

Caractéristiques de la reproduction de l'espèce caprine *

ZARROUK¹ A., SOULEM² O., DRION P.V., BECKERS¹ J.F.

¹Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire
Service de Physiologie de la Reproduction
Bd de Colonster n°20, B41- B4000 Sart-Tilman (Belgium)

²Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire, Service Physiologie-Pharmacologie,
Département des Sciences Fondamentales
2020, Sidi Thabet – Tunisie

* Ce travail a été réalisé avec le soutien du FNRS, du Ministère de l'Agriculture

Correspondance :

Jean-François Beckers, Physiologie de la Reproduction, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège, Bd de Colonster n°20 Bât B41, 4000 Liège, Belgique ; tél. :32 43 66 41 61; Fax :32 43 66 41 65; E-mail : jfbeckers@ulg.ac.be

RESUME : Ce travail passe en revue les bases physiologiques de la reproduction dans l'espèce caprine. Longtemps assimilée à la brebis, la chèvre présente des spécificités propres, tant sur le plan du déroulement des cycles sexuels que sur le plan de l'endocrinologie de la gestation. Une bonne connaissance des particularités de la reproduction dans cette espèce permet une meilleure maîtrise du contrôle du cycle sexuel et des techniques de la reproduction.

INTRODUCTION

La domestication de la chèvre (*Capra hircus*) remonte à l'antiquité (Livre de la Genèse 32:14). Elle était appréciée pour la production de lait, de viande. La chèvre est parmi les animaux domestiqués, celle qui est soumise à travers le monde aux conditions d'élevage les plus extrêmes. En effet, nous la rencontrons aussi bien dans des zones quasi désertiques, où elle est la seule capable de survivre, que dans des zones tempérées ou équatoriales dans lesquelles elle peut révéler des niveaux de productivité étonnants (Aguer, 1981).

Si au départ, l'élevage caprin était du type traditionnel pour la consommation de viande et de lait, il s'est ensuite intensifié et un soin particulier a été porté en vue de mieux maîtriser la reproduction, en particulier chez les femelles hautes productrices grâce à l'apport de plusieurs techniques : synchronisation des chaleurs, diagnostic et suivi de la gestation, insémination et transfert embryonnaire.

La physiologie de la reproduction de la chèvre a été longtemps assimilée à celle de la brebis qui a représenté et

représente toujours le modèle expérimental chez les ruminants. Bien que des similitudes entre les deux espèces ont été observées, il n'en demeure pas moins vrai que des différences existent entre les caractéristiques physiologiques de la chèvre et celles de la brebis et, qu'en la matière, l'extrapolation des données propres de l'une à l'autre s'avère inexacte.

Le but de cette mise au point est donc de dégager les spécificités de la physiologie de la reproduction de l'espèce caprine. Nous aborderons dans la première partie l'activité sexuelle chez le mâle et, dans la deuxième partie, les caractéristiques de la reproduction de la femelle.

ACTIVITE SEXUELLE DU

MALE

La puberté

La puberté est associée à une augmentation de la sécrétion de testostérone, à la spermatogénèse et au comportement sexuel. La copulation et l'éjaculation de spermatozoïdes viables se produisent à l'âge de 4 à 6 mois période à laquelle le poids du jeune bouc représente 40 à 60% du

poids vif de l'adulte. L'activité sexuelle du bouc est influencée par la longueur du jour. Le pic d'activité sexuelle coïncide avec l'augmentation de la testostérone plasmatique se produisant au cours de l'automne (Jainudeen et al., 2000).

La spermatogénèse

A l'âge de 4 à 6 mois, le jeune mâle devient apte à produire des spermatozoïdes et donc à pouvoir assurer des saillies. Néanmoins, il faudra s'assurer auparavant de la descente totale des testicules (Malher et Ben Younes, 1987). Le poids testiculaire atteint son maximum en octobre (160 g) et décroît nettement aux mois de mai et de juin (140 g).

Le volume de la semence est en moyenne de 0,1 à 1,5 ml avec une concentration de 2 à 6 milliards de spermatozoïdes / ml. Ce volume varie au cours de la vie de l'animal en fonction de différents facteurs : saison, âge, rythme de la collecte, etc.

L'activité spermatogénique est sous la dépendance de la LH et de la FSH. Celles-ci participent non seulement à la différenciation et à la multiplication

des cellules germinales mais également à la synthèse et à la sécrétion de la testostérone par les cellules de Leydig du testicule.

Activité neuroendocrine

La LH est libérée sous forme de pulses séparés par des périodes de repos au cours desquelles une sécrétion basale est enregistrée. Ces brusques changements de la concentration plasmatique de la LH entraînent une stimulation rapide des cellules de Leydig qui répondent en libérant la testostérone dans le sang. Chaque pulse de LH est suivi d'un pulse de testostérone dont l'amplitude varie selon la situation physiologique du mâle.

La FSH est sécrétée d'une manière complexe et semble être continue plutôt qu'épisodique (Muduuli et coll., 1979).

L'alternance de périodes d'activité et d'inactivité sexuelle est sous influence centrale. Ce sont les variations de l'activité gonadotrope qui sont responsables de la faible activité au printemps et en été. Ainsi chez le bouc alpin, le niveau de base de LH (0,3 ng/ml de plasma), la fréquence des pulses (environ 1 en 8 heures), leur amplitude (moins de 0,2 ng/ml) et la concentration de LH (0,4 ng/ml) sont faibles de janvier à mai. L'amplitude des pulses augmente régulièrement en juin et juillet pour atteindre 1 ng/ml en août. Puis en septembre, leur fréquence augmente brusquement (3,5 pulses en 8 heures), tandis que leur amplitude diminue à cause de la réaction inverse entre fréquence et amplitude mais aussi probablement sous l'influence de la testostérone sécrétée en grandes quantités (4 ng/ml en août, 13 ng/ml en septembre). Après l'augmentation des niveaux plasmatiques de LH et de testostérone en août et en septembre, une diminution progressive de la concentration de la LH est observée jusqu'en janvier, puis le cycle annuel recommence (Chemineau et Delgadillo, 1994).

Les variations saisonnières de la LH sont liées à la rétroaction négative exercées par les stéroïdes sexuels particulièrement de l'œstradiol 17 β .

L'activité sexuelle chez le bouc (comportement sexuel, changement du poids testiculaire, niveaux endocriniens) sont sous contrôle neuroendocrinien. Ainsi l'augmentation de l'activité pulsatile de la LH (amplitude en juin-juillet, fréquence en septembre) entraîne le début de la croissance testiculaire (juillet-août), puis la libération de la testostérone (septembre) qui stimule le comportement sexuel (augmentation du nombre de saillies par test de comportement, diminution de la latence à l'éjaculation) et la qualité de la semence (octobre). Par ailleurs, la testostérone est responsable de la modification de l'odeur des boucs pendant la saison sexuelle (Chemineau et Delgadillo, 1994).

Contrôle photopériodique

L'activité testiculaire est modifiée sous l'influence de la durée du jour. La testostérone augmente dès la quatrième semaine après le début des jours courts et diminue au cours de la deuxième semaine après le début des jours longs. Les variations photopériodiques influencent aussi la concentration de la prolactine qui est élevée lorsque les jours sont longs (Chemineau et Delgadillo, 1994).

CARACTERISTIQUES DE LA REPRODUCTION DE LA FEMELLE

ACTIVITÉ SEXUELLE

Puberté

La puberté correspond à l'âge à la première ovulation soit chez la chèvre au 5-7^e mois. La puberté dépend de la race, du moment de la naissance de la chevrette. Ainsi les chèvres Angora n'atteignent pas la puberté à la première saison sexuelle. Les premières chaleurs se produiront à l'âge de 18-20 mois. Par contre les chèvres de race Pygmy atteignent la puberté à l'âge de 3-4 mois.

De même, les animaux nés assez tôt dans l'année peuvent se reproduire en automne mais ceux nés après le mois de mars n'auront souvent leurs premières chaleurs que l'année suivante à l'âge de 16 ou 18 mois (Cadiou, 1969).

L'âge à la puberté dépend aussi fortement du climat et de la latitude. Ainsi

en climat doux et tempéré avec peu de variations saisonnières comme à Hawaï et à la Nouvelle Zélande, la puberté apparaît régulièrement avant 6 mois. Par contre, en région aride par exemple à Macaulay, île volcanique du Nord Est de la Nouvelle Zélande à très faible pluviométrie ou en région froide, la puberté n'apparaît que lorsque la chevrette atteint un poids suffisant (45 à 55%) de son poids adulte.

Saison sexuelle

Dans les régions tempérées, la chèvre est une espèce polyœstrienne saisonnière. Les jeunes sont généralement nés durant la période favorable de l'année c'est à dire le printemps. La durée de la saison sexuelle varie en fonction de la durée du jour, de la race et de la nutrition. Cette saisonnalité est gouvernée par la photopériode avec l'apparition des chaleurs coïncidant avec la diminution de la durée du jour. En région tropicale, les chèvres se reproduisent pendant toute l'année. Ainsi lorsque des races de régions tempérées sont introduites en régions tropicales, elles perdent progressivement leur saisonnalité et suivent les caractéristiques du nouveau milieu.

Le moment et la durée de la saison sexuelle dépendent de plusieurs facteurs : la race, l'état physiologique et la présence du mâle.

Influence de la race

Certaines races sont adaptées à leur milieu. Par exemple, la race Saanen préfère les climats tempérés. La chèvre Toggenburg tolère bien le froid à -5°C mais supporte mal la chaleur à +40°C. Corteel a étudié le comportement des races de chèvres en Guadeloupe : la chèvre créole guadeloupéenne a une faible activité sexuelle au printemps, mais elle est importante en automne. La Barbarine a une saison sexuelle prépondérante au printemps. La chèvre de race Alpine élevée en Guadeloupe, est en anœstrus du mois de février au mois d'août.

Influence de l'état physiologique

Chez les chevrettes et les chèvres taries, les cycles commencent et se terminent un mois plus tard que chez les races en lactation. Après le part, dans des races comme la Barbarine à saison continue, les chaleurs reviennent à 75% dans les 50 jours surtout en présence de bouc.

Influence de l'environnement

Shelton a démontré que la présence d'un bouc 10 jours avant la date présumée des chaleurs avance celles-ci de quelques jours. Des chevrettes barbarine en présence d'un mâle au mois d'octobre viennent toutes en chaleur dans les 30 jours (55% en une semaine, 26% dans les trois premiers jours).

La présence de quelques chèvres en chaleur dans un troupeau peut aussi favoriser le déclenchement d'œstrus.

Influence du climat et de la nutrition

Des températures élevées et une indisponibilité alimentaire peuvent réduire l'activité sexuelle durant quelques mois. Celle-ci reprend avec l'arrivée de la saison des pluies.

LE CYCLE SEXUEL

La durée du cycle

La durée moyenne du cycle sexuel est de 21 jours avec d'importantes variations en fonction de la race et du moment de la saison sexuelle. Des cycles œstraux courts sont observés en début de la saison d'activité sexuelle probablement associés à une régression prématurée du corps jaune.

Les différentes phases du cycle

La phase folliculaire dure 2-3 jours. La croissance folliculaire évolue par vagues au nombre de 4 à 3-4 jours d'intervalle durant un cycle œstral de 23 jours. Les vagues folliculaires sont qualifiées de majeures ou mineures selon la taille du follicule. Les vagues majeures se produisent au début ou à la fin du cycle œstral et donnent naissance à un follicule de 9 à 10 mm de diamètre à demi-vie longue. La persistance du follicule serait due à l'ab-

sence d'inhibition de la LH induite par la progestérone (Ginther et Kot, 1994).

L'œstrus dure 24 à 48 heures. Il est influencé par la race, l'âge, la saison et la présence de mâle. L'œstrus est court en début et en fin de la saison d'activité sexuelle, en présence de mâle et au cours de la première saison sexuelle des chevrettes. Les chèvres Angora ont un œstrus court de 22 heures comparé avec les autres races de chèvres domestiques.

Les signes de l'œstrus

Les signes de l'œstrus sont plus marqués chez la chèvre que chez la brebis. La chèvre en chaleur est agitée, bêle fréquemment. Elle agite constamment et rapidement la queue et présente un appétit réduit et une production lactée diminuée. La vulve peut être œdématisée avec sécrétion de mucus. La chèvre peut occasionnellement exhiber un comportement d'homosexualité. En absence de mâle, les chaleurs sont difficiles à détecter. Les phéromones jouent un rôle majeur chez la chèvre particulièrement lors du rapprochement sexuel (Jainudeen et al., 2000). L'œstrus est repéré surtout le matin (35%) et 25% le soir.

Effet bouc

L'introduction du bouc à un groupe de femelles en anœstrus saisonnier, non seulement provoque l'apparition des chaleurs mais peut aussi les synchroniser. La plupart des chèvres en anœstrus reviennent en chaleur dans les 6 jours après l'introduction du mâle. Ces chaleurs sont accompagnées d'ovulations et d'une activité lutéale normale.

L'ovulation se produit 24 à 36 heures après le retour en chaleur des chèvres. Les chèvres de Nubie (Égypte) ovulent tardivement, ce qui est probablement dû à un cycle œstral plus long chez cette race. Une ovulation sans œstrus est observée chez les chèvres avant l'apparition de la période d'activité sexuelle.

Deux ovules et plus sont émis pendant l'œstrus. Le taux d'ovulation augmente avec l'âge et atteint le maximum entre 3 et 6 ans d'âge, puis diminue graduellement. Le taux

d'ovulation est significativement plus élevé du côté droit (53,4%) que du côté gauche (46,6%). Parmi les facteurs influençant le taux d'ovulation, la saison et l'alimentation sont les plus importants.

Généralement, le taux d'ovulation est plus élevé en début de saison sexuelle. D'autres facteurs comme le poids, la conformation et le génotype peuvent contribuer à l'augmentation du taux d'ovulation.

Accouplement

Il a eu lieu dès le début de l'œstrus, généralement avant l'ovulation.

Les spermatozoïdes peuvent être stockés jusqu'à 3 jours dans le col de l'utérus et sont libérés de façon continue dans l'utérus avec une durée de survie de l'ordre de 30 heures. La durée de survie de l'œuf est de 10 à 25 heures. L'œuf fécondé atteint l'utérus 72 heures après l'ovulation.

Phase lutéale

Elle dure en moyenne 16 jours (15-17). Le corps jaune formé est actif 4 jours après sa formation. La lutéolyse s'effectue selon le schéma classique décrit chez les ruminants par action de la PGF2 alpha utérine sur le corps jaune.

Régulation du cycle sexuel

Pendant la phase lutéale, la LH est libérée sous forme de décharges pulsatiles de faible amplitude. La progestérone exerce un rôle rétroactif négatif dans la régulation de la LH au cours du cycle. Cependant les quantités circulantes doivent être suffisantes pour exercer un rétrocontrôle efficace (Chemineau et al., 1988). Aux alentours des jours 16-17 du cycle, les prostaglandines d'origine utérine, acheminées par contre-courant de la veine utéro-ovarienne à l'artère ovarique provoquent la lutéolyse (Horton et Polyser, 1976; McCracken et al., 1999). La brusque diminution de la progestérone entraîne une forte augmentation de la fréquence et de l'amplitude des décharges de LH (Mori et Kano, 1984). L'augmentation de l'activité gonadotrope provoque une stimulation de la croissance des folli-

cules de diamètre supérieur à 1mm (Akusu et al., 1986) et de leur activité stéroïdogène (Kanai et Ishikawa, 1988). Ils sécrètent alors l'œstradiol 17b en quantités croissantes (Mori et Kano, 1984). Le niveau croissant et élevé d'œstradiol 17b déclenche alors le comportement d'œstrus. Chez la chèvre contrairement à la brebis, l'œstradiol seul est suffisant pour induire le comportement d'œstrus (Sutherland et Lindsay, 1991). Ceci explique qu'au contraire de la brebis, la saison sexuelle des chèvres commence souvent par un comportement d'œstrus sans ovulation silencieuse préalable, voire même par un œstrus sans ovulation (Chemineau et al., 1992). L'élévation d'œstradiol 17b dans la circulation générale induit également par rétroaction positive (Dial et al., 1985) une décharge massive de LH par l'hypophyse : c'est le pic préovulatoire. Il dure de 8 à 10 heures et son niveau dépasse 50ng/ml. Le maximum du pic est atteint 3 heures après le maximum d'œstradiol 17b et 10 à 15 heures après le début de l'œstrus (Chemineau et al., 1982; Mori et Kano, 1984). La FSH est également libérée massivement en même temps que la LH et pour la même durée. La décharge préovulatoire de gonadotropines provoque la lutéinisation du follicule et l'arrêt de la sécrétion d'œstradiol. Les mécanismes de transformation des cellules folliculaires conduisent alors à l'ovulation qui se produit environ 20 heures après le pic pré-ovulatoire de LH (Gonzalez-Stagnaro et al., 1984). Le follicule se transforme alors en corps jaune et se met à sécréter la progestérone en partie au moins sous l'influence de la LH dont l'activité pulsatile est élevée (4 à 7 pulses en 8 heures) jusqu'au jour 7 du cycle où la fréquence se stabilise aux environs de 1,5 pulses en 8 heures (Sutherland et al., 1987; Sutherland et Lindsay, 1991). C'est le milieu de la phase lutéale, un nouveau cycle commence. La saison d'ancestrus se caractérise par une absence quasi totale de cycles (Chemineau et Delgadillo, 1994). Une faible fréquence des pulses de LH (moins de 2 pulses en 6 heures début août) alors qu'il n'y a pas de

progestérone endogène est aussi observée. La fréquence et l'amplitude augmentent à l'approche de la saison sexuelle : plus de 3 pulses en 6 heures à la mi-septembre (Chemineau et al., 1988).

La gestation

L'établissement et le maintien de la gestation sont rendus possibles grâce aux interactions entre le conceptus (embryon et enveloppes), l'utérus et le corps jaune ovarien. Ces interactions ont pour but de prévenir la régression structurale et fonctionnelle du corps jaune ou lutéolyse qui se produit en réponse à la libération épisodique de la prostaglandine F2a utérine. La demi-vie fonctionnelle du corps jaune est étendue grâce à un signal de reconnaissance de la gestation produit par le trophoblaste d'où l'appellation de trophoblastine. Le séquençage de cette molécule a permis son intégration à la famille des interférons alpha et plus précisément à la sous famille des interférons oméga à 172 aa. L'interféron tau est sécrété chez la chèvre du jour 14 au jour 17 de gestation. Il agit de façon paracrine en inhibant la sécrétion pulsatile de la PGF2 a et la transcription du récepteur de l'oxytocine (Bazer et al., 1997).

Le type de placentation chez la chèvre est du type synépithéliocho-rial. Wooding (1992) a proposé ce qualificatif pour souligner le rôle essentiel de la fusion cellulaire dans la formation du tissu hybride d'origine foeto-maternelle. Le tissu hybride résulte de la migration et fusion des cellules binucléées fœtales avec les cellules utérines. Les cellules binucléées proviennent de cellules trophodermiques ayant subi une division de noyau mais pas du cytoplasme et perdant le contact avec la membrane basale et les autres cellules. Ces cellules sont riches en granules, constituant le lieu de synthèse et de stockage d'hormone lactogène et de protéine associée à la gestation. Les cycles de migration et fusion cellulaire, libération des produits de synthèse et de dégénérescence des cellules sont continus depuis l'implantation du conceptus (18-20e jour après la

fécondation) et se poursuivent tout au long de la gestation.

Chez tous les mammifères, l'ovariectomie bilatérale en début de gestation provoque un avortement. Chez la chèvre cette constatation est vraie (Meites, 1951) pendant toute la gestation du fait de l'absence de relais placentaire pour la sécrétion de progestérone contrairement à la vache et la brebis (Wango et al., 1992).

La durée de la gestation chez la chèvre est de 150 jours, durée variable en fonction de la race et de l'individu. On observe un écart allant jusqu'à 13 jours entre les individus d'une même race. La durée de la gestation pour toutes les races de chèvres est 150 ± 2 jours exception faite chez la race Black Bengal chez qui la gestation est de 144 jours (Jainudeen et al., 2000).

C'est à la fin du troisième mois de gestation que le fœtus se développe rapidement. Ainsi les tailles respectives du fœtus au cours de la gestation sont les suivantes. Il mesure 1 cm de long à la fin du premier mois. Les noyaux d'ossification apparaissent au cours du deuxième mois. La taille est de 9 cm au troisième mois. Il pèse de 1 à 1,5 kg au quatrième mois et les premiers poils apparaissent. Au cinquième mois, il mesure 32 cm et est couvert de poils.

Le chevreau est plus petit chez les primipares et chez les femelles âgées.

Endocrinologie de la gestation

L'équilibre endocrinien de la gestation chez la chèvre est très complexe et fait intervenir une multitude d'hormones dont les plus importantes sont la progestérone, le sulfate d'œstrone, l'hormone lactogène placentaire et les protéines associées à la gestation

La progestérone

La progestérone est nécessaire à l'établissement et au maintien de la gestation (Meites et al., 1951). En début de gestation, elle intervient dans le processus de l'implantation du fœtus puis permet le maintien de la gestation en contrôlant les contractions du cervix et du myomètre. En

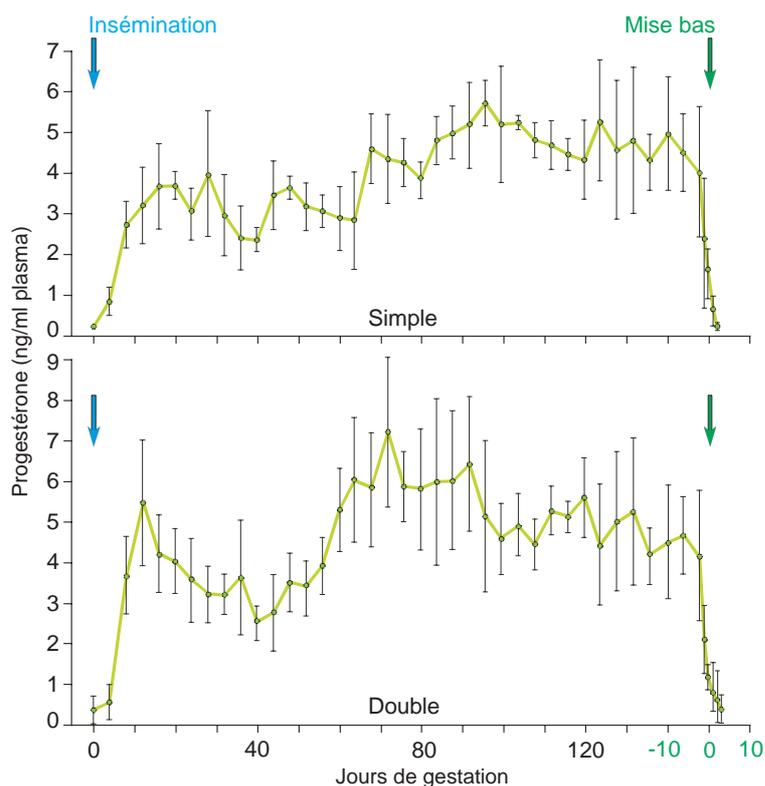


Figure 1 : Profil de la progestérone chez la chèvre lors de gestations unipare et multipare (Thorburn et al., 1972)

outre, il a été démontré que la progestérone possède une activité immunosuppressive empêchant en partie le rejet de l'allogreffe représenté par le fœtus (Garfield et al., 1998).

Son dosage aux environs du 21^{ème} jour de gestation peut constituer un moyen de diagnostic. Selon BonDurant (1981), une concentration de progestérone plasmatique supérieure à 1,4 ng/ml entre les jours 19 et 22 après fertilisation indiquait que la chèvre était gestante ; et qu'au contraire, une concentration inférieure à 1 ng/ml révélait une chèvre non gestante (BonDurant, 1981). La concentration de progestérone est plus élevée chez des chèvres à portée multiple que chez les chèvres portant un fœtus (Thorburn et al., 1972) (Figure n°1). Cependant cette technique montre ses limites. En effet chez la chèvre, la progestérone n'est indicatrice que de l'activité lutéale et semble plutôt être efficace comme diagnostic de non-gestation à 80-100%. En effet des concentrations élevées de progestérone peuvent indiquer outre la gestation, des conditions physiologiques de cycles plus ou moins longs, mais aussi des conditions pathologiques telles que la persistance

du corps jaune lors de pseudogestation (Williams, 1986).

Le sulfate d'œstrone

Dans un grand nombre d'espèces, les œstrogènes sont produits par le placenta surtout pendant les deux derniers tiers de gestation (Dwyer et Robertson, 1980; Sawada et al. 1995; Janowski et al., 1995). Ce stéroïde est détectable dans le sang ou dans le lait à partir du 40^e jour de gestation (Figure n°2). Son dosage permet de distinguer une gestation d'une pseudogestation ou d'une persistance de

corps jaune. Selon les auteurs, l'avortement des chèvres serait précédé par une chute du sulfate d'œstrone (McArthur et Geary, 1986).

L'hormone lactogène placentaire

Cette hormone appartenant à la famille de la prolactine/hormone de croissance est sécrétée par le placenta. Elle est détectable dès le 44^e jour de gestation dans le sang maternel (Currie et al., 1990). Elle intervient dans le développement et l'activité des glandes mammaires. L'augmentation de la sécrétion de l'hormone (entre les 10 et 16^e semaines de gestation) coïncide avec le développement lobulo-alvéolaire rapide de la glande mammaire et d'après Hayden et collaborateurs (1979), la production laitière est corrélée avec la sécrétion de l'hormone entre la 11^e semaine et la mise bas. Son apparition tardive restreint son utilisation à un diagnostic tardif de gestation.

Les protéines associées (spécifiques) à (de) la gestation.

Les protéines spécifiques de (ou associées à) la gestation sont sécrétées dans le sang maternel dès le début de la gestation. De ce fait, leur dosage peut être utilisé comme moyen précoce de diagnostic de gestation ou de mortalité embryonnaire. D'abord mises en évidence chez les différentes espèces de ruminants domestiques et sauvages, ces protéines se révèlent également être exprimées dans le placenta du porc, du cheval, du zèbre et du chat (Gan et al., 1997; Szafranska et al., 1995).

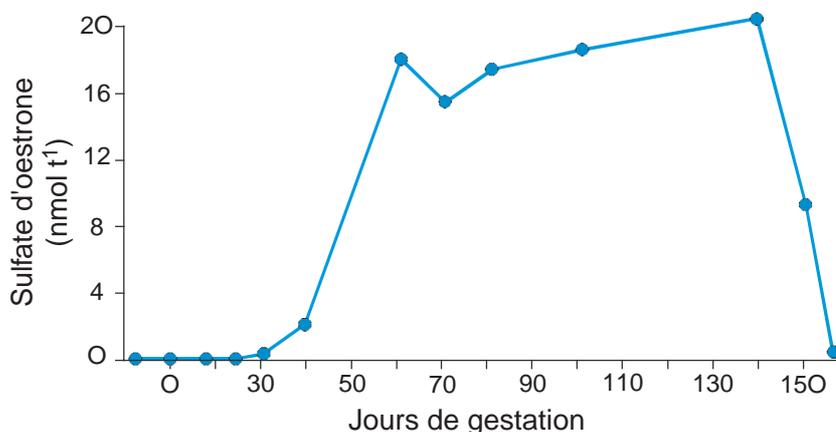


Figure 2 : Profil des concentrations du sulfate d'œstrone chez la chèvre (McArthur et Geary, 1986)

Si la principale protéine de gestation humaine SP1 appartient à la superfamille des immunoglobulines (Létourneau et Beauchemin, 1997), des investigations par clonage moléculaire et par séquençage nucléotidique ont permis de montrer que les protéines de la gestation chez les espèces citées ci-dessus font partie de la grande famille des protéases aspartiques (Xie et al., 1991; Guruprasad et al., 1996). De multiples gènes codent pour ces molécules et ont été retrouvés chez différentes espèces: bovine, ovine et caprine (Xie et al., 1995). Les protéines associées à la gestation constituent des membres actifs ou inactifs de la famille des protéases aspartiques probablement suivant qu'elles restent localisées au placenta ou qu'elles soient sécrétées abondamment.

Sousa (1998) a réalisé les dosages de la protéine associée à la gestation et de la progestérone chez des chèvres de race Moxoto et Caninde. La PAG est détectable chez toutes les chèvres au 24^e jour après la fécondation. La concentration de la PAG augmente rapidement de la 3^e à la 7^e semaine de gestation pour atteindre 123,84 ng/ml aux environs du 54^e jour lors d'une gestation simple et 168,75 ng/ml lors d'une gestation multiple. Sa concentration diminue ensuite pour se situer à la 9^e semaine à 45,45 ng/ml lors d'une gestation simple versus 101,59 lors d'une gestation gémellaire. Les concentrations ne subissent plus de variations significatives

jusqu'à la parturition (Figure n°3).

Chez la chèvre, les protéines associées à la gestation ont été partiellement purifiées aboutissant à 2 groupes de deux protéines de masse moléculaire de 55+ 59 et 55 +62 kDa et présentant des séquences peptidiques différentes. Chacune de ces formes présente à son tour plusieurs points isoélectriques probablement liés à des taux de glycosylation et de charge en acide sialique variables (Garbayo et al., 1998).

LA PARTURITION ET LE POST PARTUM

La parturition

Elle a lieu souvent au lever du jour, plus rarement la nuit. La mise bas n'est pas annoncée par une chute de température comme chez la vache. Le mécanisme est tout à fait identique à celui de la brebis. La chèvre prête à mettre bas, se couche souvent, bêle et est anxieuse. Sa respiration est accélérée, la chèvre s'isole dans un coin de l'étable regardant souvent son flanc. Le col se dilate en peu de temps. Le fœtus est libéré en 2 ou 3 heures au maximum. Les chèvres ont fréquemment des problèmes d'insuffisance de dilatation du col. Il est à rappeler que le col est très fragile chez la chèvre de même que les parois utérines et vaginales. La délivrance se produit normalement une demi-heure à une heure après la naissance du dernier chevreau.

Le déterminisme du part n'a pas été exploré chez la chèvre. On suppose qu'il est identique à celui de la brebis.

Post partum

Les changements de l'appareil reproducteur pendant le post partum incluent l'involution utérine et la reprise de l'activité ovarienne.

La durée de l'involution utérine n'est pas bien précisée chez la chèvre. L'intervalle mise bas-premières chaleurs est fortement influencé par le moment de la parturition. L'intervalle peut être court 5 à 6 semaines ou plus long 27 semaines pour certaines races. Lorsque la parturition se produit durant la période d'activité sexuelle, l'activité ovarienne peut reprendre et la chèvre peut concevoir (Jainudeen et al., 2000).

LA LACTATION

L'entretien de la lactation repose sur la sécrétion hypophysaire de quantités minimales de prolactine et sur la présence d'autres hormones (ACTH, l'hormone de croissance GH, œstrogènes, progestérone) (Camp et al., 1983).

Dans une étude sur une population de 147000 chèvres (primipares et adultes), Bouloc a observé une durée de la lactation de 236 jours chez les primipares contre 255 chez les adultes en corrélation avec une production laitière de 509 kg contre 685 kg chez l'adulte. Le taux butyreux est de 32 g/kg et le taux protéique est de 27 g/kg.

Au cours de la lactation, on distingue en règle générale deux phases: dans un premier temps, la production de lait augmente rapidement jusqu'à un maximum intervenant quelques semaines après la mise-bas, puis la production décroît progressivement jusqu'au tarissement.

Les teneurs en matières grasses et protéiques suivent une évolution opposée à celle de la quantité de lait. La richesse du lait diminue rapidement au cours des premières semaines; elle se stabilise à un niveau minimal durant quelques mois, puis le lait s'enrichit mais à un rythme relativement lent.

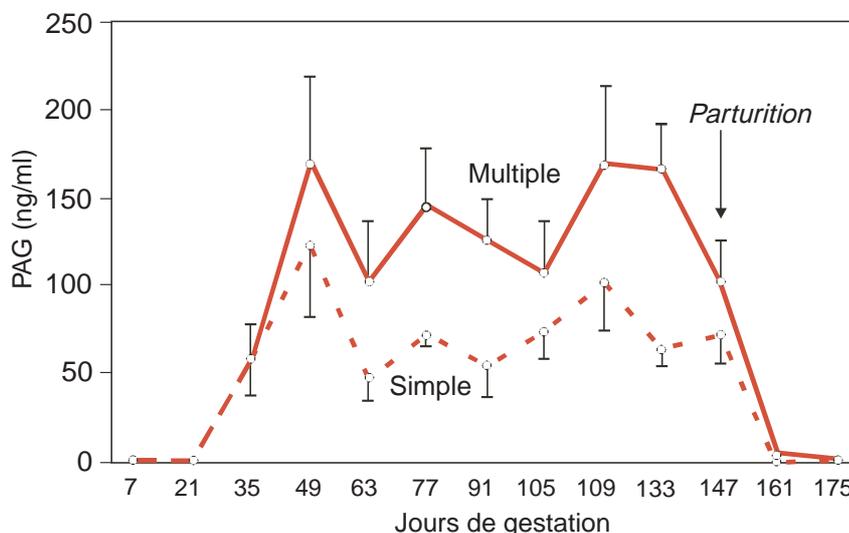


Figure 3 : Profil de concentrations de PAG chez la chèvre (Sousa et al., 1998)

Parallèlement, la composition des fractions azotée et grasse se modifie profondément au cours des premières semaines de lactation.

La forme de la courbe de lactation varie en fonction de :

- l'élevage : ce facteur intègre des différences de niveaux génétiques moyens, de technicité, de bâtiments, de systèmes fourragers, de conditions climatiques...
- le numéro de lactation : entre adultes et primipares, les courbes d'évolution de la production de lait diffèrent par le niveau global et la persistance. La production maximale moyenne est de 3,5 kg pour les adultes et de 2,7 kg pour les primipares. Elle apparaît plus tôt chez les adultes (30 jours post partum) que chez les primipares (50 jours post partum). L'évolution de la richesse du lait en protéines est très proche entre primipares et adultes, si ce n'est le stade auquel le lait recommence à s'enrichir. Pendant 100 à 150 jours, en milieu de lactation, il se stabilise à un niveau minimal de 26,5 g/kg envi-

ron. Par contre, l'évolution de la richesse du lait en matière grasse diffère sensiblement entre primipares et adultes. Au démarrage de la lactation, la chute du taux butyreux est très rapide. Chez les primipares, il se stabilise à partir du troisième mois de lactation. Le lait s'enrichit à nouveau à partir du sixième mois. Chez les adultes, la phase d'appauvrissement est plus lente et progressive pour atteindre 29,5g/kg au cours du sixième mois de lactation. La tendance s'inverse alors, et le lait s'enrichit à nouveau. La différence entre vitesse de chute et niveau minimal atteint explique l'écart observé sur le taux butyreux moyen de la lactation, à l'avantage des adultes.

Moment de mise-bas

L'effet de ce facteur est surtout sensible sur la persistance de la sécrétion lactée. L'effet favorable du passage de la phase hivernale à la phase estivale, intervenant après le pic dans le cas de mise bas précoce, favorise le maintien de la production et se traduit par un effet positif sur la production

totale. L'évolution du taux protéique est également sensible à la saison de mise bas. Dans le cas de mises bas tardives, la chute initiale des taux est plus prononcée; le taux protéique ne se stabilise qu'à partir du troisième, à un niveau inférieur à celui observé dans le cas de mises-bas précoces. Et la phase d'enrichissement du lait débute plus tôt et de manière plus progressive.

SUMMARY

This review pointed out the physiological basis of goat reproduction. So far assimilated to ewes, goats presented their own characteristics concerning the sexual activity and the endocrinology of pregnancy. The well understanding of goat particularities is essential to control cyclic activities and reproduction application.

REFERENCES

- AGUER D. La reproduction dans l'élevage caprin. I encuentro nacional sobre produccion de ovinos y caprinos 1981 Metepec, Etat de Mexico, Mexique du 27 au 31 juillet.
- AKUSU M.O., OSUAGWUH A.I.A., AKPOKODJE J.U., EGBUNIKE G.N. Ovarian activities of the West African goat (*Capra hircus*) during oestrus. *J Reprod Fert*, 1986, **78**, 459-462.
- BAZER F.W., SPENCER T.E., OTT T.L. Interferon tau: a novel pregnancy recognition signal. *A.J.R.I.*, 1997, **37**, 412-420.
- BON DURANT R.H. Reproductive physiology in the goat. *Modern Veterinary Practice*, 1981, 525-529.
- BOULOC N. Courbes des lactations des chèvres : quelques éléments sur leur forme. *La chèvre*, 1992, **193**, 15-17.
- CADIOU. Diagnostic de gestation chez la brebis et chez la chèvre. Thèse vétérinaire, Alfort 1969.
- CAMP J.C., WILDT D.E., HOWARD P.K., STUART L.D., CHADRABORTY P.K. Ovarian activity during normal and abnormal length oestrus cycles in goat. *Biol.Reprod.*, 1983, **28**, 673-681.
- CHEMINEAU P, GAUTHIER D, POIRIER JC AND SAUMANDE J. Plasma levels of LH, FSH, Prolactin, Oestradiol-17b and progesterone during natural and induced oestrus in the dairy goat. *Theriogenology*, 1982, **17**, 313-323.
- CHEMINEAU P., MARTIN GB, SAUMANDE J, NORMANT E. Seasonal and hormonal control of pulsatile LH secretion in the dairy goat (*Capra hircus*). *J. Reprod. Fert.*, 1988, **83**, 91-98.
- CHEMINEAU P, DAVEAU A, MAURICE F, DELGADILLO JA. Seasonality of oestrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*, 1992, **8**, 299-312.
- CHEMINEAU P., DELGADILLO JA. Neuroendocrinologie de la reproduction chez les caprins. *INRA Prod. Anim.*, 1994, **7** (5), 315-326.
- CURRIE WB, CARD CE, MICHEL FJ, IGNOTZ G. Purification, partial characterization, and development of a specific radioimmunoassay for goat placental lactogen. *J Reprod Fert*, 1990, **90**, 25-36.
- DIAL GD, WISEMAN BS, OTT RS, SMITH AL, HIXON JE. Absence of sexual dimorphism in the goat : induction of luteinizing hormone discharge in the castrated male and female and in the intersex with estradiol benzoate. *Theriogenology*, 1985, **23**, 351-360.
- DWYER RJ, ROBERTSON HA. Oestrogen sulphatase and sulphotransferase activities in the endometrium of the sow and ewe during pregnancy. *J Reprod Fert*, 1980, **60**, 187-91.
- GAN X., XIE S., GREEN J., ROBERTS R.M. Identification of transcripts for pregnancy associated

- glycoprotein (PAG) in carnivora and perissodactyla. *Biology of reproduction*, 1997, **56**, abstract 431.
- GARBAYO JM, REMY B, ALABART JL, FOLCH J, WATTIEZ R, FALMAGNE P, BECKERS JF. Isolation and partial characterization of a pregnancy-associated glycoprotein family from the goat placenta. *Biol Reprod*, 1998, **58**, 109-115.
- GARFIELD R.E., SAADE G., CHWALISZ C. Endocrine control of parturition. In: *Endocrinology of pregnancy, Humana Press*, 1998, 407-430.
- GINTHER O.J., KOT K. Follicular dynamics during the ovulatory season in goats. *Theriogenology*, 1994, **42**, 987-1001.
- GONZALEZ-STAGNARO C, PELLETIER J, COGNIÉ Y, LOCATELLIA, BARIL G, CORTEEL JM. Descarga pre-ovulatoria de LH y momento de ovulación en cabras licheras durante el celo natural o inducido hormonal. Proc. 10th Intern. Congr. Anim. Reprod. & A.I., Urbana, III. (USA), Vol. II, Comm. N°8. In Chemineau P, Delgadillo JA. Neuroendocrinologie de la reproduction chez les caprins. *INRA Prod. Anim*, 1994, **7**, 315-326.
- GURUPRASAD K, BLUNDELL TL, XIE S, GREEN J, SZAFRANSKA B, NAGEL RJ, MCDOWELL K, BEN BAKER C, ROBERTS RM. Comparative modeling and analysis of amino acid substitutions suggests that the family of pregnancy-associated glycoproteins includes both active and inactive aspartic proteinases. *Protein Engineering*, 1996, **9**, 849-856.
- HAYDEN T.J., THOMAS C.R., FORSYTH I.A. Effect of number of young born (litter size) on milk yield of goats: Role for placental lactogen. *J. Dairy Sci.*, 1979, **62**, 53-57.
- HORTON EW, NL POYSER. Uterine luteolytic hormone : A physiological role for prostaglandin F2a. *J Am Physiol*, 1976, **56**, 595-651.
- JAINUDEEN M.R., WAHID H., HAFEZ E.S.E. Sheep and goats. In: *Reproduction in farm animals*, E.S.E. Hafez & B. Hafez, 2000, 172-181.
- JANOWSKI T, ZDUNCZYK S, PODHALICZ-DZIEGIELEWSKA M, RAS A, CHMIELEWSKI A. Course of pregnancy, steroid hormone levels and maturation process of placentomes after oestrone infusion in cows near term. *Zentralbl Veterinarmed A*, 1995 Jul, **42**(5), 345-50
- KANAI Y, ISHIKAWA N. PULSATILE. Secretion of luteinizing hormone and plasma levels of ovarian steroids during the estrus cycle in the Shiba goat. *Jpn J Anim Reprod*, 1988, **34**, 105-110.
- MALHER X ET BEN YOUNES A. Les facteurs zootechniques de l'infécondité dans l'espèce caprine. *Rec Méd Vet*, 1987, **163**, 831-38.
- MCARTHUR CP AND GEARY A. Field evaluation of a pregnancy immunoassay for the detection of oestrone sulphate in goats. *J Endocrinol*, 1986, **110**, 133-136.
- MCCRACKEN JA, CUSTER EE, LAMSA JC. Luteolysis: a neuroendocrine-mediated event. *Physiol Rev* 1999 Apr, **79**, 263-323
- MEITES J, WEBSTER HD, YOUNG W, THORP F JR, HATCH RN. Effects of corpora lutea removal and replacement with progesterone on pregnancy in goats. *J Anim Sci*, 1951, **10**, 411-416.
- MORI Y, KANO Y. Changes in plasma concentrations of LH, progesterone and oestradiol in relation to the occurrence of luteolysis, oestrus and time of ovulation in the Shiba goat (*capra hircus*). *J. Reprod.Fert*, 1984, **72**, 223-230.
- MUDUULI D.S., STANFORD L.M., PALMER W.M., HOWLAND B.E. Secretory patterns and circadian and seasonal changes in luteinizing hormone, follicle stimulating hormone, prolactin and testosterone in the male pygmy goat. *J. Anim. Sci.*, 1979, **49**, 543-553.
- SHELTON M. Influence of presence of a male goat on initiation of oestrus cycling and ovulation in Angora goat does. *J. Anim. Sci.*, 1960, **19**, 368-375.
- SOUSA NM, GARBAYO JM, FIGUEIREDO JR, SULON J, GONÇALVES PBD, BECKERS JF. Pregnancy-associated glycoprotein and progesterone profiles during pregnancy and postpartum in native goats from the north-east of Brazil. *Small Rumin Res*, 1998, **1739**, 1-11.
- SUTHERLAND SRD, LINDSAY DR. Ovariectomized does do not require progesterone priming for oestrus behaviour. *Reprod Fertil Dev*, 1991, **3** (6), 679-84.
- SUTHERLAND SRD. Progesterone concentration and pulsatile LH secretion during normal oestrus cycle in Angora-cross does. Proc. 4th AAAP Animal Science Congress, Hamilton, New Zealand, Feb 1-6 1987, p246 In Chemineau P, Delgadillo JA. Neuroendocrinologie de la reproduction chez les caprins. *INRA Prod. Anim*, 1994, **7**, 315-326.
- SZAFRANSKA B., XIE S., GREEN J., ROBERTS R.M. Porcine pregnancy-associated glycoproteins: new member of the aspartic proteinase gene family expressed in trophoblast. *Biol. Reprod.*, 1995, **53**, 21-28.
- SWADA T, NAKATANI T, TAMADA H AND MORI J. Secretion of unconjugated estrone during pregnancy and around parturition in goats. *Theriogenology*, 1995, **44**, 281-286.
- THORBURN GD, SCHNEIDER W. The progesterone concentration in the plasma of the goat during the oestrus cycle and pregnancy. *J Endocr.*, 1972, **52**, 23-36.
- WANGO E.O., HEAP R.B., WOODING F.B.P. Progesterone and 5b-pregnanediol production by isolated fetal placental binucleate cells from sheep and goats. *J. of Endocrinology*, 1991, **129**, 283-289.
- WILLIAMS CSF. Pregnancy diagnosis. In: Morrow, D.A 1986. (ed.) *Current therapy in theriogenology*. WB Saunders, Philadelphia, pp. 588-589.
- WOODING FBP. Current topic: the synepitheliochorial placenta of ruminants: binucleate cell fusion and hormone production. *Placenta*, 1992, **13**, 101-113.
- XIE S., GREEN J., BECKERS J.F., ROBERTS R.M. The gene encoding bovine pregnancy-associated glycoprotein-1, an inactive member of the aspartic proteinase family. *Gene*, 1995, **159**, 193-197.
- XIE S., LOW B.G., NAGEL R.J., KRAMER K.K., ANTHONY R.V., ZOLI A.P., BECKERS J.F., ROBERTS R.M. Identification of the major pregnancy-specific antigens of cattle and sheep as inactive members of the aspartic proteinase family. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 1991, **88**, 10247-10251.