

Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone

Maîtriser la conduite de la reproduction dans le troupeau nécessite de connaître les différents états physiologiques des femelles. Les informations issues de l'observation du troupeau sont primordiales, mais souvent trop incomplètes pour, par exemple, choisir une méthode de contrôle de l'oestrus. L'analyse des niveaux périphériques de progestérone est un des outils permettant de mieux les préciser.

Les niveaux de progestérone plasmatique périphérique ou sérique sont très différents suivant l'état physiologique des femelles des animaux de ferme (Lemon et Thimonier 1973). Pendant la période d'anoestrus anovulatoire, ils sont en général inférieurs à 0,5 ng/ml. Chez les femelles ovulatoires, les niveaux de progestérone sont caractérisés par une alternance de valeurs faibles pendant la période péri-ovulatoire et élevées pendant la majeure partie de la phase lutéale. Chez les femelles gravides, après une évolution comparable à celle observée pendant le début du cycle, les niveaux de progestérone restent élevés pendant toute la durée de la gestation, que la production ultérieure soit d'origine uniquement ovarienne ou ovarienne et placentaire.

L'objectif de cette courte synthèse qui privilégie l'analyse des niveaux de progestérone dans des prélèvements sanguins est de montrer la démarche, tout aussi pertinente pour des prélèvements de lait, qui permet de définir les moments et les nombres de prélèvements nécessaires pour déterminer l'état physiologique d'une femelle en fonction des informations disponibles. Il s'agit aussi de préciser les limites de cette méthodologie. Des démarches identiques doivent être conduites quelle que soit la méthode utilisée, qu'il s'agisse d'autres méthodes hormonales dont le développement a été prodigieux au cours des vingt dernières années ou de méthodes « physiques » (échographie, palpation rectale ...).

Résumé

Il est possible de déterminer l'état physiologique d'une femelle à partir de l'analyse des niveaux de progestérone plasmatique ou sérique périphérique. Des règles simples pour définir le nombre de prélèvements nécessaires et l'intervalle entre prélèvements sont précisées. Elles doivent être cependant « adaptées » à chaque espèce d'animaux de ferme (bovins, caprins, équins, ovins ...). La méthodologie décrite est utilisable dans les élevages pour améliorer la conduite des troupeaux. Elle ne doit cependant pas se substituer à l'outil préférentiel de l'éleveur qui reste la détection des chaleurs. Elle a permis l'adaptation des traitements hormonaux de maîtrise du moment de l'oestrus et de l'ovulation aux différentes catégories de femelles (femelles cycliques, femelles en anoestrus anovulatoire). Elle est un outil indispensable pour des actions de recherche-développement dans les élevages, en particulier pour la mise au point de traitements alternatifs aux traitements hormonaux. Enfin, elle est applicable, mais avec des ajustements indispensables, pour caractériser l'état physiologique à partir de dosages de la progestérone dans des prélèvements de lait chez les femelles laitières.

1 / Détermination de l'état physiologique des femelles

Le dosage de la progestérone dans un prélèvement sanguin réalisé à un moment quelconque, chez une femelle dont l'état physiologique est inconnu ne permet pas de conclure quant à son état physiologique (tableau 1). Il est toutefois une exception : l'analyse du niveau de progestérone dans un prélèvement réalisé environ un cycle après une insémination naturelle ou artificielle permet de savoir si la femelle est non gravide ou si elle est susceptible d'être gravide (tableau 1).

Tableau 1. Niveau de progestérone plasmatique périphérique et état physiologique d'une femelle.

Moment du prélèvement	Niveau de progestérone	Femelle	Etat physiologique
Quelconque ⁽¹⁾	> 0,5 ng/ml	Brebis, vache, jument, chèvre...	Cyclique (phase lutéale) ou gravide ⁽²⁾
	< 0,5 ng/ml	Brebis, vache, jument, chèvre...	Cyclique (période péri-ovulatoire) ou anoestrus
Un cycle après insémination	< 1 ng/ml < 2 ng/ml	Brebis Vache, jument, chèvre...	Non gravide
	> 1 ng/ml > 2 ng/ml	Brebis Vache, jument, chèvre...	Gravide ⁽²⁾

⁽¹⁾ Un seul prélèvement est insuffisant pour déterminer l'état physiologique d'une femelle.

⁽²⁾ Eventuellement corps jaune persistant (pseudo-gestation).

Dans la pratique, trois cas peuvent être distingués :

- les femelles n'ont pas été inséminées : elles n'ont pas été en contact avec des mâles depuis leur dernière mise bas ou avant leur mise en reproduction pour la première fois ;
- les femelles ont pu être inséminées : cas des troupeaux dans lesquels les mâles sont présents en permanence ;
- les femelles ont été inséminées et la date d'insémination est connue.

1.1 / Femelles n'ayant pas été inséminées (tableau 2)

Dans cette hypothèse, seuls deux états physiologiques principaux sont possibles (Thimonnier 1978) :

- soit les femelles sont en anoestrus anovulatoire ;
- soit les femelles sont ovulatoires et ont des cycles réguliers.

Pour discriminer ces deux catégories de femelles, il faut mettre en évidence une phase lutéale (existence d'un corps jaune fonctionnel) chez les femelles ayant des cycles (figures 1 et 2). Il est clair qu'un seul prélèvement est insuffisant. En revanche, deux prélèvements seulement sont nécessaires et suffisants. Une règle simple peut être donnée : l'intervalle entre ces deux prélèvements doit être supérieur à la durée pendant laquelle les niveaux de progestérone sont faibles durant la période péri-ovulatoire ; il doit aussi être inférieur à la durée pendant laquelle les niveaux de progestérone sont élevés.

La modélisation mathématique de l'évolution de la progestérone plasmatique périphérique (Yenikoyé *et al* 1981) peut aider à choisir l'intervalle entre deux prélèvements qui soit le plus judicieux pour une espèce donnée et à préciser un niveau seuil de progestérone au-dessus duquel la femelle a sûrement un corps jaune fonctionnel. Cette modélisation n'a toutefois pas été faite pour toutes les espèces.

Tableau 2. Nombre et fréquence des prélèvements nécessaires pour définir l'état physiologique d'une femelle par estimation des niveaux de progestérone plasmatique ou sérique.

Catégorie	Femelle	Intervalle entre deux prélèvements consécutifs	Nombre	Niveaux de progestérone lors des prélèvements					Etat physiologique
				1	2	3	4	5	
Femelles non inséminées	Brebis Chèvre Jument Vache	8 à 11 jours	2	-	-				anovulatoire
				-	+				cyclique
				+	-				
Femelles ayant pu être inséminées	Brebis Chèvre Jument Vache	4 à 5 jours	2 (minimum) à 5 (maximum)	-	-	-	-	-	anovulatoire
				-	-	+	+	±	cyclique
				-	+	+	±	-	
				+	+	+	+	+	gravide ⁽¹⁾
				+	+	+	+	-	cyclique
				+	+	+	-	±	
+	+	-	±	+					
				+	-	±	+	+	

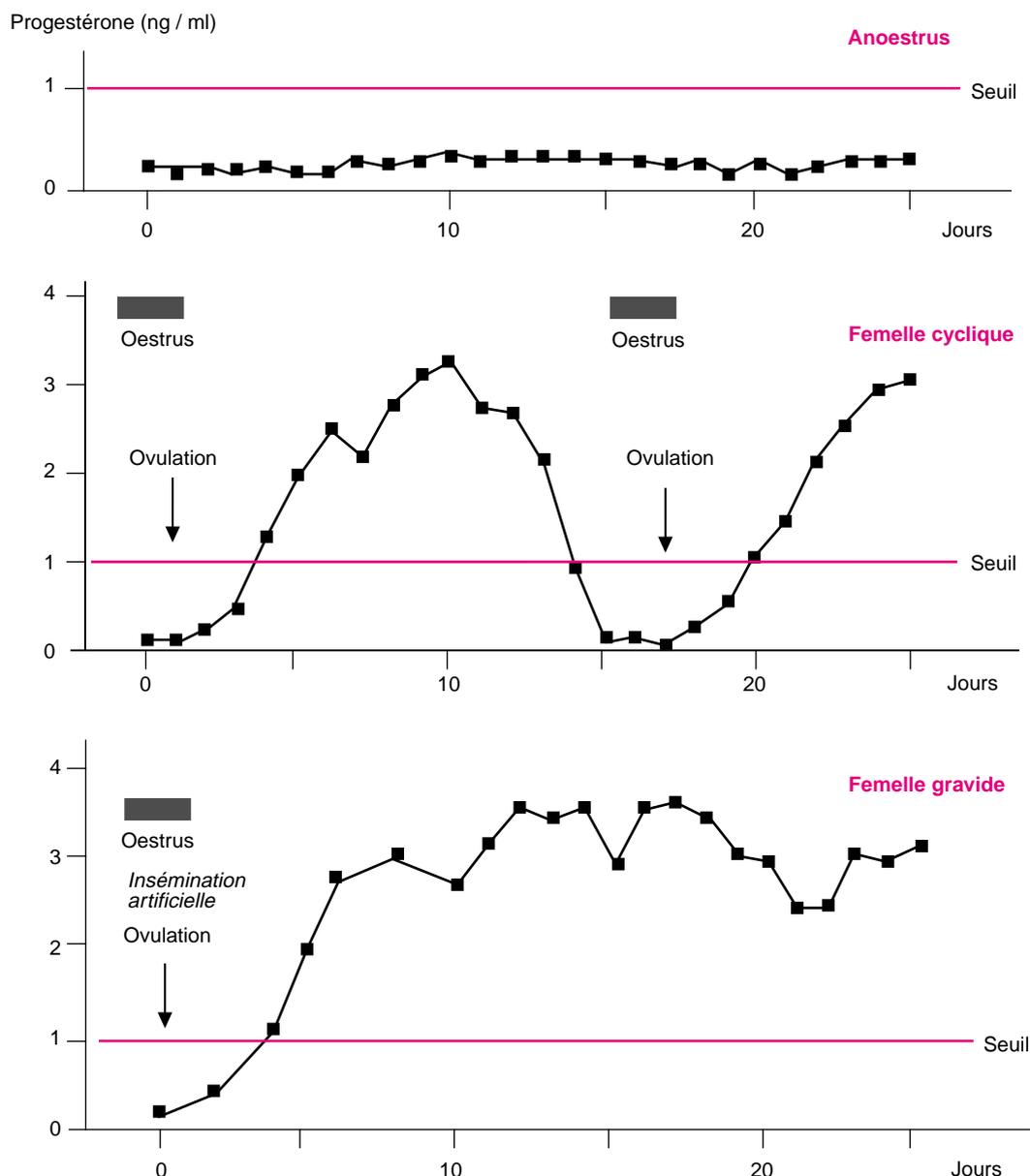
⁽¹⁾ Eventuellement corps jaune persistant (pseudo-gestation).

± : les niveaux de progestérone peuvent être inférieurs ou supérieurs au seuil choisi pour ce prélèvement.

Trois prélèvements négatifs sont suffisants pour caractériser l'anoestrus anovulatoire.

Cinq prélèvements positifs sont nécessaires pour caractériser la gravidité.

Figure 1. Evolution des niveaux de progestérone plasmatique périphérique pendant l'anoestrus, au cours du cycle et au début de la gestation chez la brebis.



L'expérience montre qu'un intervalle entre 7 et 11 jours permet de caractériser l'état physiologique de la plupart des femelles des espèces domestiques. Un niveau seuil a été aussi retenu : suivant les espèces, il est de 1 ou 2 ng/ml.

Si lors du premier prélèvement, le niveau de progestérone est inférieur au seuil, la femelle peut être soit en anoestrus soit en période péri-ovulatoire.

Si le niveau de progestérone reste inférieur au seuil lors du 2^{ème} prélèvement, la femelle est en anoestrus. S'il est supérieur au seuil, la femelle a un corps jaune fonctionnel et est cyclique.

Les niveaux de progestérone peuvent être supérieurs au seuil retenu lors des deux prélèvements. Il s'agit de prélèvements effectués soit au cours d'une même phase lutéale soit au cours de deux cycles consécutifs.

Un seul prélèvement avec une valeur supérieure au seuil est indicatif d'une activité lutéale : la femelle est donc cyclique.

L'exactitude de cette méthode chez des femelles n'ayant jamais été inséminées a été appréciée en comparant les résultats obtenus avec ceux observés par endoscopie (Thimonier 1978, J. Thimonier non publié). Il y a concordance entre les deux méthodes dans 97 % des cas. Il faut toutefois indiquer que lorsque l'analyse est faite sur des populations animales dont l'activité ovulatoire débute (en particulier chez les ovins et les caprins : Chemineau 1989, Thimonier *et al* 2000), la concordance est plus faible : le premier cycle ovulatoire est fréquemment de courte durée (6 jours) avec un corps jaune hypofonctionnel (niveau de progestérone inférieur au seuil retenu) alors qu'il peut être observé par endoscopie.

Il faut noter que dans des groupes importants de femelles d'une même race, à un

Un seul prélèvement ne permet pas, en général, de préciser l'état physiologique d'une femelle.

moment donné, il est possible d'avoir une bonne estimation du pourcentage de femelles ovulatoires avec l'analyse du niveau de progestérone dans un seul prélèvement. En effet, chez des femelles ovulatoires, les niveaux de progestérone sont élevés (au-dessus du seuil) dans environ deux cas sur trois (ovins). A partir du pourcentage de femelles ayant un niveau élevé de progestérone, il est ainsi possible de calculer le pourcentage de femelles ovulatoires dans la population considérée.

1.2 / Femelles ayant pu être inséminées (tableau 2)

L'objectif est alors de différencier les trois catégories de femelles : anovulatoires, cycliques ou gravides (Thimonier 1978 ; figures 1 et 2).

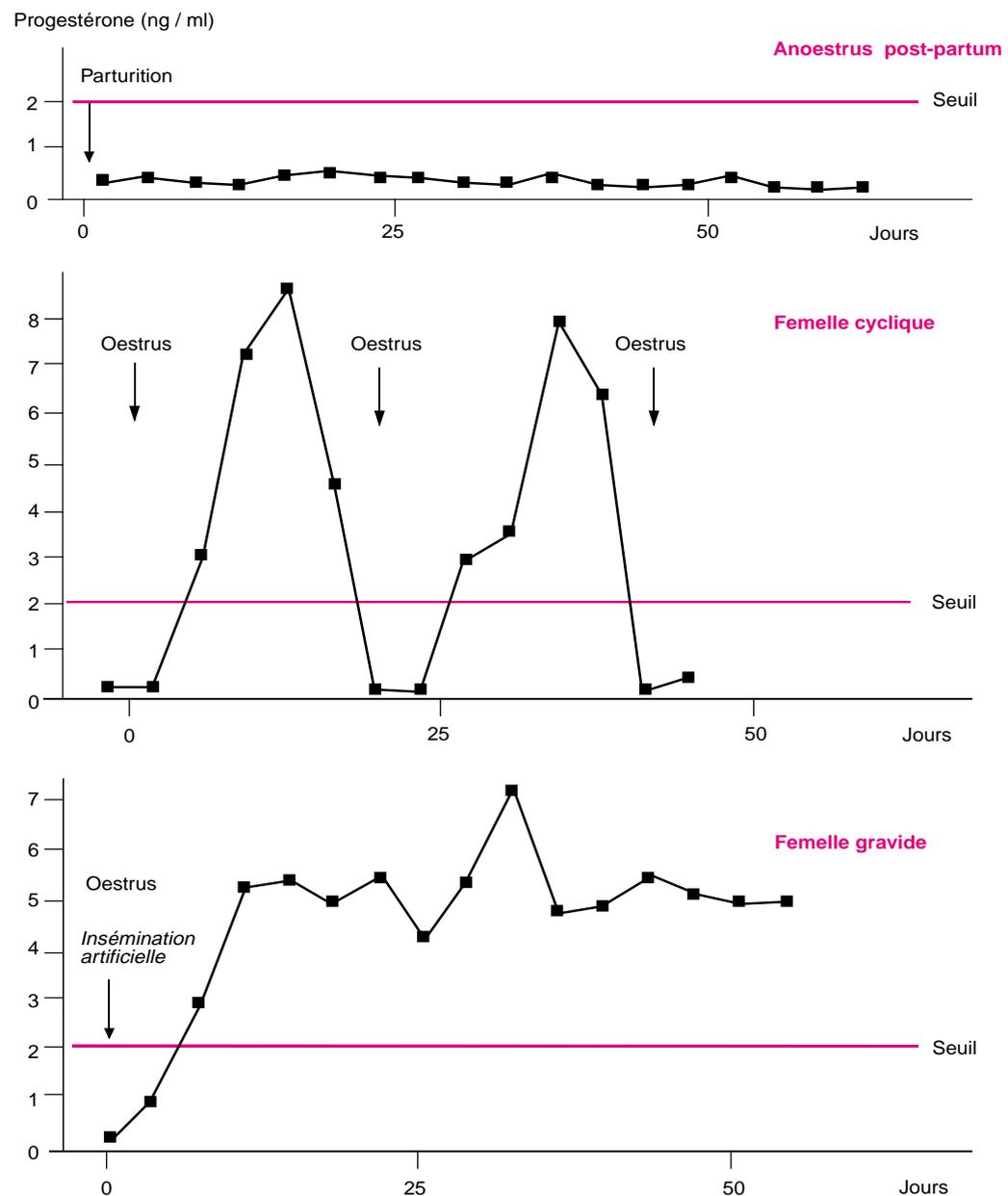
Il est également possible de proposer des règles simples pour définir le nombre de prélèvements et l'intervalle entre 2 prélèvements.

Pour différencier les femelles gravides des femelles cycliques, il faut mettre en évidence, chez ces dernières, de faibles niveaux de progestérone pendant la période péri-ovulatoire. Il en résulte que l'intervalle entre deux prélèvements doit être inférieur à la durée pendant laquelle les niveaux de progestérone sont inférieurs à un seuil donné. Un intervalle de 4 ou 5 jours est en général satisfaisant.

Deux prélèvements sont insuffisants pour différencier les femelles cycliques des femelles anovulatoires. De même, deux prélèvements peuvent être insuffisants pour discriminer femelles cycliques et femelles gravides. Jusqu'à cinq prélèvements consécutifs à 4 ou 5 jours d'intervalle peuvent être nécessaires (tableau 2).

Compte tenu de la fréquence des prélèvements, l'exactitude de la méthode est élevée, avec toutefois quelques restrictions concer-

Figure 2. Evolution des niveaux de progestérone plasmatique périphérique pendant l'anoestrus, au cours du cycle et au début de la gestation chez la vache.



nant les cycles ovulatoires de courte durée (ovins, caprins) et l'existence de corps jaunes persistants quelle que soit l'espèce chez les femelles dites « pseudo-gravidés » mais plus particulièrement chez les caprins et les équins.

1.3 / Diagnostic de non gravidité après insémination (cf tableau 1)

Un faible niveau de progestérone plasmatique périphérique environ un cycle après insémination est caractéristique d'une femelle sûrement non gravide (probabilité supérieure à 99 % : Thimonier *et al* 1977). Le prélèvement de l'échantillon peut être fait avant même un retour en oestrus chez les femelles non gravides ou, au contraire, après la date moyenne des retours : il existe une plage de plusieurs jours pendant lesquels les niveaux de progestérone sont faibles chez les femelles non gravides comme le montrent les figures 1 et 2. En revanche, si le niveau de progestérone est élevé, la femelle est présumée gravide, mais ne l'est pas obligatoirement : la durée du cycle peut être anormalement longue ou courte, des mortalités embryonnaires plus ou moins précoces peuvent intervenir, des cas de pseudo-gestation peuvent exister, la femelle a pu être inséminée en phase lutéale (erreur de détection), le moment de prélèvement est trop précoce ou trop tardif ... L'estimation du niveau de progestérone plasmatique périphérique est donc un test de non gravidité.

Si l'exactitude des diagnostics négatifs est toujours élevée, celle des diagnostics positifs est toujours plus faible puisque toutes les femelles présumées gravides ne mettront pas bas. L'exactitude (nombre de femelles mettant bas/nombre de femelles ayant des niveaux élevés de progestérone) est variable suivant les espèces. Elle doit cependant être supérieure à 70 %, voire 80 % chez les bovins, les caprins et les ovins (Thimonier 1973, Thimonier *et al* 1977). En dessous de ces valeurs, des troubles alimentaires, nutritionnels, sanitaires, et éventuellement une mauvaise détection des chaleurs pour les inséminations, doivent être suspectés.

2 / Quelques applications de ces outils : intérêts et limites

Le diagnostic de non gravidité est une des applications les plus courantes chez les petits ruminants pour lesquels le saisonnement de la reproduction est marqué (Thimonier et Mauléon 1969, Chemineau *et al* 1992). Le dosage est réalisé un cycle après insémination naturelle ou artificielle au cours d'un oestrus induit par des traitements hormonaux pendant la saison d'anoestrus. Hors ce cas, il est important de rappeler que le diagnostic précoce de non gravidité par analyse des niveaux de progestérone plasmatique ou sérique ne doit pas se substituer dans les

conditions normales d'élevage au diagnostic de non gravidité que représente la détection des chaleurs : les femelles non gravides reviennent normalement en oestrus environ un cycle après insémination. De plus, les mâles utilisés pour la détection des oestrus, lorsqu'ils sont entiers, assurent une bonne fertilité s'ils sont correctement choisis. Enfin, l'échographie est maintenant utilisée de plus en plus sur le terrain comme diagnostic précoce de gestation.

En revanche, le diagnostic précoce par estimation des niveaux de progestérone plasmatique est un excellent outil pour des actions de recherche.

L'analyse de l'activité ovulatoire par estimation des niveaux de progestérone permet de bien mettre en évidence la dissociation oestrus-ovulation (Thimonier et Mauléon 1969, Thimonier 1978) : la fréquence des ovulations non associées à un comportement d'oestrus est importante chez toutes les espèces. Il existe aussi des oestrus non associés à une ovulation (chez les caprins et les équins plus particulièrement) sans qu'il s'agisse d'une erreur de détection. Il est aussi curieux de noter que, chez les bovins, les niveaux de progestérone ne sont pas toujours faibles (< 1 ng/ml) lors des oestrus détectés par l'éleveur : dans environ 10 % des cas, les niveaux plasmatiques sont supérieurs à 1 ng/ml (Thibier et Rakotonanahary 1977) et cette proportion peut atteindre 20 % dans certains grands élevages (J. Thimonier, non publié). Dans la plupart des cas, il s'agit alors d'une mauvaise détection des oestrus.

L'analyse de l'état physiologique des femelles des différentes espèces et des différentes races, dans différentes conditions et systèmes d'élevage et à différentes périodes de l'année, a permis de préciser les traitements hormonaux les plus adéquats pour la maîtrise du moment de l'oestrus et de l'ovulation. C'est probablement pour cette raison que ces traitements ont eu et ont encore une utilisation très large en France. De la même façon, cet outil est actuellement indispensable pour la mise au point de méthodes alternatives à ces traitements hormonaux qui sont rejetés par les consommateurs.

L'analyse des niveaux de progestérone chez des femelles inséminées et présumées gravides est aussi un bon moyen de préciser les moments où la mortalité embryonnaire est la plus élevée (Humblot 1986).

Finalement, sur un plan pratique, cette méthode d'analyse s'intègre très bien dans les programmes de gestion technique et sanitaire de la reproduction qui ont été élaborés pour différentes espèces. C'est un outil utilisable aussi bien par les techniciens d'élevage que par les praticiens vétérinaires (Thibier *et al* 1982).

Il reste des précautions indispensables à observer et la méthode peut avoir des limites :

Le délai entre prélèvements et leur nombre dépendent des informations disponibles sur la conduite du troupeau.

- pour différencier, avec des prélèvements répétés, l'état de gravidité de la présence d'un ou de corps jaune(s) persistant(s). Ceci peut poser des problèmes, en particulier chez les caprins, où dans près de 50 % des troupeaux, les cas de corps jaunes persistants (pseudo-gestations), bien que généralement limités, peuvent toucher parfois plus de 5 % des femelles (Duquesnel *et al* 1992, Comité Technique du Groupe Reproduction Caprine 1999) et chez les juments à certaines périodes de l'année (Palmer et Jousset 1975) ;

- pour mettre en évidence les cycles ovulatoires de courte durée (environ 6 jours) qui sont fréquents plus particulièrement chez les ovins et les caprins avant le début d'une activité ovulatoire cyclique régulière (post-partum, début de saison sexuelle, période pubertaire). Ces cycles ne peuvent être décelés compte tenu de leur durée et des faibles niveaux de progestérone (Chemineau *et al* 1984, Lassoued *et al* 1995), même avec des prélèvements réalisés tous les 4 ou 5 jours.

Par ailleurs, des précautions doivent être prises pour éviter toute contamination des prélèvements de sang (ou de lait) par de la progestérone exogène au cours des différentes opérations (prélèvement, centrifugation, dosage ...). Manipuler de la progestérone (solution huileuse pour des injections, dispositifs permettant la libération de progestérone comme les éponges vaginales ou les spirales ...) peut entraîner la contamination des échantillons sanguins et conduire à des valeurs aberrantes.

Enfin, si le plasma et le sérum peuvent être transmis par voie postale (express) à un laboratoire d'analyses hormonales, l'envoi de sang complet, en particulier pour les bovins et, dans une moindre mesure, pour les ovins, n'est pas toujours possible (Wiseman *et al* 1982/1983), les concentrations de progestérone dans le plasma d'échantillons de sang maintenus à la température ambiante (et même à 4° C) pouvant diminuer rapidement. L'adjonction d'azide de sodium bloque cette évolution qui semble liée à la présence des érythrocytes.

3 / Méthodes de dosage

Toutes les méthodes de dosage de la progestérone plasmatique ou sérique périphérique sont utilisables.

La connaissance précise des valeurs de progestérone n'est toutefois pas indispensable. En fait, il est possible d'estimer les valeurs de progestérone par rapport à un niveau seuil (cf tableaux 1 et 2). En dessous de la valeur seuil, la femelle sera considérée comme non gravide, en période péri-ovulatoire ou en anoestrus. Au-dessus de cette valeur, la femelle sera considérée comme ayant une activité lutéale (et/ou placentaire) et donc gravide ou ayant une activité ovulatoire cyclique. Les estima-

tions de progestérone se font par comparaisons à des plasmas ayant des concentrations de progestérone correspondant à la valeur seuil (qui peut être différente suivant les espèces) et à des plasmas ayant des valeurs connues de progestérone correspondant soit à l'anoestrus, soit à la phase lutéale.

Une méthode radio-immunologique a été proposée par Terqui et Thimonier (1974) et est toujours utilisée. D'autres méthodes immuno-enzymatiques ont été développées et sont parfaitement utilisables selon les mêmes règles. Le développement de ces méthodes de dosage a pris une très grande ampleur et des «kits» permettent l'estimation de progestérone (aussi bien dans le sang, plasma ou sérum, que dans le lait) en quelques minutes, directement dans les élevages (Magnin-Brulé *et al* 1990). De ce fait, il est possible de juger immédiatement de la «qualité» de la détection des chaleurs appréciée par la présence ou l'absence de progestérone lors de l'oestrus détecté et d'inséminer uniquement les femelles en oestrus ayant des niveaux de progestérone faibles. Ainsi, il est possible non seulement d'économiser des doses de sperme de mâles de valeur génétique élevée, mais aussi d'augmenter l'efficacité de l'insémination artificielle et la fertilité du troupeau.

Conclusion

L'estimation des niveaux de progestérone plasmatique ou sérique périphérique est un outil expérimental pertinent largement utilisé dans le monde entier. Cette estimation, par un choix judicieux du nombre des prélèvements et de leur intervalle est un outil précieux pour préciser l'état physiologique des femelles, même si les cycles courts ne peuvent être détectés et si l'existence de corps jaunes persistants peut entraîner certaines confusions. Si des règles générales ont été données, des ajustements sont nécessaires pour chaque situation. Un exemple peut être donné chez la jument chez laquelle la période péri-ovulatoire avec de faibles niveaux de progestérone peut être fort longue : trois prélèvements à 4 ou 5 jours d'intervalle pour discriminer femelles anovulatoires et ovulatoires peuvent être insuffisants.

L'estimation des niveaux de progestérone dans le lait (bovins et caprins, principalement) est aussi un outil performant pour la réalisation de diagnostics de non gravidité et l'analyse de l'état physiologique des femelles. Quelques ajustements sont nécessaires pour prendre en compte les niveaux de progestérone dans le lait, leurs évolutions, les moments de prélèvements au cours de la traite et les moyens de conservation de l'échantillon si les estimations ne sont pas réalisées immédiatement (Thibier *et al* 1983).

Il reste que l'utilisation de sérum ou de plasma est d'un emploi beaucoup plus large, toutes les femelles ne produisant pas du lait tout au long de leur carrière.

Références

- Chemineau P., 1989. L'effet bouc : mode d'action et efficacité pour stimuler la reproduction des chèvres en anoestrus. *INRA Prod. Anim.*, 2, 97-104.
- Chemineau P., Poulin N., Cognié Y., 1984. Sécrétion de progestérone au cours du cycle induit par l'introduction du mâle chez la chèvre créole en anoestrus : effet de la saison. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 24, 557-561.
- Chemineau P., Daveau A., Maurice F., Delgadillo J.A., 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rum. Res.*, 8, 299-312.
- Comité technique du groupe reproduction caprine (Capria, Caprigène, Contrôle laitier, Institut de l'Élevage, INRA, UNCEIA), 1999. La pseudogestation avant la mise à la reproduction. <http://www.tours.inra.fr/tours/prmd/prmd.htm>
- Duquesnel R., Parisot D., Pirot G., Mialot J.P., Saboureaux L., Étienne P., Delaval J., Guéraud J.M., Prengere E., De Montigny G., Guerrault P., Perrin G., Humblot P., De Fontaubert Y., Chemineau P., 1992. La pseudogestation chez la chèvre. *Ann. Zootech.*, 41, 407-415.
- Humblot P., 1986. La mortalité embryonnaire chez les bovins. In : Henry-Suchet J., Mintz M. et Spira A. (eds), *Recherches récentes sur l'Epidémiologie de la Fertilité*, Société Française pour l'Etude de la Fertilité, 213-242. Masson, Paris.
- Lassoued N., Khaldi G., Cognié Y., Chemineau P., Thimonier J., 1995. Effet de la progestérone sur le taux d'ovulation et la durée du cycle ovarien induits par effet mâle chez la brebis Barbarine et la chèvre locale tunisienne. *Reprod. Nutr. Dev.*, 35, 415-426.
- Lemon M., Thimonier J., 1973. Evolution de la progestérone plasmatique pendant le cycle et la gestation chez les ruminants. In : Denamur R. et Netter A. (eds), *Colloque Société Nationale pour l'Etude de la Stérilité et de la Fécondité : «Le corps jaune»*, 51-68. Masson, Paris.
- Magnien-Brulé M., Humblot P., Thibier M., Somme G., 1990. Utilité des dosages hormonaux faits dans l'élevage en reproduction animale : cas particulier de la progestérone dans le lait de vache. *Contraception, Fertilité, Sexualité*, 18, 735-743.
- Palmer E., Jousset B., 1975. Urinary oestrogen and plasma progesterone levels in non-pregnant mares. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 23, 213-221.
- Terqui M., Thimonier J., 1974. Nouvelle méthode radioimmunologique rapide pour l'estimation du niveau de progestérone plasmatique. Application pour le diagnostic précoce de gestation chez la brebis et la chèvre. *C.R. Acad. Sc., Paris, Série D*, 279, 1109-1112.
- Thibier M., Rakotonanahary A., 1977. Concentrations de progestérone plasmatique lors de l'insémination artificielle et taux de fertilité chez la vache laitière. *Elevage et Insémination*, 159, 3-10.
- Thibier M., Humblot P., Ghozlane F., Attonaty J.M., 1982. Programme d'action vétérinaire intégrée de reproduction et micro-informatique. *Proc. XIIIth World Congress on Diseases of Cattle, Amsterdam, 7-10 Sept.*, 1, 702-706.
- Thibier M., Humblot P., Jeanguyot N., Abdelmalak G., Aguayo A.M., Bordi M., Andriamanga S., Sabne K., Silva Mena C., 1983. Les dosages hormonaux. *Elevage et Insémination*, 195, 3-10.
- Thimonier J., 1973. Diagnostic précoce de gestation par l'estimation du taux de progestérone plasmatique chez la brebis, la vache et la jument. *Rec. Méd. Vét.*, 149, 1303-1318.
- Thimonier J., 1978. L'activité ovarienne chez les bovins. Moyens d'étude et facteurs de variations. *Ann. Méd. Vét.*, 122, 81-92.
- Thimonier J., Mauléon P., 1969. Variations saisonnières du comportement d'oestrus et des activités ovarienne et hypophysaire chez les ovins. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 9, 233-250.
- Thimonier J., Bosc M., Djiane J., Martal J., Terqui M., 1977. Hormonal diagnosis of pregnancy and number of fetuses in sheep and goats. In «Management of Reproduction in Sheep and Goats Symposium», University of Wisconsin, Madison, July 24-25, 79-88.
- Thimonier J., Cognié Y., Lassoued N., Khaldi G., 2000. L'effet mâle chez les ovins : une technique actuelle de maîtrise de la reproduction. *INRA Prod. Anim.*, sous presse.
- Wiseman B.S., Vincent D.L., Thomford P.J., Scheffrahn N.S., Sargent G.F., Kesler D.J., 1982/1983. Changes in porcine, ovine, bovine and equine blood progesterone concentrations between collection and centrifugation. *Anim. Reprod. Sci.*, 5, 157-165.
- Yenikoyé A., Mariana J.C., Ley J.C., Jolivet E., Terqui M., Lemon-Resplandy M., 1981. Modèle mathématique de l'évolution de progestérone chez la vache : application et mise en évidence de différence entre races. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 21, 561-575.

Abstract

Progesterone level analysis for the determination of the physiological status of female farm animals.

The physiological status (anovulatory anoestrus, ovulatory cycles, pregnancy) of females of the main species of farm animals can easily be defined by analysis of progesterone in blood (or milk) samples. Simple rules are given to determine the number of samples which are necessary and the interval between 2 consecutive samples according to the information available on the management of the female or the group of females (herd, flock). These rules have to be adjusted to each species (bovine, caprine, equine, ovine, ...). The limits of this methodology are also mentioned.

The methodology described is useful to ameliorate the management of the herds or flocks. However, it can

not be a substitute to the detection of oestrus which is the main tool of a breeder. The method has been and is still a relevant implement for field research (in the past, adaptation of hormonal treatments for the control of oestrus and ovulation to the physiological status of females ; today and in the future, development of new and alternative methods to these hormonal treatments).

The development of «on farm kits for progesterone assay» offers new possibilities for these field experiments or the management of reproduction of farm animal females.

THIMONIER J., 2000. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone. *INRA Prod. Anim.*, 13, 177-183.