètre scrotal. Cette mesure permet de bien estimer la capacité de production en spermatozoïdes. Cette relation est d'autant plus intéressante que la taille du testicule est hautement héritable ($h^2 : 0.5$). Le tissu parenchymateux est pulpeux et de couleur jaunâtre, plus ou moins foncée.

Les testicules sont pourvus d'une double fonction : exocrine ou spermatique et endocrine (les cellules de Leydig synthétisent les androgènes tandis que les cellules de Sertoli assurent la synthèse des oestrogènes, AMH, ABP et de l'inhibine. Le testicule, est recouvert d'une membrane fibreuse, résistante, non élastique: l'*albuginée*.

L'*albuginée* délivre une série de lames conjonctives qui le subdivisent en lobules logeant le tissu parenchymateux et servant de support aux éléments vasculo-nerveux. Les travées conjonctives convergent vers la face postérieure du testicule pour former le *corps d'Highmore* où arrivent les canalicules issus des tubes séminifères qui s'y anastomosent et forment le *rete testis*.

Le *crémaster* est un muscle à contraction volontaire. La contraction du crémaster détermine l'ascension du testicule.

La *gaine vaginale* représente un diverticule de la cavité abdominale. Dans sa partie inférieure, se loge le testicule. Sa partie moyenne est rétrécie et appliquée sur le cordon testiculaire tandis que sa partie supérieure, forme l'anneau vaginal point de communication avec la cavité péritonéale.



2.2. L'épididyme

L'épididyme (du grec: "adjacent au testicule") est un corps allongé le long du bord postérieur du testicule chez les ruminants. La tête est très adhérente au testicule, peu palpable. Elle est constituée des canaux efférents, arrivant du rete testis. Le corps est aplati et la queue se prolonge par le canal déférent. La queue forme un appendice très palpable chez les ruminants. Chaque canal déférent se connecte à l'urètre au point d'aboutissement des canaux issus des deux vésicules séminales.

La *tête de l'épididyme* comporte 13 à 20 conduits qui se réunissent en un seul extrêmement circonvoqué au niveau du corps puis de la queue de l'épididyme. Sa longueur est de 36 mètres chez le taureau. La maturation du spermatozoïde est assurée au niveau de la tête et du corps. La *queue de l'épididyme* constitue le principal lieu de stockage extragonadique (75 %) et

l'ampoule du canal déférent le second (25%). Par ailleurs, les spermatozoïdes de la queue de l'épididyme sont capables d'assurer une fécondation. La durée du transit épидидymaire des spermatozoïdes est de 9 à 13 jours chez le taureau et de 12 à 15 jours chez le bélier. Cette durée est fonction de la fréquence des éjaculations et elle peut être raccourcie lors d'une trop grande fréquence de ces dernières ; ceci implique la nécessité d'un rythme optimum à respecter lors des récoltes du sperme. Ce rythme est variable suivant les espèces.

2.3. Le canal déférent

Le canal déférent s'élargit en une ampoule (résorption liquidienne et spermiphagie) qui s'abouche à l'urètre.

L'ampoule du canal déférent a chez le taureau une longueur de 10 à 15 cm et une largeur de 5 à 8 mm. Le canal déférent joue également un rôle physiologique assez semblable à celui du canal épидидymaire.

2.4. Les glandes annexes

Les glandes annexes présentent diverses caractéristiques spécifiques.

Les *vésicules séminales* s'étalent latéralement dans le bassin entre les ampoules des canaux déférents et le col de la vessie. Elles sont lobulées et compactes chez les ruminants. Elles ont chez le taureau une longueur comprises entre 8 et 15 cm, une largeur de 3 à 5 cm et une épaisseur de 1 à 2 cm. Leur taille varie selon les individus. Elles sont nettement lobulées et mobiles. Leur sécrétion se divise dans un canal commun avec le canal déférent (canal éjaculateur). Leur développement et sécrétions étant sous le contrôle des androgènes, la castration entraîne l'atrophie.

La *prostate* comprend deux parties l'une (corps de la prostate) petite chez le taureau et une partie disséminée autour de l'urètre et s'étendant jusqu'aux glandes bulbo-urétrales. Le corps de la prostate a chez le taureau une longueur de 3 cm, une largeur d'1 cm et une hauteur de 2 à 3 cm. Les *glandes bulbo urétrales* encore appelées glandes de Cowper ou glandes de Méry sont présentes chez tous les mammifères. De la taille d'une châtaigne, elles sont situées au-dessus de l'arcade ischiale dans la portion postérieure de l'urètre. Leur canal excréteur va déboucher dans le canal de l'urètre sous la valvule ischiale.

Chez le taureau elles sont pratiquement recouvertes par le muscle bulbospongieux.

Le rôle exact des glandes annexes est loin d'être défini. Selon les espèces elles renferment de substances plus ou moins spécifiques tel l'acide citrique et le fructose dans les vésicules séminales des ruminants.

Pour rappel

Glandes	RU, CV	PO	CN	CT
Vésicules séminales	+	+	-	-
Prostate	+	+	+	+
Glandes de Cowper	+	+	-	+
Glandes préputiales	-	+	-	-

2.5. Le canal urogénital

Le canal uro-génital est un conduit impair servant à l'émission de l'urine et du sperme. Il s'étend du col de la vessie à l'extrémité libre de la verge et comporte deux parties: une intrapelvienne et une extra-pelvienne.

La *portion intrapelvienne* s'étend du col de la vessie à l'arcade ischiale; Elle est recouverte par la prostate à laquelle elle adhère intimement et elle est en rapport, au-dessus, avec le rectum auquel elle est unie par un tissu conjonctif lâche. Elle reçoit le débouché des canaux déférents et le produit de sécrétion des glandes annexes. Comme particularité de sa surface intérieure, on retiendra que la muqueuse présente, à l'origine du canal, une éminence allongée, sorte de crête, appelée *verumontanum* sur les côtés de laquelle viennent s'ouvrir les canaux éjaculateurs. Chez le taureau et le porc on trouve, à l'intérieur, au point où le canal s'infléchit sur l'arcade ischiale, une *valvule* à bord libre dirigé vers le méat urinaire. La présence de cette valvule rend le sondage vésical difficile dans ces espèces.

La *portion extra-pelvienne* ou pénienne est engainée par une couche de tissu érectile, le corps spongieux et elle est accolée à une tige érectile, le corps caverneux, qui forme la base du pénis ou organe copulateur.

2.6. Le pénis

D'une longueur comprise entre 80 et 110 cm, le pénis du taureau est de nature fibroélastique comprend anatomiquement trois parties : la racine, le corps et l'extrémité libre. La *racine du pénis* est constituée des corps caverneux recouverts des deux puissants muscles ischio-caverneux. La gouttière inférieure, étroite, profonde et pratiquement convertie en un canal fibreux, loge l'urètre. L'albuginée est épaisse mais le tissu érectile est très peu abondant d'où la faible augmentation de volume de l'organe lors de l'érection. Une disposition particulière supplée à cette insuffisance à savoir une double inflexion de l'organe en forme d'S (S pénien ou inflexion sigmoïde) avant son passage entre les deux gaines vaginales. L'effacement de cette inflexion lors du coït permet à l'organe de s'allonger et de sortir du fourreau. La présence de cordons rétracteurs de la verge permet le rétablissement de cette double inflexion après l'érection et, dès lors, la position de repos.

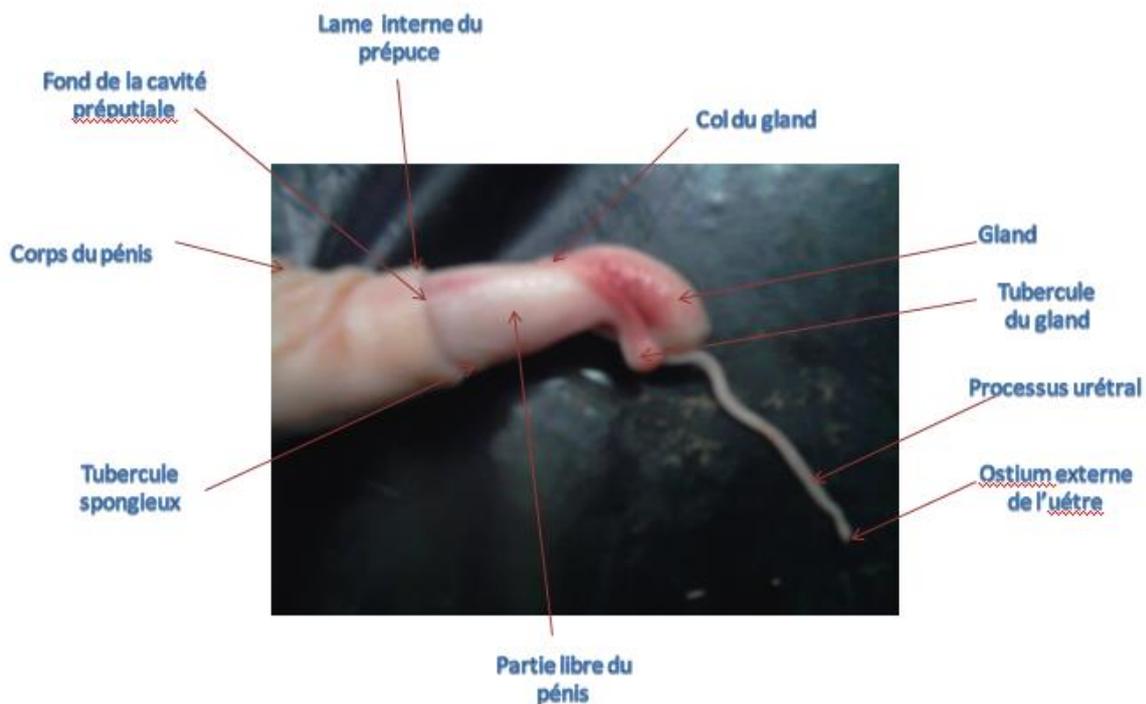
Entre elles, passe l'urètre entouré dorsalement et ventralement dans sa portion pelvienne du corps spongieux.

Ce dernier présente une dilatation au niveau de la courbure ischiatique (bulbe du pénis). Cette dilatation est recouverte par les deux muscles bulbo-spongieux jointifs. Ceux-ci sont recouverts par les deux muscles rétracteurs du pénis séparés de quelques cm et fixés d'une partie au niveau de la première vertèbre coccygienne et d'autre part en arrière du pénis au niveau de l'S pénien. La racine du pénis joue essentiellement le rôle du pompe impliquée dans le mécanisme de l'érection et de l'éjaculation. Le *corps du pénis* comprend la partie comprise entre la partie libre du pénis et la jonction des structures formant la racine du pénis. Une coupe transversale de cette partie permet de distinguer dorsalement le *corps caverneux* et ventralement l'urètre entouré du *corps spongieux*. Ces deux structures sont chez le taureau,

entourés par l'albuginée. Les espaces vasculaires du corps caverneux s'organisent à la portion proximale du pénis en deux canaux dorsaux qui se réunissent par la suite pour se diviser au niveau de l'S pénien en deux canaux ventraux. Cette portion du pénis sert essentiellement à l'intromission pénienne. L'S pénien représente environ $\frac{1}{4}$ de la longueur du pénis. Il est absent à la naissance chez le veau. Une première ébauche de flexion s'amorce vers l'âge de 3 mois et se développe surtout entre 4 et 6 mois, âge auquel commence véritablement la protrusion du pénis, impossible au par avant chez le veau. L'extrémité libre du pénis est celle visible dans la cavité préputiale. Elle est de forme asymétrique et tordue. Le corps spongieux se prolonge dans le *gland du pénis*. Cette portion a une fonction essentiellement sensitive. L'architecture de cette portion est essentiellement ligamenteuse : des fibres longitudinales en limitent l'élongation tandis que des fibres spirales en provoquent la rotation de sa partie terminale. C'est ainsi que le demi-tour d'hélice vers la droite que connaît le pénis au cours de l'érection amène le processus urétral non plus directement en bas et dans l'axe du pénis mais latéralement et vers le haut au moment de l'éjaculation.

Le pénis est irrigué par les artères caverneuses et les artères dorsales de la verge et le sang est repris par les veines honteuses externes. Les nerfs proviennent du nerf honteux et du système vago-sympathique ; les vaisseaux lymphatiques vont aux ganglions inguinaux et aux ganglions sous lombaires.

Vue latérale droite du pénis du bélier



2.7. Le fourreau

D'une longueur chez le taureau de 35 à 40 cm et d'un diamètre de 3 cm, le fourreau ou prépuce s'ouvre quelques cm en arrière de l'ombilic. Il comporte comme dans les autres espèces deux feuillets interne et externe séparés par une structure lamellaire. Celle-ci se met en place sous influence hormonale vers 32 semaines (4 à 9 mois) chez le taureau, au-delà de la 10ème semaine chez le bélier, vers 20 semaines chez le verrat et vers 4 semaines chez l'étalon. C'est la présence de cette structure lamellaire qui permet au pénis de sortir lors de l'érection sur une longueur de 25 cm et par fois de 40 cm lors de l'éjaculation chez le taureau.

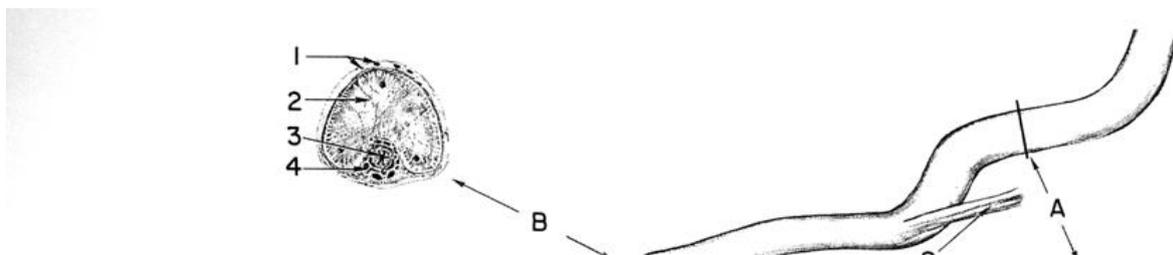
La séparation de ces deux feuillets conduit à l'éversion du prépuce qui peut sortir même chez l'animal au repos. Chez le taureau, le fourreau s'allonge plus loin sous le ventre que chez le cheval; son ouverture est étroite et porte à son entrée un bouquet de poils longs et durs. Le système musculaire comporte des muscles crâniens fixés à l'appendice xiphoïde. Ils tirent vers l'avant et enserrant l'orifice préputial. En arrière, les muscles caudaux venant de la région inguinale contribuent lors du cabrer de l'animal à tirer le prépuce vers l'arrière et à faciliter la sortie du pénis.

Le fourreau reçoit son irrigation de la sous-cutanée abdominale et de la dorsale antérieure du pénis et son innervation relève à la fois des nerfs inguinaux et du nerf honteux.

Appareil génital male vue externe



Figure 7 : Vue schématique latérale du pénis d'un bouc



1. artère et veine dorsales ;
2. corps caverneux du pénis ;
3. urètre ;
4. corps spongieux du pénis ;
5. orifice préputial ;
6. processus urétral ;
7. gland du pénis ;
8. muscle rétracteur du pénis.

3. Histologie du testicule

Le testicule exocrine est représenté par les tubes séminifères qui aboutissent au rete testis. Ils représentent environ 80 % du testicule chez le bélier. Le tube séminifère se compose d'une lumière et d'une paroi cellulaire formée des cellules de la lignée séminale et des cellules de Sertoli.

Les cellules de Sertoli sont des cellules qui se trouvent au sein des tubes séminifères et dont la fonction essentielle est la nutrition des futurs spermatozoïdes. Elles ne peuvent se multiplier qu'au cours de la première année de la vie (leurs homologues chez la femelle sont les cellules folliculaires).

Chez l'adulte, les fonctions des cellules de Sertoli sont contrôlées par l'hormone hypophysaire FSH (folliculostimulating hormone). Les cellules de Sertoli synthétisent environ 200 protéines différentes associées à la fonction de la reproduction dont l'inhibine, substance de nature protéique qui assure un rétrocontrôle négatif de la sécrétion de FSH, l'androgen binding protein (ABP) et l'hormone antimullérienne. L'ABP est une protéine douée d'une forte affinité pour la testostérone et la 5- α -dihydrotestostérone. Cette protéine est sécrétée sous le contrôle de la FSH. Elle assure une concentration locale élevée de la testostérone autour des cellules germinales en cours d'élaboration;

Les cellules interstitielles ou **cellules de Leydig** sont réparties dans le tissu conjonctif intertubulaire. Elles sont à l'origine de la sécrétion des androgènes. En effet, le développement des caractères sexuels secondaires est proportionnel à leur développement. Ces caractères se maintiennent chez les cryptorchides. Leur fonction est contrôlée par de multiples facteurs.

4. Spermatogenèse

Les cellules germinales sont constituées des spermatogonies souches, cellules dérivées des gonocytes issus de la crête génitale et venus se fixer au niveau du testicule quelque temps avant le début de la différenciation sexuelle. La transformation d'une spermatogonie en spermatozoïde (spermatogenèse) comprend trois étapes se déroulant histologiquement de la membrane basale vers la lumière du tube séminifère.

La spermatocytogenèse assure par un processus mitotique dont le nombre est variable selon les espèces la transformation d'une spermatogonie A (chromatine poussiéreuse) en spermatogonie B (chromatine croutelleuse) puis en spermatocyte 1. Cette phase dite de multiplication a une durée d'une douzaine de jours.

Elle se déroule essentiellement au niveau de la membrane basale.

Le spermatocyte 1 subit alors entre les cellules de Sertoli une phase de division méiotique qui aboutit après 15 à 17 jours à la formation de deux spermatocytes secondaires chacun d'entre eux se divisant en spermatide.

La spermiation constitue la phase de différenciation (14 étapes) de la spermatide en spermatozoïde au niveau des cryptes du tube séminifère. Elle est suivie de la libération du spermatozoïde dans la lumière du tube séminifère. En moyenne une spermatogonie aboutit à la formation de 256 spermatozoïdes.

Le spermatozoïde se compose essentiellement d'une tête, d'un col et d'un flagelle se subdivisant en trois parties que sont les pièces intermédiaire, principale et terminale.

La tête est allongée chez le taureau, en massue chez le bélier, le bouc et le porc, piriforme chez les carnivores et le lapin, falciforme chez le rat et les oiseaux. Elle comprend le noyau, à chromatine dense, homogène et finement granuleuse, et l'acrosome qui recouvre les 2 tiers antérieurs de ce noyau. C'est dans le segment antérieur de l'acrosome que fut mise en évidence, la hyaluronidase, enzyme intervenant dans la digestion du matériel unissant les cellules du cumulus oophorus, tandis que le segment postérieur renferme l'acrosine qui jouerait un rôle dans la perforation de la zone pellucide de l'oeuf.

Le col, est une région complexe, comprise entre les deux centrioles proximal et distal. La pièce intermédiaire du flagelle débute au niveau du centriole distal et se termine vers le bas par un épaississement de la membrane du flagelle : l'annulus. La pièce principale est la portion la plus longue de la queue. La pièce terminale est formée du complexe filamentueux axial dont les fibres sont dissociées.

	Taureau	Bélier	Etalon	Verrat
Longueur totale (microns)	65 à 80	75 à 80	55 à 60	50 à 58
Longueur de la tête	9	9	7	8
Largeur de la tête	4	5	4	4
Longueur de la pièce intermédiaire	10	14	8 à 10	10
Longueur de la pièce principale et terminale	50	40 à 45	41 à 42	30 à 38

Ces différents stades de la spermatogenèse présentent deux caractéristiques que sont d'une part les associations cellulaires et d'autre part le cycle de développement. A un endroit donné du tube séminifère, la succession des divers stades de développement ne se présente pas au hasard mais sous la forme d'associations cellulaires dont deux principaux types ont été décrits (l'une basée sur la morphologie générale des cellules concernées 12 types d'associations chez le taureau), l'autre plus couramment utilisée basée sur les caractéristiques générales de l'acrosome des spermatozoïdes (8 types d'associations cellulaires chez le taureau).

La notion de vague implique la distribution le long du tube séminifère de l'ensemble des associations cellulaires en un instant donné. Elle revêt une connotation spatiale. Il s'agit d'un panoramique du tube séminifère. Chaque association cellulaire ne renferme pas le même nombre de cellules. Ainsi, les groupes 1 à 6 en comprennent 5 et les groupes 7 à 12 en renferment 4. Chaque association cellulaire évolue de manière synchrone. La notion de cycle exprime le temps nécessaire (jours) pour qu'à un endroit donné du tube séminifère se retrouve la même association cellulaire. Il s'agit de la juxtaposition de photos prises au même endroit du tube séminifère. Elle revêt à la différence de la notion de vague une connotation temporelle. La durée de ce cycle est variable selon les espèces. Il est de 13,4 jours chez le taureau, de 12 jours chez l'étalon, 10 jours chez le bélier et de 9 jours chez le verrot. La durée d'un cycle est quelque soit l'espèce égale au quart environ de la durée totale nécessaire à la formation d'un spermatozoïde. Ainsi la durée de la spermatogenèse est de 56, 48, 40, 36 jours respectivement pour le taureau, l'étalon, le bélier et le verrot.

Le tableau ci-dessous synthétise les principales caractéristiques spermatogéniques de différentes espèces animales. On observera la production journalière en spermatozoïdes des deux testicules (DSP : Daily Sperm Production) et le nombre total journalier de spermatozoïdes qui peuvent être journalièrement récoltés (DSO : Daily Sperm Output). En général, il y a peu de pertes de spermatozoïdes à l'exception toutefois du bélier dont l'urine renferme beaucoup de spermatozoïdes. D'autres facteurs peuvent contribuer à expliquer cette différence : volume des réserves extra gonadiques (différentes parties de l'épididyme, canal déférent), importance de la résorption, masturbation c'est-à-dire en fait la fréquence des éjaculations.

Le tissu testiculaire possède une intense activité : la production journalière serait de 9.106 spermatozoïdes par gr chez le taureau soit environ 6.000 spermatozoïdes par minute et de 8,8.106 chez le bélier "Ile de France".

Cette transformation s'étale donc dans le temps mais également dans l'espace puisqu'elle se fait progressivement de la membrane basale jusque la lumière du tube séminifère.

Caractéristiques	Taureau	Bélier	Etalon	Verrat
Poids de l'animal	1200	100	1000	200
Poids des deux testicules	800	500	340	720
Production / jour en spz (x 1000) des deux testicules	7700	9800	8000	16000
Production / jour en spz (x 1000) par g	12	19	21	29
Récolte journalière potentielle en spz (x 1000)	7200	5500	7000	16000
Durée du transit épидидymaire (jours)	7 à 13	13 à 17	4 à 6	9 à 14
Total des réserves extra gonadiques (x1.000.000.000)	69	> 165	77	> 185
Tête de l'épididyme	19	23	9.6	36
Corps de l'épididyme	4.7	11	11	51
Queue de l'épididyme	38	126	50	104
Canal déférent	7.6	-	7.5	-

Le déplacement du sperme dans l'épididyme a une durée comprise entre 8 et 11 jours. Il résulte de la poussée exercée par les spermatozoïdes produits, de la résorption par la tête de l'épididyme des sécrétions testiculaires (rete testis), phénomène qui contribue à augmenter la concentration des spermatozoïdes, des mouvements propres des spermatozoïdes mais aussi des contractions péristaltiques du canal déférent. C'est au cours de son trajet épидидymaire que le spermatozoïde subit divers changements de maturation le rendant aptes à la fécondation : acquisition de sa motilité, condensation nucléaire et modification de la forme de l'acrosome, modification de la surface de la membrane plasmique, migration de la gouttelette cytoplasmique (excès de cytoplasme expulsé lors de la spermiogenèse) d'une position proximale vers une position distale au niveau de la pièce intermédiaire...

Espèce	Durée de la spermatogenèse (Jours)	Durée du transit épидидymaire (Jours)
Taureau	54	9 à 13
Bélier	49	12 à 15
Verrat	34	9 à 14
Chien	54	
Homme	74	

Le sperme fraîchement éjaculé ne peut pénétrer l'ovocyte. Il n'acquiert cette propriété qu'après un certain séjour dans les voies génitales femelles. Cette maturation spermatique qui dure quelques heures, est connue sous le nom de "capacitation". Cette capacitation explique que le rapprochement sexuel doit toujours précéder le moment de l'ovulation. Le mécanisme exact de la capacitation n'est pas entièrement précisé. Il semblerait cependant que le séjour du sperme dans les voies génitales femelles permettrait la perte du facteur de décapacitation présent dans le plasma séminal. Cette élimination est suivie de la réaction de l'acrosome.

5. Régulation hormonale

La double fonction (spermatogenèse et endocrine) du testicule est sous le contrôle des hormones hypophysaires LH et FSH, contrôlées par la GnRH d'origine hypothalamique.

La LH stimule la synthèse de testostérone par les cellules de Leydig. Entre ces deux hormones existent un phénomène de feedback négatif. La testostérone est indispensable aux cellules de Sertoli, aux glandes accessoires, à l'épididyme, aux caractères sexuels secondaires et à l'instinct sexuel. L'apparition de cet instinct requiert une concentration minimale de testostérone. Celle-ci acquise, l'instinct sexuel ne dépend pas de la concentration en testostérone.

La FSH stimule la synthèse par les cellules de Sertoli de l'ABP (Androgen Binding Protein), de l'inhibine et de l'activine. L'ABP fixe les androgènes d'origine leydigienne et en assure le transport jusqu'aux récepteurs des cellules germinales. Ce faisant, la FSH contrôle indirectement la spermatogenèse. L'inhibine, par action rétrograde, freine la sécrétion de FSH. A l'inverse, l'activine en stimule la sécrétion.

Les cellules de Leydig produisent également des oestrogènes qui tout comme la testostérone exerce un effet feedback négatif sur la GnRH et les hormones LH et FSH.

Divers autres facteurs (cytokines, interférons, IGF, PAF, EGF ...) ont été également identifiés. Les concentrations en testostérone et en LH varient selon les espèces animales.

ESPECES	TESTOSTERONE	LH
Taureau	1 à 10 ng par ml	0,5 à 2 ng par ml
Bélier	0,5 à 8 ng par ml	1 à 3,5 ng par ml
Etalon	1,5 à 5 ng par ml	
Verrat	4 à 7 ng par ml	
Chien	1,4 à 3,5 ng par ml	1,2 à 3,8 ng par ml

6. Facteurs de régulation de la spermatogenèse

On le constate, la spermatogenèse est un processus d'une grande complexité soumis à l'influence de nombreux facteurs qu'ils soient hormonaux, génétiques ou environnementaux (stress, nutrition...).

De même, la spermatogenèse étant sous le contrôle des gonadotropines, on ne peut négliger l'impact de facteurs physiologiques ou pathologiques régissant la synthèse de ces hormones via une libération de corticoïdes (stress, boiteries, tumeurs...).

La température exerce un effet non négligeable sur la spermatogenèse. Les testicules localisés dans le scrotum sont à une température qui en moyenne est inférieure de 2 à 7°C à celle du corps. Cet abaissement de la température testiculaire est assuré par le plexus pampiniforme. Tout effet extérieur contribuant à augmenter la température du testicule est susceptible d'interférer avec la fertilité via une réduction de la mobilité du sperme, une augmentation de la fréquence des formes anormales au bout d'une dizaine de jours compte tenu de la durée du transport dans l'épididyme. Ainsi en est-il de facteurs tels que l'orchite, la fièvre, une hyperthermie environnementale ou le dépôt de graisse au niveau inguinal ou du scrotum. Le testicule est très sensible à l'ischémie (induite et notamment par le varicocèle et la torsion du cordon testiculaire ou encore par la castration recourant à l'écrasement du cordon).

Une fonction testiculaire normale requiert une température inférieure à celle de l'abdomen. Ainsi, la cryptorchidie s'accompagne-t-elle d'aspermie.

Divers mécanismes assurent une thermorégulation testiculaire. Ainsi, à basse température, la contraction du cremaster fait remonter le testicule jusque dans le trajet inguinal. A l'inverse, lorsque la température extérieure augmente, le cremaster se relâche par ailleurs, l'artère testiculaire présente de nombreuses circonvolutions et ramifications avant de pénétrer dans le testicule et elle est en relation intime avec le plexus pampiniforme qui agit en tant que "réfrigérant" du sang avant son entrée dans le testicule. Ces mécanismes thermorégulateurs constituent une explication partielle de la variation de la spermatogenèse avec la saison chez

les ongulés. A l'inverse, chez les oiseaux, la position intraabdominale des testicules assurent aux spermatozoïdes une plus grande longévité (32 jours chez le coq et 110 jours chez le canard).

L'impact de la nutrition sur la fonction testiculaire est réel. On veillera à respecter les apports protéiques en oligo-éléments (zinc et cuivre) et en vitamines (vitamine A, E). Les nitrofuranes et le gossypol se sont également révélés toxiques pour les spermatozoïdes.

7. Puberté

L'acquisition d'une fonction de reproduction s'étalant dans le temps, il est difficile de parler d'âge de la puberté.

Cet âge pourrait se définir comme celui auquel les fonctions de reproduction ont atteint un minimum d'efficacité.

Ce minimum a bien entendu une connotation arbitraire et dépend des critères employés. Quelques exemples peuvent en être donnés pour l'espèce bovine.

Chez le *taureau*, la lumière des tubes séminifères apparaît entre le 3^{ème} et le 5^{ème} mois et leur diamètre augmente jusque 10 mois. Le début de la production de spermatozoïdes matures dans le testicule s'observe entre 7.5 et 8.5 mois, ce qui correspond à la manifestation des premiers désirs sexuels et à la première extériorisation du pénis. Ce dernier se sépare complètement du fourreau vers 9 mois. La production journalière de spermatozoïdes par gramme de testicule est équivalente à celle de l'adulte entre 9 et 12 mois.

L'âge de la puberté est le plus souvent déterminé en pratique comme l'âge auquel le premier éjaculat obtenu renferme 50 millions de spermatozoïdes avec une motilité progressive de 10 %. La *première éjaculation* peut être obtenue dès 8 mois et en moyenne entre 9 et 10.5 mois. Il existe bien entendu de larges différences entre les races et les individus et en moyenne, l'âge de la puberté étant compris entre 5 et 15 mois.

Comparant des jeunes taureaux de race Blonde d'Aquitaine, Frisonne Pie Noire, Normande, Holstein et Montbéliard, certains auteurs observent une *activité de monte* à 9 et 15 mois comprise respectivement entre 32 et 56 % et entre 81 et 100 % des cas, l'âge moyen de la première récolte de sperme étant quant à lui compris entre 43 et 46 semaines.

Une fois acquise la puberté, l'efficacité de la *production de spermatozoïdes* ne serait optimale que 14 à 16 semaines plus tard, le nombre total de spermatozoïdes récoltés dans un éjaculat étant à 15 mois et selon les races compris entre 2.5 et 4.2 milliards. Cette production s'améliore encore avec le temps, passant par une valeur optimale vers l'âge de trois ans, se maintenant jusque l'âge de 6 à 7 ans puis diminuant par la suite.

Le *pourcentage de spermatozoïdes anormaux* diminue entre 12 et 15 mois d'âge.

Le *périmètre scrotal* (PS) augmente avec l'âge du taureau mais diminue avec le temps : de 2 cm par mois entre 6 et 10 mois elle n'est plus que de 0.3 cm par mois entre 15 et 18 mois. Des valeurs minimales pour un âge donné ont été déterminées. Ainsi, des valeurs respectivement inférieures à 25 et 28 cm sont considérées comme anormales pour des taureaux Blonds d'Aquitaine et Holstein âgés d'un an. De même en race Blanc Bleu Belge, des valeurs de 26 cm et 22 cm ont été notées respectivement pour des taureaux de type conventionnel et hypermusclé âgés de 8 mois. A 1 an, ces valeurs étaient respectivement égales à 36 et 32 cm pour un poids de 478 et 460 kgs

8. Comportement sexuel

Le lecteur intéressé pourra consulter la synthèse suivante : Bull Sex Drive and Reproductive Behavior de PJ Chenoweth.

Choisissez la bonne réponse

1- Quel organe de l'appareil génital male est responsable de la formation des spermatozoïdes ?

- A- Les vésicules séminales
- B- Les testicules
- C- La prostate
- C- L'urètre

2- Les glandes sexuelles males et femelles, en plus de produire des gamètes, ont une autre activité commune, laquelle ?

- A- La sécrétion d'hormones qui influencent les fonctions rénales
- B- La sécrétion de produits qui stimulent la régénération des globules blancs
- C- La sécrétion d'hormones déterminant les caractères sexuels secondaires
- D- La production d'éléments de réserve
- E- La production de liquide lubrifiant

3- Les gonades mâles sont :

- A- Les ovaires
- B- Les testicules
- C- Les trompes de Fallope
- D- Les spermatozoïdes

4- Les testicules sont situées dans les bourses qui portent aussi le nom

- A. épидидyme
- B. scrotum
- C. prostate
- D. vésicules séminales

5- L'hormone mâle s'appelle

- A. folliculine
- B. progestérone
- C. testostérone
- D. Œstrogène

6- Comparativement à l'ovule, le spermatozoïde est

- A. une grosse cellule mobile
- B. une petite cellule mobile
- C. une petite cellule immobile
- D. Une grosse cellule immobile

7- Les gamètes femelles sont :

- A. les spermatozoïdes
- B. *les ovules*
- C. les ovaires
- D. les trompes de Fallope
- E. les testicules

8- Les gonades femelles sont :

- A. *les ovaires*
- B. les mamelles
- C. les trompes de Fallope
- D. les testicules
- E. les ovules

9- Les gonades chez le bélier se nomment

- A. ovaires
- B. épидидymes
- C. scrotum
- D. *testicules*
- E. oviductes

10- Les gamètes mâles sont :

- A. les ovules
- B. les testicules
- C. **les spermatozoïdes**
- D. les trompes de Fallope
- E. les ovaires

11- Quelle est la partie commune aux voies urinaires et génitales mâles ?

- A. Le canal de l'uretère
- B. Le canal de l'épididyme
- C. Le canal déférent
- D. L'uro-spermiducte

Question de contrôle :

- 1- Nommez les deux principales fonctions des testicules. ?
- 2- L'activité musculaire et le plexus veineux pampiniforme aident à maintenir la température un peu plus basse convenant à la physiologie normale des testicules. Expliquez comment ?
- 3- Décrire la structure du pénis et indiquer son rôle dans la reproduction ?

- 4- Préciser le trajet des spermatozoïdes : de leur lieu d'origine à leur sortie de l'organisme ?
- 5- Donnez la signification des abréviations suivantes : GnRH , LH et FSH. ?

Références bibliographiques :

- 1- http://www.ivis.org/advances/Repro_Chenoweth/chenoweth/chapter_frm.asp
- 2- <http://www.reproduction-online.org/cgi/content/full/133/2/331>
- 3- Hanzen.Ch.2009 : rappels anatomophysiologiques relatifs à la reproduction du taureau Année 2008-2009.
- 4- Marieb.EN ,Hoehn.K 2010 : Anatomie et physiologie humaines, 8 eme eddition US