

Evaluation d'un collier accéléromètre pour la détection automatisée des chaleurs induites par traitement hormonal chez des chèvres Alpines désaisonnées et en bâtiment

FRERET S. (1), TALBOT J. (2), FATET A. (1, 3), BOISSARD K. (3), RANGER B. (3), BRUNETEAU E. (3), BOISSEAU C. (3), LAINE A.-L. (1), BORDERES F. (3), DESMARCHAIS A. (1), CAILLAT H. (3), DEWEZ J. (4), JOHNSON L. (5), PELLICER-RUBIO M.-T. (1)

(1) INRA Centre Val de Loire, UMR85 PRC Physiologie de la Reproduction et des Comportements, 37380 Nouzilly, France

(2) 119 grande rue de la Résistance, 10110 Bar-Sur-Seine, France

(3) INRA Centre Poitou-Charentes, UE1373 FERLUS, 86600 Lusignan, France

(4) Evolution NT, Service R et D, 406 Rue de Normandie 53100 Mayenne, France

(5) Géoé, 54 Grande Rue 79270 Saint-Symphorien, France

RESUME

Nous avons évalué l'utilisation d'un collier accéléromètre (Heatime[®], outil de détection automatisée des chaleurs développé pour l'espèce bovine) pour détecter les chaleurs chez la chèvre. L'outil a été testé pendant l'œstrus saisonnier chez des chèvres ayant subi un traitement photopériodique de désaisonnement. Après induction et synchronisation hormonale de l'œstrus, les données d'activité mesurées par Heatime[®] sur 40 chèvres alpines ont été confrontées aux profils hormonaux et 2 seuils de suractivité ont été testés : 85 % et 62 % (sensibilité) des chaleurs synchronisées ont été détectées avec des valeurs prédictives positives (VPP) respectives de 92 % et 100 % pour les seuils bas et haut. Après insémination artificielle (IA), seuls 31 % et 8 % des retours en chaleurs potentiels ont été détectés avec des VPP respectives de 80 % et 100 % pour les seuils bas et haut. Des observations comportementales en continu (vidéo) sur 10 chèvres ont permis de confirmer les chaleurs et d'affiner le seuil d'alerte à utiliser. Pour les chaleurs synchronisées, au seuil bas, la prise en compte du nombre d'alertes (≥ 2) permet d'améliorer la VPP (de 92 à 100 %) en gardant la même sensibilité (85 %). Le détecteur a donc montré une réelle efficacité de détection des chaleurs induites par traitement hormonal. Mais la détection a été faible pour les retours en chaleurs. Il sera nécessaire d'adapter les conditions d'utilisation sur les chaleurs induites par effet mâle, moins synchrones, pour faciliter la mise en place de l'IA.

Assessment of automated activity monitoring collars for oestrus (induced by hormonal treatment) detection in Alpine goats bred out-of-season and reared indoors

FRERET S. (1), TALBOT J. (2), FATET A. (1, 3), BOISSARD K. (3), RANGER B. (3), BRUNETEAU E. (3), BOISSEAU C. (3), LAINE A.-L. (1), BORDERES F. (3), DESMARCHAIS A. (1), CAILLAT H. (3), DEWEZ J. (4), JOHNSON L. (5), PELLICER-RUBIO M.-T. (1)

(1) INRA Centre Val de Loire, UMR85 PRC Physiologie de la Reproduction et des Comportements, 37380 Nouzilly, France

SUMMARY

We assessed the accuracy of automated activity monitoring collars (Heatime[®], heat detection device initially developed in cattle) for heat detection in goats. The device was assessed in goats bred out-of-season after a photoperiodic treatment. After hormonal induction and synchronization of oestrus, activity data recorded in 40 Alpine does by Heatime[®] were compared to their hormonal profiles. Two activity thresholds were assessed: 85% and 62% (efficiency) synchronized heats were detected with an accuracy of 92 % and 100 % respectively for the lower and higher thresholds. After artificial insemination (AI), only 31% and 8% of return to heat were detected with an accuracy of 80% and 100 % respectively for the lower and higher thresholds. Continuous behavior observations (video) on 10 goats confirmed heats and helped refine the alert threshold. For synchronized heats, when using the lower threshold, accuracy can be improved from 92% to 100% by taking into account the number of alerts (≥ 2) while maintaining the same efficiency (85%). Thus the device proved its effectiveness in detecting heats induced by hormonal treatment. But detection of return to heat was weak. Further adjustments of using conditions are required to allow the use of the device for detecting heats induced by the male effect, which are less synchronous, in order to help planning AI.

INTRODUCTION

L'effet bouc permet d'induire des ovulations groupées en dehors de la saison sexuelle chez des chèvres anovulatoires. Mais la détection des chaleurs induites par effet bouc est nécessaire si l'on souhaite pratiquer l'insémination artificielle (IA) des femelles (par exemple en Agriculture Biologique, qui interdit l'utilisation des traitements hormonaux d'induction et de synchronisation). En effet, la moindre synchronisation des ovulations fertiles induites par effet bouc (de l'ordre de 48 h chez la chèvre, Pellicer *et al.*, 2009) par rapport à celles induites par un traitement hormonal (de l'ordre de 12-24 h chez la chèvre, Leboeuf *et al.*, 2003) ne permet pas d'inséminer les chèvres à heure fixe après la fin du traitement. Or la détection des chaleurs nécessite un travail important, car réalisée

visuellement par l'éleveur sur la base de l'observation des approches et des chevauchements des femelles par les mâles, ou des marques de chevauchements faites sur les femelles par des mâles équipés de harnais munis de crayons marqueurs. Pour faciliter cette détection, il pourrait être intéressant de recourir à des outils de détection automatisée, à l'instar de ce qui est pratiqué dans l'espèce bovine. Dans ce cadre, nous avons travaillé en 1^{ère} approche sur chaleurs induites par traitement hormonal (conditions de synchronisation favorables), afin d'évaluer voire d'optimiser l'utilisation d'un collier accéléromètre (Heatime[®], développé et commercialisé pour l'espèce bovine) pour détecter les chaleurs chez la chèvre.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET CONDUITE DE LA REPRODUCTION DES CHEVRES

L'étude a été menée en 2013 chez 40 chèvres de race Alpine de la plateforme PATUCHEV de l'INRA UE FERLus (lot désaisonné mené en bâtiment, chèvres traitées 2 fois/j). Après un traitement photopériodique (jours longs artificiels du 14/01 au 14/04/2013, puis jours naturels avec implants sous-cutanés de mélatonine (Melovine®, CEVA Santé Animale), à partir du 15/04/2013), les chèvres ont reçu un traitement hormonal (TH) d'induction et de synchronisation des ovulations : éponge vaginale imprégnée de 45 mg d'acétate de flugestone (Syncro-Part®, CEVA Santé Animale) posée pendant 12 j, injection par voie IM de 50 µg de cloprosténol (analogue de la prostaglandine F2alpha, Estrumate®, MSD Santé Animale) et de 500 UI de PMSG (Synchro-part® PMSG, CEVA Santé Animale) 48 h avant le retrait de l'éponge. L'IA a été réalisée 43 h après le retrait de l'éponge.

Pour 36 chèvres, les éponges ont été posées le 17/05/2013, retirées le 29/05 (= J0) et l'IA réalisée le 31/05/2013 (= J2).

Afin de « rattraper » les échecs de gestation après IA, 3 boucs ont été introduits (= J20) 3 jours avant la date théorique des retours en chaleurs (= J23). Pour 4 chèvres utilisées comme témoins négatifs, les éponges ont été posées avec une semaine de décalage, soit le 25/05, pour des IA réalisées le 07/06 (J9) : elles étaient donc sous traitement progestatif (bloquant la venue en chaleurs) pendant la phase de chaleurs des 36 autres chèvres.

Le dispositif expérimental est schématisé dans la figure 1. Deux périodes d'intérêt ont été définies. La **période 1** a permis d'étudier les venues en chaleurs après traitement hormonal (n=36) avec 4 chèvres témoins négatifs. La **période 2** a permis d'étudier les retours en chaleurs des chèvres non gestantes après IA, les chèvres gestantes étant alors également des témoins négatifs (n'exprimant pas de chaleurs).

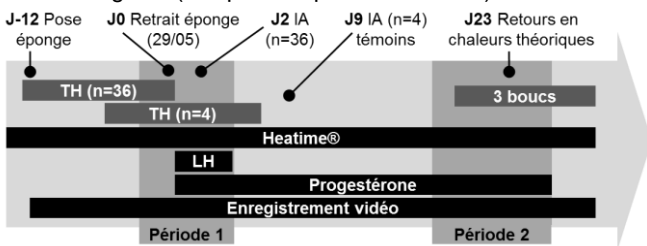


Figure 1 : Protocole expérimental (TH : traitement hormonal, LH : dosage dans le lait, progestérone : dosage plasmatique).

1.2. SUIVI ENDOCRINIEN ET REPONSE OVULATOIRE

La réponse ovulatoire des chèvres après traitement hormonal a été évaluée par dosage de la progestérone (P4) plasmatique dans des échantillons de sang prélevés 1 fois/j de J0 (retrait de l'éponge) à J26. Le moment de l'ovulation pendant la période 1 a été estimé par l'apparition du pic pré-ovulatoire de LH (hormone lutéinisante) dans des échantillons de lait prélevés 2 fois/jour à la traite de J0 matin à J3 soir). Les dosages immuno-enzymatiques (ELISA) ont été faits à l'UMR PRC (INRA Nouzilly), selon la méthode décrite par Canépa *et al.* (2008) pour P4, et avec les kits LH Detect® pour caprins (ReproPharm, France). Pour chaque chèvre, les ovulations ont été déterminées sur la base du profil journalier de P4 et de la détection ou non d'un pic pré-ovulatoire de LH.

Deux profils individuels représentatifs permettent d'illustrer la méthodologie de repérage des phases ovulatoires, et donc des chaleurs potentiellement détectables en périodes 1 et 2 (figure 2) : en (a), la chèvre (parmi n=36) a ovulé après traitement hormonal (observation d'un pic de LH et P4 élevée (≥ 1 ng/ml) à partir de J4) = œstrus potentiel en période 1, elle a été inséminée à J2 mais a présenté un échec de gestation après IA (P4 basse au moment des retours attendus) = œstrus potentiel en période 2. En (b), la chèvre témoin négatif (parmi n=4) était sous traitement progestatif en période 1 (= pas

d'œstrus), a ovulé de façon décalée (P4 élevée à partir de J11), a été inséminée à J9 et a présenté une P4 toujours élevée en période 2 (= pas d'œstrus). Pour chaque période, les chèvres ayant ovulé suite au traitement hormonal ou lors d'un retour en chaleurs (= Ovul) et les chèvres n'ayant pas ovulé (= Non ovul) ont été identifiées.

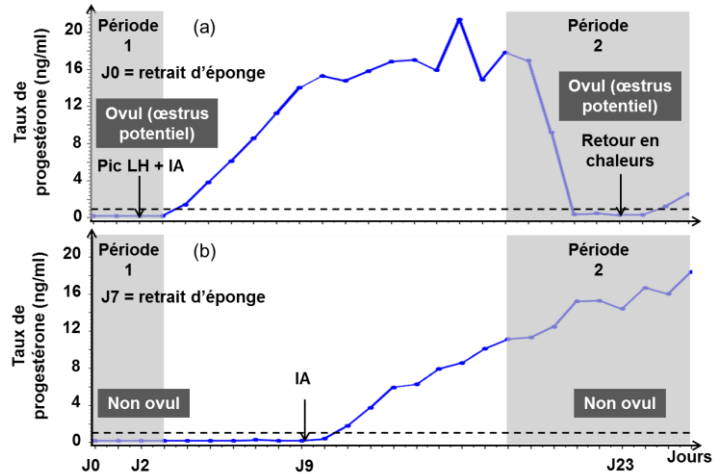


Figure 2 : Détermination de la réponse ovulatoire des chèvres, exemple de 2 profils individuels : (a) chèvre avec chaleurs potentiellement détectables en périodes 1 et 2, (b) chèvre témoin négatif sans œstrus en périodes 1 et 2.

1.3. SUIVI D'ACTIVITE

Les 40 chèvres ont été équipées à partir du 29/04/2013 (environ 3 semaines avant le TH) de colliers Heatime® (avec capteurs de mouvement de type accéléromètres, SCR Engineers Ltd.), dont le principe de fonctionnement a été décrit par Philippot *et al.* (2010). Les colliers mesurent en continu l'activité des chèvres (valeur brute d'activité calculée par période de 2 heures). Des antennes réceptionnent les données d'activité stockées dans les colliers à chaque fois que les femelles passent à proximité, et les transmettent à l'unité centrale, qui traite les données (algorithme « constructeur », non modifié par rapport aux bovins), affiche les courbes d'activité des chèvres (avec un recul sur 60 j) et déclenche une alerte (sonore et lumineuse) si le niveau d'activité dépasse un seuil déterminé. La mesure d'activité a été réalisée en continu avec Heatime® : avant/pendant le traitement hormonal (indication du niveau d'activité « basal » des chèvres) puis après le retrait de l'éponge (J0, début de la détection des chaleurs) et jusqu'à J25.

Pour chaque chèvre, l'extraction à partir de la base de données sauvegardée dans l'unité centrale Heatime® a permis de récupérer l'activité brute par période de 2h, et l'activité standardisée par l'algorithme (exprimée en valeurs centrées, n=38, données manquantes pour 2 chèvres en raison d'une panne de détecteur) : l'activité moyenne de la femelle sur les 8 dernières heures est comparée à son activité moyenne sur les 10 derniers jours et à l'activité moyenne du lot de femelles équipées.

L'analyse descriptive a été faite sur les valeurs d'activité standardisées, en utilisant le logiciel SAS® (SAS Institute), afin de définir un ou des seuil(s) de suractivité adapté(s) aux chèvres. Afin de juger de l'efficacité de Heatime®, les détections au(x) seuil(s) testé(s) ont été mises en relation avec les profils hormonaux (méthode de référence). Les fréquences de VP (vrai positif = « vraie » détection au vu du profil hormonal), FP (faux positif = détection à tort), VN (vrai négatif = absence de détection à raison) et FN (faux négatif = chaleur potentielle au vu du profil hormonal, mais non détectée) ont été déterminées, ce qui a permis de calculer la sensibilité (Se = VP / (VP + FN), taux de détection), la spécificité (Sp = VN / (VN + FP)), la valeur prédictive positive (VPP = VP / (VP + FP)) et la valeur prédictive négative (VPN = VN / (VN + FN)) pour chaque seuil et chaque période étudiés.

1.4. SUIVI COMPORTEMENTAL

Des enregistrements vidéo ont été réalisés en continu (3 caméras filmant 24 h/24 et dont les angles de prise de vue couvraient l'ensemble du lot) pendant toute la période de protocole afin de permettre une étude fine du comportement individuel de 10 chèvres, dont une chèvre témoin négatif (identifiées sur les flancs par un marquage à la peinture), en dehors et pendant la période de chaleurs.

Pendant la phase diurne (de 6 h à 22 h), le logiciel The Observer® (Noldus) a été utilisé pour encoder tous les enregistrements vidéo selon un éthogramme préalablement défini. Les comportements individuels observés sur les 10 chèvres identifiées ont été : les comportements sexuels (chevauchements initiés, chevauchements reçus acceptés, chevauchements reçus refusés, flairages ou léchages sexuels initiés et reçus), des comportements sociaux d'affinité (frottements) ou agonistiques (agressions, évitements, luttes, menaces) et d'autres comportements (couchers, levers, frétilllements de queue, mictions, coups de patte).

Durant la phase nocturne (de 22 h à 6 h), bien que les caméras disposent d'un dispositif infra-rouge, la qualité des images ne permettait pas d'identifier de façon certaine les chèvres marquées. De ce fait, l'observation comportementale a été réalisée au niveau du lot, par le comptage toutes les 15 mn des chèvres en position debout.

Les fréquences de comportements ont été comparées à un jour donné entre les chèvres ayant ovulé (exprimé des chaleurs potentielles) en période 1 suite au traitement hormonal (Ovul, n=6) ou n'ayant pas ovulé (Non ovul, n=4 incluant 1 chèvre témoin négatif et 3 chèvres ayant ovulé tardivement, après la fin de la période 1) par le test de Wilcoxon. Les fréquences de comportements ont été comparées entre jours par le test de Friedman (comparaison 2 à 2 avec le test de Wilcoxon, en divisant le seuil de significativité $p=0,05$ par le nombre de comparaisons).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. DEFINIR DES SEUILS DE SURACTIVITE

Le niveau d'activité des chèvres est illustré de J-1 à J25 dans la figure 3. Le niveau d'activité médian oscille autour de 0 avec un écart interquartile souvent inférieur à 10 unités. Au moment des périodes d'intérêt (venues en chaleurs correspondant aux IA de J2 et J9 (témoins), retours en chaleurs), le niveau maximum d'activité dépasse 80 unités : Heatime® a donc détecté des suractivités au moment des venues en chaleur potentielles.

Le niveau maximum d'activité enregistré à J2 (IA) est illustré pour chaque chèvre dans la figure 4 : il a dépassé 80 unités pour 16/38 chèvres, a été compris entre 50 et 80 unités pour 8/38 chèvres, et a toujours été inférieur à 30 unités pour les 4 chèvres témoins. Nous avons donc choisi d'évaluer Heatime® en fonction de 2 seuils d'alerte de suractivité : un seuil « bas » à 50 unités et un seuil « haut » à 80 unités.

2.2. EVALUER L'EFFICACITE DE LA DETECTION DES CHALEURS AVEC HEATIME®

Les performances de Heatime® ont été évaluées en périodes 1 et 2, en fonction des 2 seuils définis précédemment (tableau 1). **En période 1** (chaleurs induites par TH), 85 % des chèvres sont détectées (sensibilité) avec une VPP de 92 % au seuil bas, et seulement 62 % des chèvres sont détectées avec une VPP de 100 % au seuil haut.

Avec le seuil d'alerte bas, Heatime® détecte davantage de chèvres en chaleurs, mais avec un risque de fausses alertes (spécificité de 83 %). Avec le seuil d'alerte haut, il n'y a pas de fausse alerte (spécificité de 100 %), au risque d'augmenter le nombre de chèvres en chaleurs non détectées. L'efficacité de Heatime® au seuil de suractivité de 50 unités est très proche des performances obtenues chez des vaches laitières (taux de détection 76 %, précision 93 %, n=41, Philipot *et al.*, 2010). **En période 2** (retours en chaleurs, moindre synchronisation), le

taux de détection (Se) est fortement diminué aux 2 seuils considérés.

La faible efficacité de Heatime® lors des retours pourrait être expliquée par une moindre expression des chaleurs lorsqu'il y a peu de chèvres en chaleurs simultanément (Hurnik *et al.*, 1975). En outre, il faut noter que des ovulations silencieuses ont pu avoir lieu en période de retours. Ceci pourrait être le cas des 5 chèvres jamais détectés par Heatime®, car n'ayant pas répondu au TH en période 1 mais ayant ovulé tardivement en période 2. Ces ovulations tardives et silencieuses pourraient être la conséquence d'une reprise d'activité sexuelle stimulée par le traitement photopériodique ; en effet, des ovulations silencieuses peuvent être observées au démarrage de la saison sexuelle (Thibier *et al.*, 1981).

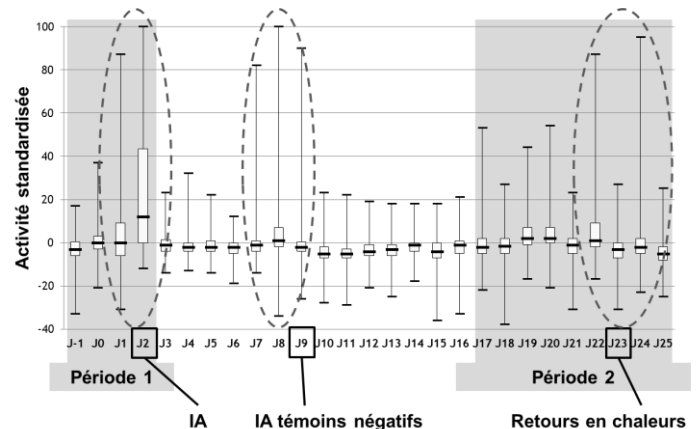


Figure 3 : Niveau d'activité (médiane ± IQ) des chèvres (n=38) de J-1 à J25 (valeurs d'activité standardisées extraites de l'unité centrale de Heatime®, unité « constructeur »)

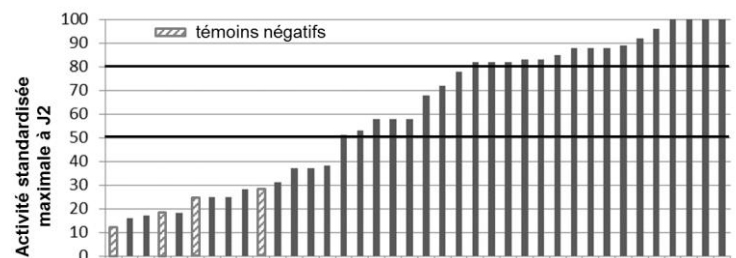


Figure 4 : Niveau maximum d'activité/chèvre (n=38) à J2 (IA)

Tableau 1 : Evaluation de Heatime® en périodes 1 (chaleurs après TH, 26/38 chèvres ont ovulé) et 2 (retours, 13/34 chèvres ont ovulé) en fonction des 2 seuils de suractivité

| | Période 1 (n=38) | | Période 2 (n=34) | |
|----------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | 50 unités | 80 unités | 50 unités | 80 unités |
| Se (%) | 85 (22/26) | 62 (16/26) | 31 (4/13) | 8 (1/13) |
| Sp (%) | 83 (10/12) | 100 (12/12) | 95 (20/21) | 100 (21/21) |
| VPP (%) | 92 (22/24) | 100 (16/16) | 80 (4/5) | 100 (1/1) |
| VPN (%) | 71 (10/14) | 55 (12/22) | 69 (20/29) | 64 (21/33) |

2.3. CARACTERISER LE COMPORTEMENT D'OESTRUS

Les comportements observés pendant la phase diurne de J-1 à J3 sont détaillés dans le tableau 2. Tous les chevauchements (initiés, reçus) ont été exprimés uniquement à J2, et essentiellement chez le groupe Ovul (l'acceptation de chevauchement est spécifique de l'oestrus). Il en a été de même pour les coups de patte, qui sont plutôt rapportés comme des comportements de cour chez le bouc (Fabre-Nys, 2000). Les signes sexuels discrets (flairages et léchages sexuels) sont observés plus fréquemment chez le groupe Ovul de J0 à J3, et sont en très nette augmentation à J2 par rapport aux autres jours. A J2, les frétilllements de queue sont plus fréquents chez le groupe Ovul. L'augmentation de fréquence

de ces comportements est spécifique de l'œstrus chez la chèvre (Fabre-Nys, 2000). Enfin, aucune différence n'a été observée pour les fréquences de changements de position, de miction (contrairement à la littérature, Fabre-Nys, 2000) et de comportements sociaux.

Les observations en phase nocturne ont montré que le nombre moyen de chèvres en position debout par phase de 15 mn a augmenté significativement lors de la nuit de J1 à J2, par rapport aux autres nuits (non illustré). En outre, de nombreux chevauchements, flairages et léchages sexuels, interactions entre chèvres et frétilllements de queue ont été observés (sans dénombrement précis).

2.4. UTILISER LES DONNEES COMPORTEMENTALES POUR AMELIORER LES CRITERES DE DETECTION AVEC HEATIME®

Les observations comportementales ont été mises en relation avec les profils hormonaux et les données d'activité (tableau 3), afin de confirmer les chaleurs détectées par Heatime® en période 1 et d'affiner le choix du seuil de détection à utiliser.

Globalement, l'observation des comportements spécifiques de l'œstrus à J2 est en accord avec le profil hormonal et la détection ou non par Heatime®. Les chèvres 3, 4, 0 et 2 n'ont pas ovulé en période 1 et n'ont globalement pas présenté de signe d'œstrus (sauf une augmentation des chevauchements reçus pour 3 et 0). Cependant, les chèvres 0 et 2 ont été détectées par Heatime® (fausses alertes), mais ponctuellement (une seule alerte) et uniquement au seuil de 50 unités. Les 6 autres chèvres ont ovulé, ont présenté des signes nets d'œstrus, ont toutes été détectées par Heatime® au seuil de 50 unités (mais avec un minimum de 2 alertes) et quasiment toutes (5/6) au seuil de 80 unités. En appliquant une règle de décision (chaleur détectée uniquement si le seuil de 50 unités est dépassé au moins 2 fois = 2 alertes de suractivité) et en recalculant les performances de Heatime® en période 1 (n=38) : la Se n'est pas modifiée (85 %) mais la VPP passe de 92 % à 100 %.

CONCLUSION

Le dispositif Heatime® a montré une réelle efficacité de détection des chaleurs induites par traitement hormonal chez la chèvre : 85 % et 62 % (sensibilité) des chaleurs synchronisées ont été détectées avec des VPP respectives de 92 % et 100 % pour les seuils bas (50 unités) et haut (80 unités). Les observations comportementales ont permis d'optimiser le choix du seuil d'alerte de suractivité à utiliser pour les chaleurs synchronisées : au seuil bas, la prise en compte du nombre d'alertes (≥ 2) permet d'améliorer la VPP (de 92 à 100 %) en gardant la même sensibilité (85 %). La prochaine étape de ce travail sera d'adapter les conditions d'utilisation du dispositif pour détecter efficacement les chaleurs induites par effet mâle.

Cette étude a été financée par le CASDAR (projet REPROBIO, convention AAP n°1286, 2013-2015), l'INRA et Evolution NT. Elle a fait l'objet du mémoire de fin d'études d'ingénieur VetAgro Sup de J. Talbot. Nous remercions le Laboratoire Dosages Hormonaux de l'UMR PRC et les équipes Ferticap et Patuchev de l'UE FERLUS.

Canépa S., Lainé A.L., Bluteau A., Fagu C., Flon C., Monniaux D., 2008. Cah. Tech. INRA, 64, 19-30.

Fabre-Nys C., 2000. INRA Prod. Anim., 13 (1), 11-23.

Hurnik J., King G., Robertson H., 1975. Applied Animal Ethology, 2 (1), 55-68.

Leboeuf B., Forgerit Y., Bernelas D., Pournard J.L., Senty E., Driancourt M.A., 2003. Theriogenology 60, 1371-1378.

Pellicier-Rubio M.T., Ferchaud S., Freret S., Tournadre H., Fatet A. et al., 2009. INRA Prod. Anim., 22 (3), 255-270.

Philipot J.M., Krauss D., Trou G., Ponsart C. et al., 2010. Rencontres Recherches Ruminants, 17, 137-140.

Thibier M., Pothélet D., Jeanguyot N., De Montigny G., 1981. Journal of Dairy Science, 64, 513-519.

Tableau 2 : Fréquence des comportements par jour et groupe de chèvres (a vs b vs c : différence significative entre 2 jours, pour un groupe donné (test de Wilcoxon), * : différence significative entre groupes pour un jour donné (test de Wilcoxon) - sans différence entre groupes, les données sont regroupées, NS : non significatif)

| Comportements | | Groupe | Fréquence médiane des comportements exprimés entre 6 h et 22 h (période 1) | | | | Test de Friedman (effet jour) |
|---------------|-------------------------|-----------------|--|----------|------------|-----------|-------------------------------|
| | | | J-1 | J0 | J2 (IA) | J3 | |
| Sexuels | Chevauchements | Ovul (n=6) | 0 (a) | 0 (a) | 22* (b) | 0 (a) | p < 0,0001 |
| | | Non ovul (n=4) | 0 | 0 | 2 | 0 | NS |
| | Sexuels discrets | Ovul (n=6) | 0,5 (a) | 1,5* (a) | 117,5* (b) | 17,5* (c) | p < 0,0001 |
| | | Non ovul (n=4) | 1 (a) | 0 (a) | 13,5 (a) | 5,5 (a) | p = 0,0009 |
| Autres | Frétilllements de queue | Ovul (n=6) | 195 (a) | 194 (a) | 723* (a) | 432 (a) | p = 0,0057 |
| | | Non ovul (n=4) | 318 (a) | 189 (a) | 224 (a) | 943 (a) | p = 0,0009 |
| | Coups de patte | Ovul (n=6) | 0 (a) | 0 (a) | 4* (b) | 0 (a) | p < 0,0001 |
| | | Non ovul (n=4) | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| | Couchers, levers | Ovul + Non ovul | 18,5 | 11,5 | 17,5 | 22,5 | NS |
| | Miction | Ovul + Non ovul | 8,5 | 10,5 | 8,5 | 10,5 | NS |
| Sociaux | Affinité | Ovul + Non ovul | 6,5 | 14,5 | 8 | 5 | NS |
| | Agonistiques | Ovul + Non ovul | 15,5 | 29 | 22 | 12 | NS |

Tableau 3 : Relations entre réponse ovulatoire, suractivité détectée par Heatime® et comportements observés (en période 1)

| | ovulation période 1 | seuil 50 unités | | seuil 80 unités | | Comportements à J2 (IA) entre 6 h et 22 h | | |
|----------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---|--------------------------------------|----------------------------|
| | | Détection suractivité | Durée (nb d'alertes) | Détection suractivité | Durée (nb d'alertes) | acceptations de chevauchement | chevauch ^{ts} initiés/reçus | frétilllements de la queue |
| chèvre 3 | non | non | - | non | - | non | ☐ | ☐ |
| chèvre 4 | non | non | - | non | - | non | = | ☐ |
| chèvre 0 | non | oui | 2 h (1) | non | - | non | ☐ | ☐ |
| chèvre 2 | non | oui | 2 h (1) | non | - | non | = | ☐ |
| chèvre 1 | oui | oui | 16 h (8) | oui | 10 h (5) | non | ☐ | ☐ |
| chèvre 5 | oui | oui | 4 h (2) | oui | 2 h (1) | non | ☐ | ☐ |
| chèvre 6 | oui | oui | 8 h (4) | oui | 4 h (2) | oui | ☐ | ☐ |
| chèvre 7 | oui | oui | 18 h (9) | oui | 6 h (3) | oui | ☐ | ☐ |
| chèvre 8 | oui | oui | 8 h (4) | oui | 8 h (4) | oui | ☐ | ☐ |
| chèvre 9 | oui | oui | 30 h (15) | non | - | oui | ☐ | ☐ |