

Caractéristiques temporelles et endocriniennes de la puberté et du cycle œstral chez la chèvre locale “Mossi” du Burkina Faso

Hamidou Tamboura (1), Laya Sawadogo (2), Aïssata Wereme (1)

(1) Institut de l'Environnement et de Recherches agricoles (INERA). 03 BP 7192. Ouagadougou (Burkina Faso).

(2) Faculté des Sciences et Techniques (FAST). Université de Ouagadougou. 03 BP 7029. Ouagadougou (Burkina Faso).

Reçu le 29 août 1997, accepté le 27 octobre 1997.

L'âge à la puberté, la durée des principales phases du cycle œstral et des chaleurs ainsi que les teneurs en Follicle Stimulating Hormone (FSH), Luteinizing Hormone (LH) et œstradiol-17 β (E2) plasmatiques ont été étudiés chez la chèvre locale “Mossi” du Burkina Faso, en vue d'obtenir les éléments de base pour une bonne gestion des saillies chez cette race dans son contexte éoclimatique naturel. La détection triquotidienne des chaleurs à l'aide de boucs munis d'un harnais sans marqueur (observations directes) et le dosage radio-immunologique des hormones (RIA) ont été utilisés. De très importantes variations individuelles ont été notées, particulièrement au niveau des teneurs hormonales de FSH et E2. La puberté apparente est observée après 7,5 mois, tandis que la puberté réelle est atteinte dès le 6^e mois d'âge de la chevrette. Le cycle œstral dure en moyenne 21 ± 6 jours ; on y distingue histo-endocrinologiquement deux séquences : une phase folliculaire, de trois jours environ, suivie de la phase lutéale qui s'étend sur près de 18 jours. Les chaleurs sont observées durant 20 ± 2 heures, et présentent un pic préovulatoire de LH (50 à 302 ng/ml de plasma selon les individus) se situant entre la 14^e et la 22^e heure à partir du début des manifestations. Cette localisation du pic permet de suggérer des saillies entre la 26^e et la 34^e heure après l'apparition des premiers signes de chaleurs, pour optimiser les chances de fécondation.

Mots-clés. Puberté, cycle œstral, hormones, chèvre Mossi, Burkina Faso.

Temporal and hormonal characteristics of puberty and oestrous cycle in a local goat breed (Mossi) of Burkina Faso. Age at puberty, duration of sequences in oestrous cycle and timespan of heat, and sex hormone (FSH, LH and E-17Beta) levels in blood plasma were studied in local Mossi goats. The study was designed to provide the tools for an improved mating management of this breed in its natural eco-climatic environment. For heat detection, harnessed bucks without markers were put into female paddocks three times a day, and were continuously observed by a trained technician. Sex hormones in blood plasma were analysed using radioimmunoassay (RIA). There were wide individual variations in plasma FSH and E-17Beta levels. Apparent age at puberty (AAP) was observed around 7.5 months, but actual AAP as shown by the first ovulation in reproductive life was six months. Mean duration of estrus cycle was 21 ± 6 days, characterized by two main sequences: a follicular phase lasting about three days, followed by an 18 day luteal phase. Visible signs of estrus lasted 20 ± 2 hours. Preovulatory LH peak surge (50 to 302 ng/ml blood plasma depending on animals) occurred between the 14th and the 22nd hour following the beginning of heat signs. This indicates that the best time for artificial or natural insemination of Mossi goat does fall between the 26th and the 34th hour after the first signs of heat.

Key words. Puberty, oestrous cycle, sex hormones, Mossi goats, Burkina Faso.

INTRODUCTION

L'apport des espèces à “cycle court”, notamment les petits ruminants, aux différents niveaux de l'économie des pays sahéliens est largement dépendant de leurs aptitudes reproductives d'une part, des facultés d'adaptation à l'écologie, au climat local et à une conduite d'élevage relativement peu exigeante d'autre part (Chemineau, 1986).

Or, pour optimiser les performances de reproduction, il est indispensable de connaître les facteurs et mécanismes régissant cette fonction.

Chez les femelles, il s'agit surtout de connaître les durées du cycle sexuel, des chaleurs à l'œstrus et de localiser de manière assez précise le moment de l'ovulation, afin de maîtriser la fonction sexuelle. Cette maîtrise de la reproduction est indispensable lorsqu'on veut pratiquer l'insémination artificielle pour améliorer génétiquement le troupeau (Mbaindingatoloum, 1982), lorsque le producteur souhaite programmer les mises-bas à un moment donné ou enfin, quand il s'agit de planifier la production d'animaux face à une demande organisée.

L'objectif de cette étude est d'étudier les caractéristiques temporelles de durée de quelques paramètres de reproduction, et d'utiliser les fluctuations hormonales durant le cycle pour mieux situer l'ovulation au cours de la période des chaleurs chez une race locale du Burkina Faso, la chèvre Mossi.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Milieu environnemental

Les expériences ont été réalisées à la Station de recherches de l'INERA/CNRST à Kamboinsé, située à 12 km au nord de Ouagadougou. C'est une région qui appartient au domaine nord-soudanien du Burkina Faso, avec un climat à deux saisons principales : la saison sèche (mi-octobre à mai) et la saison pluvieuse (fin mai à mi-octobre). La pluviométrie annuelle est comprise entre 600 et 950 mm et la végétation dominée par des savanes à faciès divers très anthropisés où abondent des ligneux tels que *Butyrospermum paradoxum* (G. Don) Hepper, *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don. F. (Mimosaceae), *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. (Mimosaceae), *Lannea microcarpa* Engl. et K. Krause (Anacardiaceae) et *Tamarindus indica* L., (Caesalpiniaceae) (Bélem *et al.*, 1996), et des herbacées comme *Loudetia togoensis* (Pilg.) Hubb. (Poaceae), *Andropogon gayanus* Kunth, *Schoenefeldia gracilis* Kunth, rev. (Poaceae) (Zoungrana, 1991).

Animaux, alimentation, soins sanitaires

Les expériences ont été conduites au cours des saisons sèches de 1993 à 1995, sur des caprins Djallonké, variété "Mossi". Il s'agit d'un type génétique caprin dont les caractéristiques phénotypiques se situent entre celles des Djallonké purs du sud et des Sahéliens du nord. Ils sont particulièrement bien adaptés au climat du plateau central du Burkina, leur aire naturelle d'élevage.

Au plan physiologique, le troupeau expérimental comprenait :

- des boucs entiers, âgés de trois à quatre ans, sexuellement actifs et entraînés au port de tabliers pour la détection des chaleurs ;
- de jeunes chevrettes nées par groupage des chaleurs et âgées de 105 à 115 jours, avec un poids vif moyen de $13,5 \pm 0,9$ kg ;
- des chèvres adultes multipares élevées en station depuis trois ans, dont l'âge est compris entre quatre et six ans, qui pèsent en moyenne $24,7 \pm 5,3$ kg et dont la cyclicité a été confirmée à l'aide d'un suivi permanent pré-expérimental de quatre mois consécutifs avant le début des expériences.

Les boucs étaient gardés en totale isolation des femelles, en claustration permanente et recevaient du foin bien conservé de *Bracharia ruziziensis* Ger. & Evr. (Poaceae), complété par 100 g de tourteaux de coton par tête et par jour. Les jeunes chevrettes restaient également dans leurs enclos, avec une alimentation composée de 300 g de son de blé, 100 g de tourteaux de coton et 4 kg de foin de *Bracharia ruziziensis*. Enfin, les femelles adultes étaient conduites au pâturage naturel de 8 à 13 heures, puis recevaient quotidiennement un complément composé de 500 g de son de blé et 200 g de tourteau de coton par tête durant l'après-midi. La nuit, il leur est offert du foin de *Bracharia ruziziensis* à volonté. L'eau et la pierre à lécher sont servies *ad libitum*.

Le protocole sanitaire général est celui appliqué à l'ensemble du troupeau expérimental de la station : déparasitage interne deux fois par an (début et fin d'hivernage), déparasitage externe deux fois par an (milieu et fin d'hivernage), vaccinations contre la peste et la pasteurellose des petits ruminants, soins additionnels à la carte.

Pour la présente étude, les animaux concernés sont spécialement déparasités au fenbendazole (Panacur-Distrivet-France) au début de chaque expérience, à raison de 5 mg par kg de poids vif.

Traitements

Dans l'expérience 1, les jeunes chevrettes élevées naturellement ($n = 22$) sont suivies quotidiennement. Des observations sur le plan comportemental (signes de chaleurs) et un prélèvement sanguin afin d'évaluer les taux plasmatiques de l'hormone folliculo-stimulante (FSH) sont réalisés chaque jour en vue de caractériser la période pré-pubertaire chez cette race locale, dans son contexte écologique naturel. Les suivis sont entamés à partir de l'âge de 115 jours et continuent jusqu'à l'expression visible des premiers signes de chaleurs chez chaque femelle.

Pour l'expérience 2, les chèvres ($n = 13$) non gravides sont suivies individuellement pendant trois cycles œstraux complets consécutifs. Les chaleurs sont détectées quotidiennement, en même temps qu'est réalisée une ponction sanguine pour le dosage de la progestérone (P), de la FSH, de l'hormone lutéinique (LH) et de l'œstradiol-17 β (E2).

Un lot de cinq femelles parmi les 13 expérimentées, a subi en plus, des prélèvements sanguins sériés toutes les deux heures pendant la durée des signes de chaleurs au cours du troisième cycle œstral, en vue de caractériser les profils de FSH, LH et E2 pendant ces chaleurs et de situer le pic pré-ovulatoire de LH dans le temps.

Détection des chaleurs

Trois séances de détection sont effectuées chaque jour entre 6 h et 18 h 30 min sur chaque animal ; elles ont lieu respectivement à 6 h–8 h, à 13 h–14 h 30 min, et à 17 h–18 h 30 min. Des boucs harnachés de tablier masquant l'organe copulateur sont utilisés. À chaque séance, toute femelle détectée en chaleur est sortie du lot pour permettre la bonne poursuite de la détection sur ses congénères (Kilgour, 1984). À la fin de la séance, les animaux du lot sont remis ensemble jusqu'à la séance suivante. La base de la détection est essentiellement éthologique (comportement de la femelle, agitation, acceptation de la monte, recherche active du mâle), mais également anatomo-histologique (tuméfaction vulvaire, écoulement glaireux, nature de la glaire, etc.).

Dosages hormonaux

Les prélèvements sont tous réalisés au niveau de la veine jugulaire, le sang étant collecté dans des tubes héparinés et immédiatement centrifugé à 5 000 tours/min pendant 10 min. Le plasma est recueilli dans des microtubes étiquetés, identifiés par des codes et conservés à -20°C. Tous les dosages radio-immunologiques, ont été réalisés au laboratoire de Biologie moléculaire et Physiologie animale de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).

La méthode radio-immunologique (RIA)¹ de dosage a été utilisée avec des troupes provenant de UCB-Bioproducts – Belgique pour les gonadotrophines (FSH et LH, hormones de référence respectivement FSH-B-5 ET LH-B-5 ovines) et de SIGMA-Saint Louis – USA pour les stéroïdes (avec respectivement P (0130) et E (8875) comme hormones de référence pour P et E2). La progestérone radioactive a été obtenue chez la société Amersham.

La sensibilité des dosages de LH, FSH, P et E2 est respectivement de 100 pg/ml, 100 pg/ml, 50 pg/ml et 0,10 pg/ml. On obtient comme coefficients de variation intra- puis inter-essais respectivement 6,2 % et 7,3 % pour la LH, 6,8 % et 7 % pour la FSH, 8 % et 5 % pour la P et 9,1 % et 4,5 % pour E2. Le taux d'extraction moyen pour les stéroïdes était de 98 %.

Expression et analyse des résultats

Les moyennes paramétriques des observations sur les durées des séquences ou les valeurs des teneurs en hormones sont exprimées avec \pm l'écart type. La standardisation de la courbe moyenne de progestérone

a consisté à ramener les données à un cycle standard de 21 jours en partant de part et d'autre du début des chaleurs de deux cycles consécutifs (Touré *et al.*, 1995).

RÉSULTATS

Expérience 1 : puberté sexuelle

Les premiers signes de comportement de chaleurs ont été observés en moyenne au bout de 228 ± 46 jours d'âge des jeunes femelles, soit environ 7,5 mois.

Au cours de cette période pré-pubertaire, le taux de base moyen de la FSH plasmatique était de $0,76 \pm 0,34$ ng/ml, avec de très grandes variations du profil hormonal d'un individu à l'autre (0,2 à 1,5 ng/ml). La première élévation significative de la teneur en FSH est survenue en moyenne à 176 ± 11 jours d'âge. L'amplitude de ce pic varie très largement selon les individus (de 0,95 à 35 ng/ml de plasma), pour une moyenne de $18,9 \pm 13,8$ ng/ml. Il convient de noter que certains sujets à comportement sexuel très précoce acceptaient la monte dès l'âge de cinq mois et demi (165 jours).

Expérience 2 : cycle œstral et chaleurs

Cycle œstral. À partir des observations du comportement de chaleurs sur les femelles de ce lot, la durée moyenne du cycle a été de $21,0 \pm 6,0$ jours.

Le dosage de la progestérone plasmatique a permis de présenter les principales variations observées entre deux chaleurs consécutives (**Figure 1**).

On peut distinguer les principales phases suivantes :

- la phase folliculaire, qui dure environ trois jours, avec une teneur maximale en P d'environ 0,9 ng/ml de plasma (moyenne sur la période : $0,53 \pm 0,26$ ng/ml de plasma) ;

- la phase lutéale, s'étendant sur 18 jours et comprenant

- une première séquence d'augmentation progressive, avec des taux moyen de P qui atteignent $1,70 \pm 0,37$ ng/ml de plasma, durant environ quatre jours ;

- une séquence de plateau, de dix à onze jours, où les teneurs moyennes sont de $4,2 \pm 1,9$ ng/ml de plasma ; la teneur maximale pendant cette séquence est de 7,78 ng/ml de plasma et se situe au 12^e jour du cycle œstral ;

- une dernière séquence de trois à quatre jours qui voit une baisse du niveau hormonal, le ramenant au niveau de base le dernier jour.

¹ Renaville, communication personnelle, 1993.

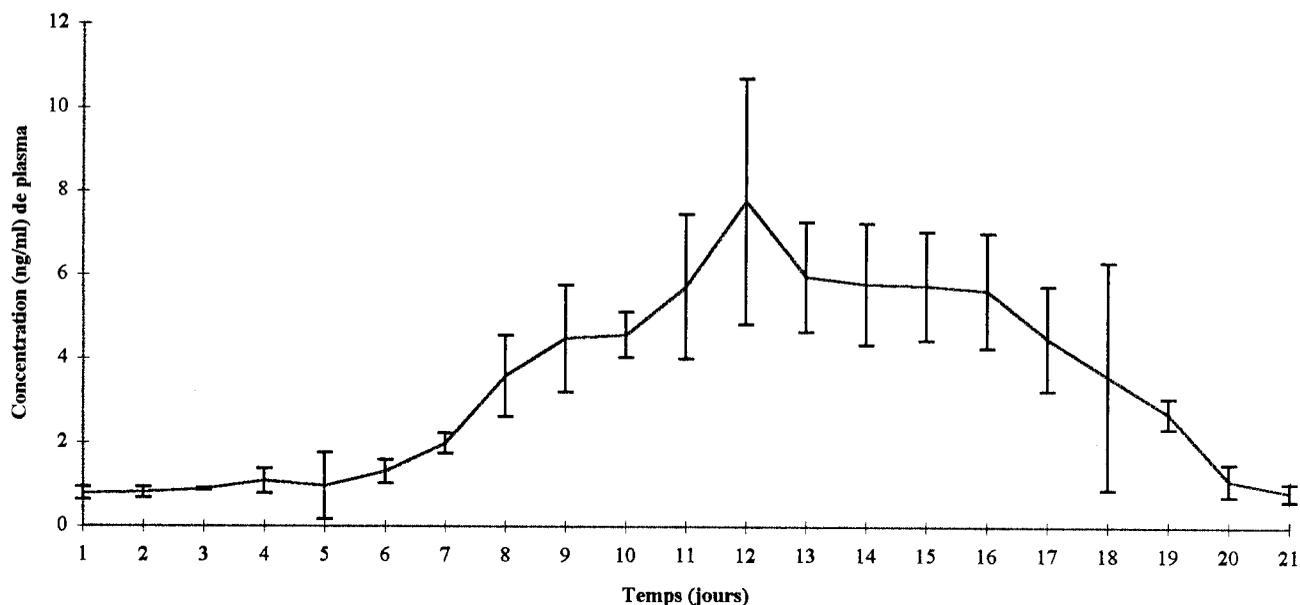


Figure 1. Concentration plasmatique moyenne de progestérone durant le cycle œstral chez la chèvre Mossi — *Mean plasma concentration of progesterone during oestrous cycle in Mossi goat.*

Pour l'œstradiol, on trouve des teneurs relativement importantes au cours de la phase folliculaire, se situant en moyenne à $29,7 \pm 8,4$ g/ml de plasma. Ces niveaux s'observent pendant les huit à dix premiers jours du cycle œstral, avec un décours en dents de scie où deux à trois pics apparaissent avec des valeurs maximales de 58 ng/ml de plasma.

Une chute des taux plasmatiques d'E2 s'amorce à partir du 12^e jour du cycle, les valeurs revenant autour de 15 ng/ml de plasma. Chez certains animaux, une dernière élévation du niveau d'E2 au cours des deux derniers jours du cycle ($27,12 \pm 3,26$ ng/ml de plasma) est observée, annonçant le démarrage du cycle œstral suivant.

Au cours du cycle œstral de la chèvre Mossi, l'hormone lutéinique présente un taux de base moyen de $1,54 \pm 0,27$ ng/ml de plasma sur l'ensemble des animaux. Les pics ont une amplitude qui varie entre 3,5 et 50 ng/ml de plasma selon les individus.

Au niveau de la FSH, la principale remarque est la grande disparité des taux hormonaux plasmatiques d'un individu à l'autre. Certains sujets présentent des maxima de 2,5 ng/ml de plasma, tandis que d'autres atteignent 25 ng/ml de plasma. Mais globalement pour l'ensemble du lot, on peut situer les teneurs élevées de FSH plasmatique durant les dix premiers jours (moyenne : $4,36 \pm 8,23$ ng/ml).

Chaleurs à l'œstrus et ovulation. Les signes de chaleurs observés durent entre 18 h et 72 h, la moyenne étant de $20 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$. Une très grande variabilité individuelle (de moins de 6 h à plus de 96 h) de ce paramètre a été notée.

Les dosages hormonaux réalisés viennent confirmer cette disparité de la durée des chaleurs d'un animal à l'autre. Mais dans l'ensemble, on note une cohérence dans l'allure des courbes de cinétiques hormonales pendant cette période.

La **figure 2** (A et B) donne les profils plasmatiques de FSH, LH et E2 d'une femelle au cours de chaleurs observées durant 24 heures.

La **figure 3** (A et B) présente l'évolution des teneurs en FSH, LH et E2 dans le plasma d'une chèvre du lot dont les chaleurs ont duré 48 heures.

Les niveaux plasmatiques de E2 s'élèvent progressivement au cours des premières heures de chaleurs (7 à 32 pg/ml de plasma) ; puis on note une phase de légère dépression, ramenant les taux moyens à $10,8 \pm 4,2$ pg/ml. Une nouvelle poussée survient au cours des dernières heures de chaleurs, avec des amplitudes moyennes de $17,4 \pm 3,6$ pg/ml de plasma.

Les teneurs plasmatiques en FSH au cours des chaleurs sont très faibles, toutes comprises entre 1 et 2 ng/ml de plasma avec une moyenne de $1,23 \pm 0,71$ ng/ml.

Le pic préovulatoire de LH survient entre la 14^e et la 22^e heure, parfois jusqu'à la 26^e après le début des signes de chaleurs, avec une amplitude variant de 53 ng/ml à 302 ng/ml (moyenne : $92,73 \pm 93,63$ ng/ml) selon les individus. En dehors de ce pic, les niveaux toniques de base de LH sont en moyenne de $1,83 \pm 0,79$ ng/ml de plasma. En considérant que l'ovulation survient environ 24 h après le pic de LH (Cumming *et al.*, 1971), on peut situer la ponte ovulaire entre 38 et 46 h après l'apparition des signes visibles de chaleurs chez la femelle.

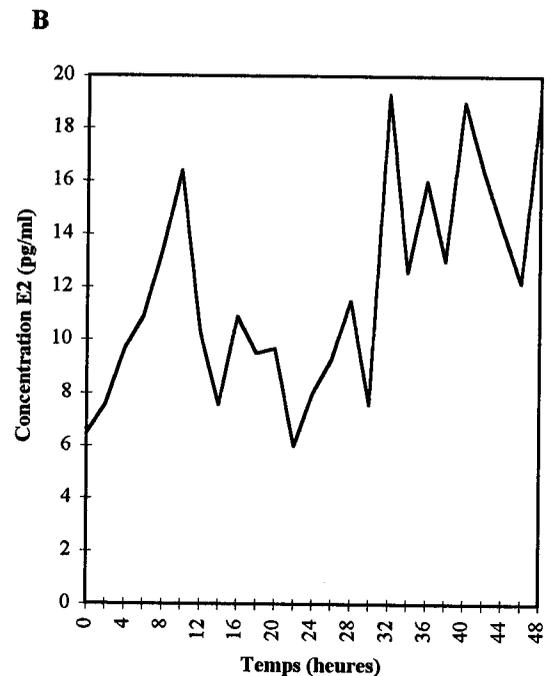
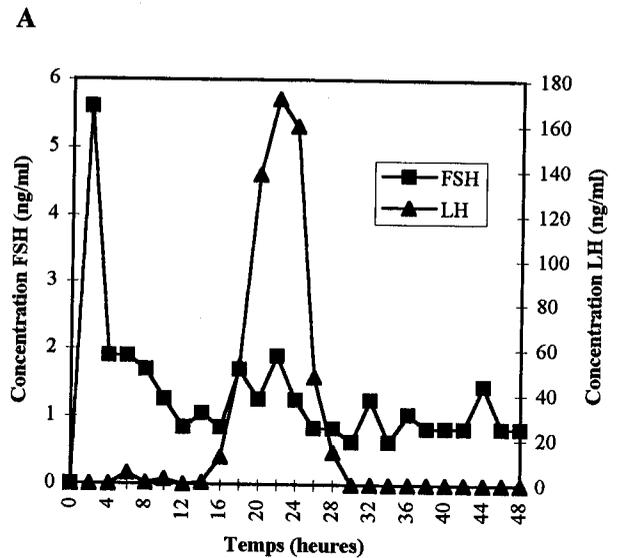
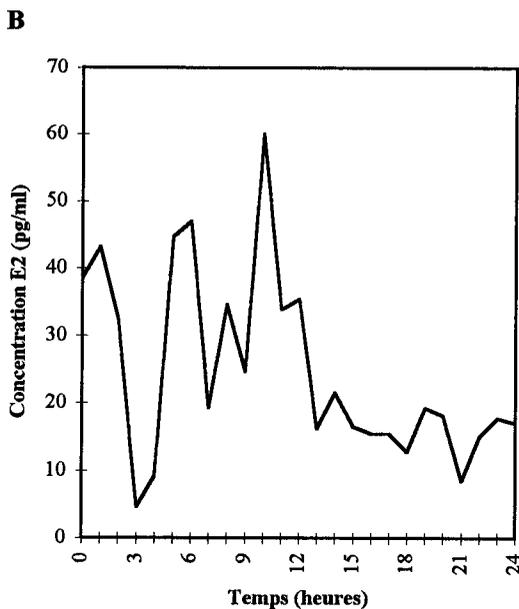
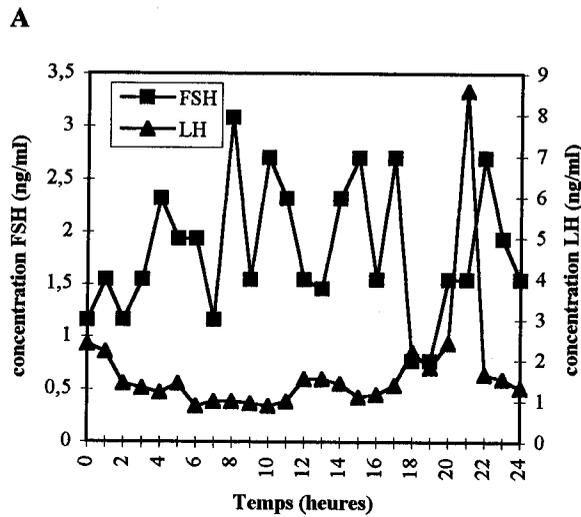


Figure 2. Profils de FSH, LH (A) et E2 (B) plasmatiques au cours des chaleurs naturelles chez une chèvre Mossi (durée 24 heures) — *Plasma concentration of FSH and LH (A) and E2 (B) during natural heat of a Mossi goat (lasting 24 hours).*

Figure 3. Profils de FSH, LH (A) et E2 (B) plasmatique au cours des chaleurs naturelles chez une chèvre Mossi (durée 48 heures) — *Plasma concentration of FSH and LH (A) and E2 (B) during natural heat of a Mossi goat (lasting 48 hours).*

DISCUSSION

La puberté. L'âge à la puberté, déterminé par les deux méthodes (comportementale et hormonale), montre une différence de près d'un mois. Cette différence, qui a par ailleurs été également rapportée par Thibault et Levasseur (1991), peut s'expliquer par le caractère généralement silencieux de la toute première ovulation

survenant dans la vie sexuelle de la jeune femelle. Elle ne donne en effet pas lieu à une manifestation visible des signes de chaleurs.

L'âge de la puberté réelle, enregistré au cours de cette étude (cinq à six mois), concorde avec celui obtenu par Wilson (1991) chez la chèvre rousse de Maradi (5,5 mois). Par contre, le même auteur rapporte un âge de puberté de 8,5 mois pour la chèvre

Mubende d'Ouganda. De même, Mornand et Dordogne (1976) indiquent des âges de 12 à 13 mois pour la puberté sur des chèvres de races européennes. Pour ces animaux des zones tempérées, le phénomène de saisonnalité de la reproduction et le facteur saison de naissance de la femelle sont prépondérants dans le délai de mise en route de la première ovulation. Dans tous les cas, il faut considérer que de nombreux facteurs entrent en interaction pour induire la mise en place de la nubilité : la race, les conditions d'élevage de la mère, le sevrage, le climat, l'individu, etc. (Chemineau, 1986 ; Martinet, Mondain-Monval, 1991 ; Wilson, 1991 ; Derquaoui, El Khaledi, 1994).

Le cycle et les chaleurs. Au-delà de la moyenne de 20 h enregistrée pour la durée des chaleurs, il est important de souligner que 90 % des signes observés se situent dans un intervalle de durées de 6 heures à 36 heures. Ce qui est conforme aux résultats des travaux de Corteel (1973) sur des races caprines européennes. Quant à la durée du cycle, nos valeurs sont assez proches de celles rapportées par Jarosz *et al.* (1972), (24 jours), Vohradsky et Sada (1973) (23 jours) et Otchere et Nimo (1975) (21 jours).

Les hormones sexuelles. Les décours des hormones gonadotrophines (FSH et LH) et des stéroïdes ovariens (P et E2) tant au cours du cycle que pendant les chaleurs, se rapprochent de ceux décrits par Heap et Linzell (1966), Kann (1971) et Thimonier (1979).

On retrouve ainsi comme Wenzel *et al.* (1979) sur les caprins Angora, et Yenikoye (1986) sur des ovins Peul, la division classique du cycle œstral en deux phases : d'une part, une phase folliculaire de trois à quatre jours, marquée notamment par le pic de LH ; d'autre part, une phase lutéinique de 16 à 18 jours, comprenant d'abord une lutéosécrétion durant environ deux semaines, puis une lutéolyse de deux à quatre jours. Cette phase de lutéolyse serait notamment le fait des prostaglandines (PGFx) utérines qui détruisent le corps jaune cyclique (Thibier, Saumande, 1975), entraînant la chute des teneurs plasmatiques en progestérone observée à la fin du cycle œstral.

Les pics de E2 que nous observons aux jours 6, 8 et 13 de la phase folliculaire concordent avec ceux rapportés par Derivaux et Ectors (1980) chez la vache, la brebis et la chèvre. La remontée des niveaux plasmatiques d'E2 en fin de cycle pouvant s'expliquer comme étant le précurseur de la phase folliculaire du cycle suivant.

Quant à la FSH, elle présente des pics de très faibles valeurs mais qui, dans le temps, surviennent pratiquement concomitamment aux pics de LH. Les taux plasmatiques de base trouvés sur la chèvre Mossi sont par ailleurs très faibles et dans les tous cas inférieurs à

ceux rapportés par d'autres auteurs (William, 1972 ; Teppermann, 1976 ; Aidara *et al.*, 1981).

Les pics de LH présentent de très grandes amplitudes, similaires aux valeurs trouvées par Pelletier *et al.* (1982). Toutefois, contrairement à ces auteurs selon qui les pics de LH apparaissent entre la 13^e heure avant et la 7^e heure après le début des chaleurs, les nôtres se situent après l'apparition des signes, comme dans le cas des observations faites par Thimonier (1979). Ce dernier souligne quant à lui que le pic LH débute bien après le démarrage de l'œstrus, tout en liant la durée du délai pic LH-œstrus principalement au facteur prolificité de la race.

La localisation temporelle du pic de LH par rapport à l'apparition des signes de chaleurs observée au cours de cette étude, concorde avec les résultats obtenus par Cumming *et al.* (1971) et Mauléon (1971). Sa détermination est d'un intérêt majeur pour l'élevage de cette espèce, notamment pour maximiser les chances de fécondation lors des saillies et des inséminations artificielles. En effet, en accouplant ou inséminant à peu près 12 h avant l'ovulation (Dziuk, 1970), soit entre la 26^e et la 34^e heure après le début de l'observation des premiers signes de chaleurs, on maximise les chances de fécondation.

CONCLUSION

Cette étude a permis de caractériser la fonction sexuelle des chèvres Mossi, sur les plans éthologique et hormonal, dans les conditions d'élevage tropical. La connaissance de la durée du cycle, celle des chaleurs et des profils des différentes hormones sexuelles pendant ces étapes biologiques est un élément de base pour permettre de maîtriser cette fonction. La détermination de la période d'ovulation a permis de localiser relativement bien les moments les plus favorables pour l'obtention de saillies fécondes sur ce type génétique. Il reste cependant à affiner avec une meilleure précision ce moment de ponte ovulaire, tout en essayant diverses techniques permettant de regrouper les mises-bas à des périodes de choix du producteur.

Remerciements

Nous sommes très reconnaissants au Dr Renaville et à toute l'équipe du laboratoire de Biologie moléculaire et de Physiologie animale de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux pour la réalisation des dosages hormonaux.

Bibliographie

- Aidara D, Badawi M, Tahiri-Zagret C, Robin C (1981). Changes in concentrations of serum prolactin, FSH, Estradiol and Progesterone and the sex skin during the menstrual cycle in the mangabey (*Cercocebus atys lunulafus*). *J. Reprod. Fertil.* **62**, 475-481.
- Bélem M, Bognounou O, Ouédraogo SJ, Maïga AA (1996). Les ligneux à usages multiples dans les jachères et les champs du plateau central du Burkina Faso. *J. Agric. Trad. Bot. Appl.* **38** (1), 251-272.
- Chemineau P (1986). Sexual behaviour and gonadal activity during the year in the tropical creole meat goat. I: female estrus behaviour and ovarian activity. *Reprod. Nutr. Dév.* **26** (2A), 441-452.
- Corteel JM (1973). L'insémination artificielle caprine : bases physiologiques, état actuel et perspectives d'avenir. *World Rev. Anim. Prod.* **IX** (1), 73-98.
- Cumming IA, Brown JM, de Blockey MA, Winfield CG, Blaxter R, Goding IR (1971). Constancy of interval between LH release and ovulation in ewes. *J. Reprod. Fertil.* **24**, 134-135.
- Derivaux J, Ectors F (1980). "Physiopathologie de la gestation et obstétrique vétérinaire", pp. 1-273. Éditions du Point Vétérinaire, Maisons-Alfort, France.
- Derquaoui L, El Khaledi O (1994). Évaluation de l'activité sexuelle pendant la saison de baisse de fertilité chez la chèvre de race D'man. In "Small ruminant research and development in Africa. Proceedings of the second biennial conference of the African Small Ruminant Research Network" (S.H.B. Lebbie, B. Rey, E.K. Irungu, eds.), pp. 49-51. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia.
- Dziuk P (1970). Estimation of the optimum time for insemination of gilts and ewes by double-mating at certain times relative to ovulation. *J. Reprod. Fertil.* **22**, 277-282.
- Heap IC, Linzell JL (1966). Plasma progesterone levels in goats and mammary uptake during pregnancy. *J. Physiol.* (London) **180**, 10-11.
- Jarosz JJ, Dean RJ, Dukelow WR (1972). The sexual cycle in dwarf African and Toggenburg goats. *Arch. Vet. Polen.* **15** (3), 613-622.
- Kann G (1971). Variations des concentrations plasmatiques de la LH et de la prolactine au cours du cycle oestrien de la brebis. *C.R. Acad. Sci. Paris, Série D* **272**, 2934-2937.
- Kilgour RJ (1984). Le comportement des béliers en saillie naturelle. In "La reproduction chez les ovins et les caprins" (INRA - ITOVIC, eds), pp. 240-251. INRA, Paris.
- Mauléon M (1971). Les cycles sexuels. *Élev. Insémination UNCEIA* **125**, 13-21.
- Martinet L, Mondain-Monval M (1991). Rythmes de reproduction et facteurs de l'environnement. In "La reproduction chez les mammifères et l'homme" (C. Thibault, M.C. Levasseur, eds), pp. 589-610. INRA-Ellipses, Paris.
- Mbaindingatoloum TM (1982). L'insémination artificielle bovine au Sénégal. Thèse Doct-Vét. n°18 EISMV Dakar.
- Mornand JL, Dordogne EDE (1976). Les problèmes de fécondation chez les caprins. *La Chèvre* **96**, 16-19
- Otchere EO, Nimo MC (1975). Observation of the reproductive behaviour in the West African dwarf goat. *Ghana J. Agric. Sci.* **8**, 187-190.
- Pelletier J, Gonzalez-Stagnaro C, Baril G, Corteel JM (1982). La décharge préovulatoire de LH induite chez la chèvre en période d'anœstrus saisonnier. *C.R. Acad. Sci. Paris. Série III* **294** (17) 867-870.
- Tepperman J (1976). "Physiologie endocrine et métabolique", 2e ed., pp. 1-263. Masson, Paris.
- Thibault C, Levasseur MC (eds) (1991). "La reproduction chez les mammifères et l'homme", pp. 1-768. INRA-Ellipses, Paris.
- Thibier M, Saumande J (1975). Oestradiol-17 β , progesterone and 17 α -hydroxyprogesterone concentrations in jugular veinous plasma in cows prior to and during œstrus. *J. Steroid Biochem.* **6**, 1433-1437.
- Thimonier J (1979). Hormonal control of estrus cycle in the ewe (a review). *Livestock Prod. Sci.* **6**, 39-50.
- Touré G, Meyer C, Tanoh KG, Siriki DT (1995). Profil de la progestérone chez la brebis Djallonké durant le cycle œstral. *Agron. Afr.* **VII** (1), 59-64.
- Vohradsky F, Sada I (1973). West African dwarf goat in Ghana. 1. Reproduction and death rate of kids. *Sb. Vys. Sk. Zemed. v. Praze. Inst. Trop. Subtrop. Zemed.* **6**, 161-172.
- Wenzel D, Botha LJJ, Viljoen KS (1979). Progesterone levels in the peripheral plasma of the cycling Angora goat does. *Agroanimalia* **11** (2), 27-28.
- William RH (1972). In "Traité d'endocrinologie", pp. 516-519. Flammarion Médecine-Sciences. Paris.
- Wilson RT (1991). "Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa", pp. 1-231. FAO, Rome.
- Yenikoye A (1986). Étude de l'endocrinologie sexuelle et de la croissance folliculaire chez la brebis nigérienne de race Peulh : influence de la saison de reproduction. pp. 1-102. Thèse doct. Sci. Nat. Univ. François-Rabelais de Tours, Tours, France.
- Zougrana I (1991). Recherches sur les aires pâturées du Burkina Faso. Thèse Doct. Sci. Nat. Univ. Bordeaux III, Bordeaux, France.