



Ferme Expérimentale de Derval (CA de Loire Atlantique)
Institut de l'Élevage
UNCEIA
SCR

UTILISATION DE L'ENREGISTREMENT DE L'ACTIVITE PHYSIQUE COMME AIDE A LA DETECTION DES CHALEURS DANS UN TROUPEAU DE VACHES LAITIERES

Pierre PACCARD, Carlos LOPEZ (Institut de l'Élevage)

Thomas HUNEAU (Ferme de Derval, CA 44)

Claire PONSART, Julie GATIEN (UNCEIA)

Andrea CONIGLIARO (Milkline)

Avec la collaboration technique de
Bruno LE DANOIS et Jérôme FARBOS
(Ferme de Derval, CA 44)

Sommaire

Résumé

1- Introduction	1
2- Matériel et méthodes	2
21. Le troupeau	2
22. Les observations et mesures	2
23. L'analyse des données	3
3- Résultats et discussion	4
31. Les données d'activité	4
32. Les phases d'inactivité ovarienne	5
33. La sensibilité de la détection	5
34. La spécificité de la détection	6
35. Les valeurs prédictives	7
32. La chronologie de l'observation et des alertes	8
4- Conclusion	9
Références bibliographiques	10
Annexes	

Résumé

Cette observation s'est déroulée sur le troupeau de la ferme expérimentale de la Chambre d'Agriculture de Loire Atlantique à Derval, de fin janvier à fin avril 2008.

Durant cette période, les vaches étaient équipées d'un appareil d'enregistrement de l'activité physique (Heatime® de la société SCR). Lorsque le niveau d'activité dépasse un seuil, une alerte est signalée. Cette information était lue deux fois par jour à la sortie de la salle de traite. Les vachers n'ont pas eu connaissance des données de l'appareil et ont observé et noté les chaleurs selon leur pratique habituelle. Des dosages de progestérone dans le lait ont été réalisés trois fois par semaine de façon à connaître l'activité ovarienne et déterminer les phases ovulatoires.

En dehors des périodes de chaleurs, l'activité relevée à la traite du soir est supérieure à celle observée le matin. Pendant les phases ovulatoires l'activité est très nettement augmentée, mais la variabilité entre vaches est élevée. L'augmentation d'activité commence à la traite la plus proche de l'observation des signes comportementaux, mais est maximale aux deux traites suivantes.

Sur l'ensemble des 107 phases ovulatoires, le taux de détection est de 61,1 % pour l'observation visuelle et de 65,8 % pour l'appareil Heatime®. Il passe à respectivement 70,2 % et 72,3 % quand on élimine les premières phases ovulatoires après vêlage et celles suivies d'une phase lutéale courte.

Aucune chaleur n'a été détectée visuellement en dehors des phases ovulatoires. La spécificité de la détection par l'appareil est de 82,8 %. Des alertes sont signalées sur des vaches en milieu de cycle ou pendant le début de la gestation, avec des niveaux d'activité relativement bas, mais que l'on observe aussi en phase ovulatoire. De même, des augmentations d'activité apparaissent pendant des périodes d'inactivité ovarienne. Dans tous ces cas, il s'agit sans doute de manifestations liées à une croissance folliculaire, mais sans ovulation.

Les changements dans la conduite du troupeau, comme un rythme irrégulier des sorties au pâturage en cas de conditions météorologiques aléatoires, semblent perturber l'étalonnage de l'appareil. Les alertes signalées à ces moments sont à interpréter avec précaution.

Avec deux relevés d'informations par jour, le début des chaleurs n'est pas connu avec précision et ne modifie pas les règles de décision d'insémination par rapport à l'observation visuelle.

1- Introduction

La reproduction reste une préoccupation importante pour beaucoup d'éleveurs laitiers. Des performances inférieures aux objectifs fixés ont des répercussions pratiques sur la conduite des troupeaux et génèrent des pertes économiques plus ou moins importantes selon les situations (Seegers, 2003 ; Seegers et al., 2005).

L'analyse des données nationales d'insémination montre que les résultats de reproduction se sont dégradés de façon régulière depuis plusieurs années, avec cependant des différences entre les races (Le Mézec et Barbat, 2007). La fertilité (réussite à l'insémination) est le critère le plus affecté, mais la fécondité se détériore également.

La qualité de la détection des chaleurs peut avoir un impact sur plusieurs composantes de la fécondité.

Elle peut d'abord allonger l'intervalle entre le vêlage et la première insémination si les chaleurs sont peu ou pas détectées au cours de la période souhaitée de mise à la reproduction. Mais les anomalies de la cyclicité post-partum sont également responsables de ces décalages et compromettent globalement les résultats de reproduction (Grimard et Disenhaus, 2005 ; Kerbrat et Disenhaus, 2000).

Un défaut de détection des chaleurs conduit aussi à réaliser des inséminations sur des vaches qui ne sont pas en phase ovulatoire. La fréquence de ces inséminations au mauvais moment varie d'un élevage à l'autre et concerne environ 5 % des premières inséminations (Fréret et al., 2006). Elle est en général plus élevée quand plusieurs vaches sont inséminées le même jour.

Les retours en chaleurs après inséminations sont souvent longs. L'analyse des écarts entre inséminations montre que seulement 40 % ont une durée normale, voisine de un cycle (Pinto et al., 2000 ; Seegers et al., 2001), les retours tardifs contribuant ainsi pour une part importante à l'infécondité. La non détection des retours est la cause principale de ces décalages, dans la mesure où la non fécondation et la mortalité embryonnaire précoce sont deux à trois fois supérieures à la mortalité embryonnaire tardive (Ponsart et Humblot, 2003).

La caractérisation des signes et des modifications accompagnant la période des chaleurs a fait l'objet de très nombreuses études et certains ont servi de base au développement d'outils d'aide à la détection.

Les techniques visant à mettre en évidence des modifications physiologiques comme la quantité ou la composition du lait (Cowan et Larson, 1979 ; King, 1977 ; Horrell et al., 1984 ; Horrell et al., 1985 ; Norup et al., 2001), les variations de température vaginale (Zartman et al., 1983) ou du lait (Fordham et al., 1988), la résistance vaginale (Canfield et Butler, 1989 ; Kitwood et al., 1993 ; Scipioni et Foote, 1999 ; Smith et al., 1989) ou vulvaire (Morais et al., 2006), ou les beuglements (Schon et al., 2007) n'ont pas pour l'instant débouché sur des applications utilisables dans nos conditions d'élevage.

L'acceptation du chevauchement reste le signe le plus spécifique, mais il n'est pas manifesté par la totalité des vaches en chaleurs, et doit être complété ou remplacé par l'observation d'autres modifications du comportement (Cutullic et al., 2006 ; Ponsart et al., 2006).

Le repérage des chevauchements a d'abord été matérialisé par de la peinture (Reddy et al., 1983), puis par des dispositifs sensibles à la pression, mécaniques dans un premier temps (Pennington et Callahan, 1986) puis électroniques (Stevenson et al., 1996 ; Shipka, 2000 ; Saumande, 2000 ; Diskin, 2008). La vidéosurveillance en continu est également un moyen de repérer les modifications comportementales dans un troupeau (Hétreau et al., 2007).

La mesure de l'activité physique de déplacement au moyen de podomètres a donné lieu à de nombreux essais depuis le début des années 80 (Williams et al., 1981 ; Holdsworth, 1982 ; Phatak, 1983 ; Pennington et al., 1986 ; Peter et Bosu, 1986 ; Williams et al., 1986 ; Davies, 1987 ; Liu et Spahr, 1993 ; Redden et al., 1993 ; Arney et al., 1994 ; Kennedy et Ingalls, 1995 ; de Mol et al., 1997 ; Maatje et al., 1997 ; de Mol et Woldt, 2001 ; Mele et al., 2001 ; van Eerdenburg, 2008), mais peu d'études ont été réalisées dans nos conditions d'élevage (Thibier, 1987 ; Paccard et al., 2002).

L'objectif de cette étude est de mesurer l'efficacité d'un nouveau type d'appareil enregistrant l'activité physique globale, et de vérifier si, par rapport à des pratiques d'éleveurs maîtrisant bien la reproduction, son utilisation permet d'améliorer la détection des chaleurs.

2- Matériel et méthodes

21. Le troupeau

Le troupeau de la Ferme Expérimentale de la Chambre d'Agriculture de Loire-Atlantique à Derval est composé d'environ 85 vaches laitières de race Prim'Holstein d'un niveau de production de 9 500 kg. Pour répondre aux contraintes expérimentales des différents essais conduits sur la station, portant sur la traite, les vêlages sont répartis de façon assez homogène sur toute l'année. Le bilan de reproduction calculé sur la campagne 2007 indique un intervalle vêlage - 1^{ère} insémination de 96 jours, et un intervalle vêlage - fécondation de 145 jours.

Pendant la période hivernale (septembre à mars) le troupeau est en stabulation permanente avec logettes paillées et lisier. L'alimentation comprend une ration semi-complète à base d'ensilage de maïs et une distribution individualisée de concentré à l'auge. En période de pâture (avril à juin), les vaches ont accès à de l'ensilage de maïs à l'auge. En été (juillet et août) les vaches sont sur le régime hivernal, avec un accès à la pâture la nuit.

22. Les observations et mesures

221. L'observation des chaleurs

L'observation des chaleurs a été faite par les vachers selon leur pratique habituelle. Le principal indicateur de chaleurs utilisé est le chevauchement, observé lors du rassemblement des vaches pour la traite ou la conduite au champ, ou pendant les moments d'alimentation et de paillage. Les baisses de production laitière observées en salle de traite grâce aux compteurs à lait constituaient un signe complémentaire. Ces observations étaient confrontées aux dates de chaleurs déjà enregistrées, et à la date de vêlage pour décider de l'insémination. Pendant toute la durée de l'essai, les vachers n'ont pas eu connaissance des données des autres mesures effectuées.

Les caractéristiques suivantes des chaleurs ont été notées (annexe 1) :

- date et heure de la 1^{ère} observation,
- type de chaleur (naturelle ou induite),
- lieu d'observation (stabulation, aire d'attente, salle de traite, pâture, extérieur),
- signe observé (chevauchement, acceptation du chevauchement, flairage, agitation, glaire ou sang ou congestion de la vulve, baisse de production),
- stade (début, milieu ou fin) et durée,
- date, heure et signe ayant déclenché la décision d'inséminer.

222. La mesure de la progestérone

La détermination de l'activité ovarienne, et en particulier des phases ovulatoires a été faite par dosage de la progestérone dans des échantillons de lait prélevés 3 fois par semaine (lundi, mercredi et vendredi) du 10^{ème} jour après vêlage jusque la première insémination. Deux prélèvements supplémentaires ont été faits autour du 21^{ème} jour après l'insémination comme test de non gestation. Les échantillons étaient prélevés à la traite du matin, sur un ou plusieurs trayons non mammites, après élimination des premiers jets. Après conservation au réfrigérateur, ils étaient envoyés au laboratoire de l'UNCEIA pour analyse.

223. L'enregistrement de l'activité

Le dispositif utilisé est basé sur l'augmentation de l'activité physique des vaches pendant la période des chaleurs. Lorsque le niveau d'activité dépasse un certain seuil, une alerte est donnée.

Le système Heatime® de la société SCR enregistre l'activité (déplacements et autres mouvements) toutes les deux heures dans un boîtier fixé sur un collier. Un lecteur infrarouge placé dans un lieu fixe lit les informations et les transmet à un système d'analyse qui détermine les alertes selon le paramétrage retenu. Un écran de visualisation permet de voir la courbe d'activité d'un animal et de consulter la liste des vaches en alerte. Les alertes peuvent d'autre part être relayées sur un dispositif visuel (clignotant), et/ou sonore.

Pendant la période d'étude, chaque vache a été équipée d'un collier. Le boîtier de lecture/transmission des données était situé dans le couloir de retour de la salle de traite, ce qui a permis de disposer de deux lectures quotidiennes.

23. Le traitement des données

Les données prises en compte sont celles enregistrées ou observées entre le 31 janvier et le 30 avril 2008, période pendant laquelle l'appareil a été utilisé. Du fait de la durée limitée de la période, toutes les vaches du troupeau ne sont pas concernées par l'étude et la période d'observation a débuté à des stades post-partum différents.

Les données Heatime® ont été extraites à chaque traite sous forme d'un fichier texte. Chaque enregistrement correspond à une vache x traite et comprend les informations suivantes :

- le numéro du collier Heatime® et le numéro de la vache ;
- la date et l'heure de lecture des enregistrements ;
- une valeur d'activité (un nombre sans unité);
- le résultat de l'interprétation de l'activité par l'appareil (pas de chaleurs = 0 ; vache en chaleurs = 1);
- un code repérant une activité anormalement basse, un code repérant un défaut d'identification de collier, et 3 codes à la signification inconnue.

Les 181 fichiers de base (les données de la traite du matin du 15 mars n'ont pas été récupérées) ont été assemblés en un fichier unique comprenant 8665 enregistrements.

L'auto étalonnage de l'appareil se faisant sur les données d'une période de l'ordre d'une semaine à 12 jours, les enregistrements des 10 premiers jours ont été supprimés pour les vaches entrant en cours d'essai. De même, les données d'une vache correspondant à une période d'erreur d'identification et aux 10 jours suivants ont été écartées de l'analyse. En cas d'erreur de lecture ou de transfert de données à une traite, il semble que ce soit l'activité enregistrée à la lecture précédente qui soit reprise. Ces données ont été corrigées ou éliminées. Le fichier final analysé comprend 8465 enregistrements d'activité.

Les phases ovulatoires (PO) ont été définies principalement par l'analyse des profils de progestérone. Cette notion a été élargie pour prendre en compte des phases ovulatoires non détectées du fait de la fréquence des prélèvements et de leur interruption après la 1^{ère} insémination (hormis les dosages à 3 semaines). Ainsi, une observation de chaleurs et/ou une alerte Heatime® compatible avec une durée de cycle normale a été considérée comme phase ovulatoire. Ce sont l'ensemble de ces phases ovulatoires qui ont été prises comme référence.

Les phases lutéales (PL) ont été de même définies par les profils de progestérone et par les périodes situées entre deux phases ovulatoires. De plus, pour tenir compte de la détection éventuelle de chaleurs sur des vaches gestantes, il a été considéré que chaque insémination fécondante (validée par un constat de gestation positif) était suivie d'une phase lutéale.

La qualité de l'observation visuelle et de l'appareil Heatime® a été évaluée par leurs sensibilité et spécificité, en considérant la phase (ovulatoire ou lutéale) comme unité statistique. La sensibilité est définie comme la proportion de phases ovulatoires détectées, et la spécificité comme la proportion de phases lutéales au cours desquelles il n'y a pas eu de chaleurs détectées. Un effet "animal" avec modélisation de la corrélation intra animal par le odd-ratio a été introduit dans le modèle d'analyse pour tenir compte du fait qu'il peut y avoir plusieurs phases pour une même vache, ce qui rend les données non indépendantes. Le traitement statistique a été réalisé avec la procédure "Genmod" du logiciel SAS.

3- Résultats et discussion

31. Les données d'activité

Les valeurs individuelles d'activité varient de -118 à 649. Sur les 8465 valeurs, 32 sont inférieures à -40 et traduisent une activité anormalement faible. La mise en évidence d'une baisse importante d'activité chez une vache peut être le signe d'un problème sanitaire ou nutritionnel, qui peut réduire les déplacements et les mouvements, en particulier les prises alimentaires, et augmenter les périodes de repos. Des exemples de courbes d'activité mesurée à chaque traite sont donnés en annexe 2.

Les alertes représentent 2,98 % de l'ensemble des enregistrements (252/8465 ; tableau 1). Cette proportion n'est pas différente entre les traites du matin et celles du soir. La différence d'activité entre les périodes hors alerte et les périodes d'alerte, correspondant en principe à une phase de chaleurs, est très importante, passant d'un niveau 3 à un niveau 174 en moyenne. Dans les deux situations, la variabilité est importante. L'activité hors alerte est légèrement plus élevée pendant la journée (enregistrement à la traite du soir, à 17h30 en moyenne) que pendant la soirée et la nuit (enregistrement à la traite du matin, à 7h10 en moyenne). Le rapport entre les valeurs moyennes est de 1,24. Une variation d'activité de + 30 % entre les deux périodes, mesurée au moyen de podomètres, a été observée dans le même troupeau (Paccard et al., 2002). Des différences dans le niveau d'activité entre le jour et la nuit ont également été rapportées par KIDDY (1977) et ARNEY et al. (1994). La différence d'activité est moins marquée pendant les périodes d'alerte, ce qui semble montrer que les vaches en chaleurs ont une activité uniforme sur la journée, peu dépendante de leur conduite.

La fréquence de traites correspondant à une première alerte est un peu plus élevée le matin (1,31 %) que le soir (1,20 %). Ceci traduit le fait que sur les 106 périodes d'alerte, un peu plus de la moitié (51,9 %) ont débuté à une traite du matin, c'est à dire que l'activité a été significativement plus élevée depuis la traite de la veille au soir. Cette répartition presque homogène entre les périodes diurnes et nocturnes est cohérente avec une répartition uniforme du début des chaleurs sur la journée (NEBEL et al., 2000).

Malgré la forte variabilité, il semble que l'activité à la première alerte soit un peu plus faible qu'aux traites suivantes.

Tableau 1. Caractéristiques des enregistrements d'activité

Traite	% d'alerte	Activité hors alerte	Activité en alerte	% de 1 ^{ère} alerte	Activité 1 ^{ère} alerte
Matin	2,99	2,92 ± 15,9	170 ± 140	1,31	145 ± 107
Soir	2,96	3,62 ± 15,9	177 ± 151	1,20	148 ± 145
Total	2,98	3,27 ± 15,9	174 ± 146	1,25	146 ± 126

Des d'alertes n'ont pas été prises en compte pour la détermination des paramètres de la qualité de la détection. Elles peuvent être classées en deux catégories. La première correspond à des alertes qui se sont produites à un moment où les informations disponibles ne permettent pas de caractériser de façon certaine la nature de la phase oestrals. Deux vaches sont concernées : une (3338, le 29 février) pour laquelle l'alerte (d'un faible niveau : 53 sur 2 traites) est située entre une phase ovulatoire et une phase lutéale mais sans dosage de progestérone assez proche et une (3321, le 18 avril) avec un niveau d'activité de 84 sur 2 traites pour laquelle les valeurs de progestérone sont intermédiaires, au cours d'une phase un peu chaotique de reprise d'activité ovarienne.

La deuxième catégorie concerne les alertes qui ont eu lieu 2 jours consécutifs (les 15 et 16 mars). Du fait des conditions météorologiques, le rythme de sortie des vaches a été modifié : sortie le jour puis stabulation permanente. Cette variation d'activité a sans doute perturbé l'étalonnage de l'appareil et a entraîné de nombreuses alertes. Les données de vaches ont été écartées : 2 étaient gestantes, 5 étaient en phase lutéale, 2 en inactivité ovarienne et 1 en phase inconnue (mais avec une chaleur 3 semaines après).

D'un point de vue pratique, il semble donc important de limiter au maximum les modifications répétitives de conduite du troupeau pour pouvoir interpréter correctement les alertes. En cas d'aléas non contrôlables, il faut soit de ne pas tenir compte des alertes pendant quelques jours, soit les interpréter avec précaution et attendre un signe comportemental net pour décider d'inséminer.

32. Les phases d'inactivité ovarienne

Un écoulement de sang a été observé très précocement sur une vache (3339) 13 jours après vêlage. Ce signe qui peut traduire une ovulation ayant eu lieu 1 ou 2 jours avant, n'est pas suffisant pour décider d'inséminer mais permet de mieux observer une chaleur à partir de 17 jours plus tard.

L'enregistreur d'activité a signalé 5 alertes sur 3 vaches. Une sur une vache (3254) 16 jours après vêlage ; une sur une vache (3334) 69 jours après vêlage ; et 3 sur une vache (3350) à partir d'environ 2 mois post-partum et un mois après une première ovulation suivie d'une phase lutéale courte. Deux alertes ont eu lieu à 3 semaines d'intervalle, et la dernière 12 jours après. Ces alertes qui se produisent pendant une phase d'anœstrus, avec des niveaux de progestérone faibles, peuvent correspondre à des poussées folliculaires non accompagnées d'ovulation. Une insémination réalisée sur ces alertes ne serait donc pas fécondante. Les niveaux d'activité atteints pendant ces alertes ne sont pas très élevés : il y a alerte sur en moyenne $1,80 \pm 0,45$ traites avec une activité moyenne de 68 ± 16 , variant de 50 à 94. En pratique, il semblerait donc qu'il vaille mieux utiliser des alertes avec des niveaux d'activité faibles comme un indicateur pour accroître la surveillance visuelle que comme une possibilité d'inséminer.

33. La sensibilité de la détection

La sensibilité de la détection est calculée à partir de la proportion de chaleurs détectées en chaleurs par rapport aux phases ovulatoires de références. Au total, 107 phases ovulatoires ont été repérées sur 42 vaches, avec un nombre de phases par vache variant de 1 à 5 (tableau 2).

Tableau 2. Répartition des phases ovulatoires

Phases par vache	1	2	3	4	5	Total
Nombre de vaches	10	10	13	7	2	42
% de vaches	23,8	23,8	31,0	16,7	4,8	100
Nombre de phases	10	20	39	28	10	107

Sur l'ensemble des phases ovulatoires, 64 ont été détectées par observation visuelle et 69 par l'appareil Heatime®, ce qui conduit à des sensibilités de respectivement 61,1 % et 65,8 % (tableau 3), l'écart entre les deux n'étant pas significatif ($p = 0,345$).

La sensibilité de la détection est variable d'une vache à l'autre (odd-ratio = 1,91 ; $p = 0,0058$), mais les écarts sont sans doute peu importants dans la mesure où la prise en compte de cet effet modifie peu les valeurs de sensibilité.

Sur les 69 PO détectées par l'appareil Heatime®, 15 n'ont pas été vues (21,7 %). A l'inverse, 10 PO n'ont pas été détectées par l'appareil Heatime® sur les 64 observées visuellement (15,6 %). Sur les 43 (107-64) PO non vues par les vachers, 15 (soit 34,9 %) ont été repérées par leur activité. Au total, 28 phases ovulatoires n'ont pas été détectées, ce qui donne une sensibilité (ajustée) des deux méthodes cumulées de 74,2 %.

Tableau 3. Sensibilité de la détection des deux méthodes sur l'ensemble des phases ovulatoires

Méthode	Nombre de PO détectées	Sensibilité (%)
Observation visuelle	64 / 107	61,1 (51,5 – 70,0)*
Heatime®	69 / 107	65,8 (54,2 – 75,7)

* intervalle de confiance à 95 %

Les premières ovulations post-partum et/ou les ovulations suivies d'une phase lutéale courte sont généralement peu accompagnées de signes de manifestations de chaleurs et donc plus difficilement détectables. Les sensibilités de la détection sont meilleures lorsqu'elles sont calculées en enlevant les 15 phases ovulatoires de cette catégorie. Elles atteignent respectivement les valeurs de 70,2 % et 72,3 % pour l'observation visuelle et l'appareil Heatime® (tableau 4). La différence entre les deux valeurs n'est pas significative ($p = 0,693$).

Sur les 65 PO détectées par l'appareil Heatime®, 12 n'ont pas été vues (18,5 %). A l'inverse, 10 PO n'ont pas été détectées par l'appareil Heatime® sur les 63 observées visuellement (15,9 %). L'enregistrement de l'activité permet de détecter 41,3 % des phases ovulatoires de cette catégorie non observées visuellement (12/29). Au total, 17 phases ovulatoires n'ont pas été détectées, ce qui donne une sensibilité (ajustée) des deux méthodes cumulées de 82,1 %.

Sur les 10 PO correspondant à une première ovulation, une a été détectée par l'observation et 4 par Heatime®. Par contre, les 4 PO suivies d'une phase lutéale courte mais ne correspondant pas à une 1^{ère} ovulation n'ont été détectées par aucune des deux méthodes. Les effectifs réduits ne permettent pas de faire un test statistique.

Tableau 4. Sensibilité de la détection des deux méthodes sur les phases ovulatoires sans problème

Méthode	Nombre de PO détectées	Sensibilité (%)
Observation visuelle	63 / 92	70,2 (60,2 – 78,6) *
Heatime ®	65 / 92	72,3 (59,9 – 82,0)

* intervalle de confiance à 95 %

La sensibilité de la détection des ovulations par l'observation visuelle est très variable, en fonction des conditions dans lesquelles elle est réalisée. Des valeurs moyennes de l'ordre de 50 % sont souvent rapportées dans la bibliographie (Disenhaus et al., 2005), mais il paraît bien établi que cette sensibilité est très faible pour les premières ovulations post-partum et qu'elle augmente ensuite (Shipka, 2000). Dans une étude récente réalisée sur des vaches de race Montbéliarde, 76 % des phases ovulatoires ont été détectées avec 4 observations visuelles de 10 minutes (Hétreau et al., 2007). Dans ce dernier essai, la visualisation de l'enregistrement vidéo du troupeau en continu permet de détecter 86 % des PO sur le seul signe d'acceptation du chevauchement. Par la combinaison des deux méthodes il est possible d'atteindre une sensibilité de 94 %.

Aucune étude n'a été publiée concernant l'appareil testé, qui enregistre une activité physique globale. Seule une comparaison avec les podomètres peut être faite. Dans le même troupeau, 79,5 % des phases ovulatoires ont été détectées par les podomètres en période de stabulation (Paccard et al., 2002). Un taux de détection de chaleurs détectables de l'ordre de 85 % a été observé (At-Tars et Spahr, 2001).

Sur les 69 phases ovulatoires détectées par l'appareil Heatime®, 54 ont également été observées visuellement. Pour ces phases ovulatoires, il y a eu alerte en moyenne sur 2,57 traites consécutives (sur au moins 3 traites dans plus de la moitié des cas), avec un niveau moyen d'activité de 234 (tableau 5). Les 15 autres chaleurs ont conduit à un nombre d'alertes un peu inférieur (2,27 avec majoritairement 1 ou 2 traites en alerte) et ont été accompagnées d'une augmentation d'activité moyenne beaucoup plus faible (109) et sans doute des modifications de comportement très limitées dans la mesure où elles non pas été vues par l'observation.

Tableau 5. Niveaux d'alerte et d'activité pendant les phases ovulatoires détectées par l'appareil Heatime®

Observation visuelle	Nombre de PO	Répartition des PO (%) selon le nombre de traites en alertes				Nombre d'alertes	Niveau d'activité
		1	2	3	4		
Avec ou sans	69	4 (5,8)	28 (40,6)	35 (50,7)	2 (2,9)	2,51 ± 0,66	207 ± 137
Avec	54	2 (3,7)	21 (38,9)	29 (53,7)	2 (3,7)	2,57 ± 0,63	234 ± 137
Sans	15	2 (13,3)	7 (46,7)	6 (40,0)	-	2,27 ± 0,70	109 ± 84

34. La spécificité de la détection

La spécificité de la détection est mesurée à partir de la proportion de phases lutéales au cours desquelles il n'y a pas eu de chaleurs repérées. Les phases lutéales prises en compte sont au nombre de 94, réparties sur 45 vaches, la majorité des vaches ont 1 ou 2 phases étudiées (tableau 6).

Tableau 6. Répartition des phases lutéales

Phases par vache	1	2	3	4	5	Total
Nombre de vaches	16	15	9	4	1	45
% de vaches	35,6	33,3	20,0	8,9	2,2	100
Nombre de phases	16	30	27	16	5	94

Aucune chaleur n'a été observée visuellement pendant les phases lutéales.

Sur les 94 phases lutéales, l'appareil Heatime® n'a pas donné d'alerte pour 78 d'entre elles, et une alerte pour les 16 autres, ce qui correspond à une spécificité de 82,8 % (avec un intervalle de confiance à 95 % de 71,4 % à 90,3 %). Le test de l'effet animal est significatif, ce qui indique une différence entre vaches dans l'apparition des alertes pendant les phases lutéales.

Les 16 alertes en phase lutéale sont observées sur en moyenne $1,75 \pm 0,58$ traites consécutives (5 alertes sur 1 seule traite ; 10 sur 2 traites et 1 sur 3 traites) avec un niveau d'activité moyen de $65,1 \pm 11,2$. Ces valeurs sont très voisines de celles obtenues avec les alertes pendant les phases d'inactivité ovarienne, et inférieures à celles observées pendant les phases ovulatoires, même en l'absence de détection visuelle.

Les 16 alertes "fausses positives" ont été observées sur 11 vaches. Les trois quarts (12/16) ont eu lieu chez des vaches gestantes (confirmées par constat de gestation positif). Trois sont apparues entre 4 et 11 jours après l'insémination fécondante, les autres se produisant à un stade de gestation moyen de 47 jours (compris entre 32 et 87 jours). Quatre alertes ont été observées entre le 11^{ème} et le 14^{ème} jour de cycles normaux. Trois vaches ont eu 2 alertes pendant la gestation dont une après une alerte en milieu de cycle. Ces alertes en début de gestation et en milieu de cycle peuvent correspondre au développement terminal d'un follicule en fin de vague folliculaire, avant atresie.

En l'absence de constat gestation précoce, ces alertes risquent de déboucher sur une insémination inopportune.

35. Les valeurs prédictives

A partir des critères de sensibilité (Se) et de spécificité (Sp), il est possible de calculer les valeurs prédictives des résultats positifs et négatifs, c'est à dire respectivement la part des vaches réellement en chaleurs parmi celles qui sont détectées, et la part des vaches hors période de chaleurs parmi celles qui ne sont pas en alerte. Ces deux critères varient en fonction de la prévalence (p) de vaches en chaleurs dans le troupeau qui est surveillé selon les formules suivantes :

$$VPP = (Se \times p) / ((Se \times p) + ((1 - p) \times (1 - Sp))),$$

$$VPN = (Sp \times (1 - p)) / ((Sp \times (1 - p)) + ((1 - Se) \times p)).$$

Avec les caractéristiques de la méthode Heatime® (sensibilité de 72,3 % et spécificité de 82,8 %), on constate (figure 1) que pour une prévalence de vaches en chaleurs de 10 %, il y a moins de 5 % de vaches en chaleurs parmi celles qui ne sont pas en alerte (VPN = 96,4 %), mais que seulement 1 vache sur 3 en alerte est effectivement en chaleurs (VPP = 31,8 %). La valeur prédictive des résultats positifs passe à 50 % pour 20 % de vaches en chaleurs, et à 80 % quand il y a 50 % des vaches en chaleurs.

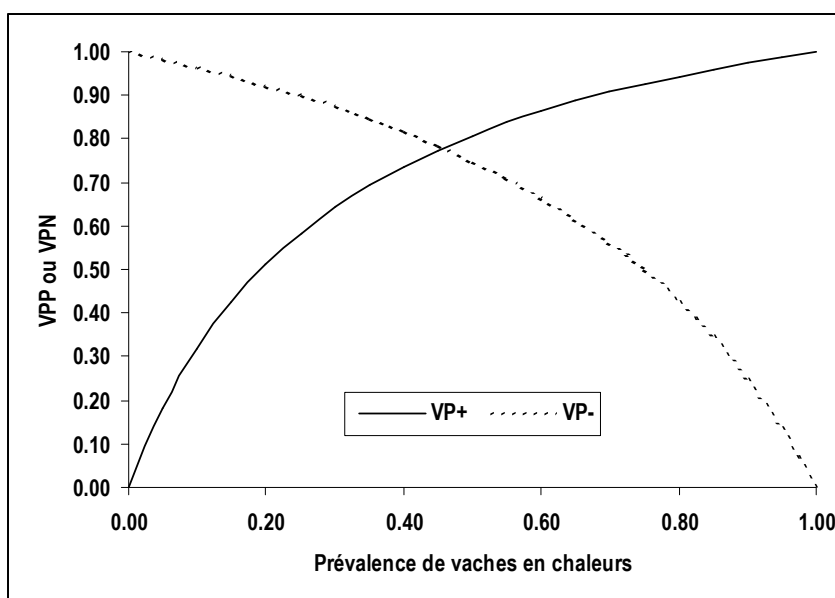


Figure 1. Valeurs prédictives des résultats positifs et négatifs de la méthode Heatime® selon la prévalence de vaches en chaleurs.

36. Chronologie des observations visuelles et des alertes

Pour chacune des chaleurs, l'heure de la première observation visuelle a été notée. L'heure de la première alerte Heatime® n'est pas connue avec précision, mais avec un pas de temps correspondant aux deux traites quotidiennes. Pour étudier la chronologie entre les deux méthodes de détection, la première observation visuelle a été considérée comme ayant été faite à la traite du matin ou à celle du soir selon qu'elle a eu lieu avant ou après midi. L'activité observée de 5 traites avant à 5 traites après celle de la première observation visuelle (traite 0) est représentée dans la figure 2 pour les chaleurs repérées par une modification du comportement (n = 47) et pour lesquelles il y a eu une alerte. Les augmentations d'activité signalées avant l'observation visuelle sont rares. L'activité moyenne augmente légèrement à la traite de l'observation, mais elle atteint son maximum aux deux traites suivantes. Cette chronologie est la même pour les chaleurs repérées sur un signe de chevauchement (avec ou sans acceptation ; n = 26) ou sur un signe moins spécifique comme l'agitation ou le flairage (n = 21). A l'inverse, lorsque seuls des écoulements de sang sont observés (n = 4), l'activité est déjà revenue à son niveau de base après avoir été un peu augmentée au cours des traites précédentes (figure 3).

Le décalage entre l'observation des signes comportementaux et l'alerte est normal dans la mesure où les enregistrements d'activité ne sont faits que deux fois par jour au moment des traites. Il serait intéressant de pouvoir établir cette chronologie avec une lecture plus fréquente des paramètres d'activité physique. Ceci permettrait de préciser le moment de début des chaleurs de façon à bien positionner l'insémination. Des délais trop courts entre l'observation des chaleurs et l'insémination sont responsables de mortalité embryonnaire (Michel et al., 2003) et d'une baisse du taux de gestation (Fréret et al., 2006).

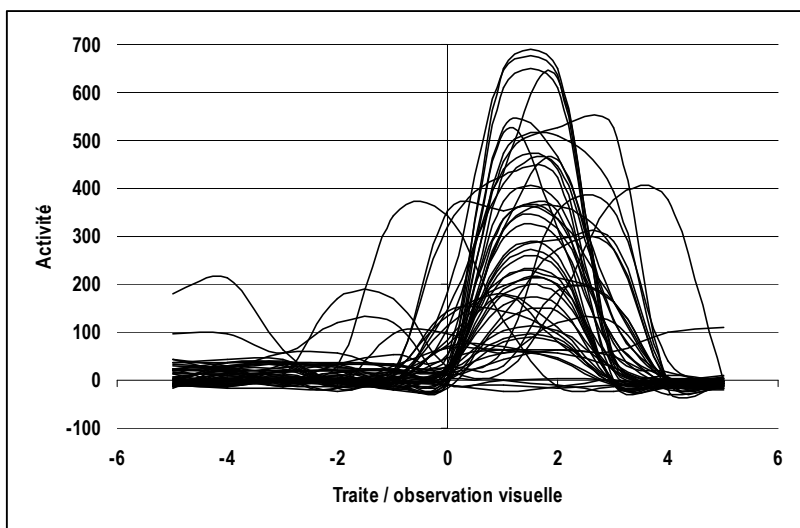


Figure 2. Évolution de l'activité physique autour de l'observation visuelle des chaleurs

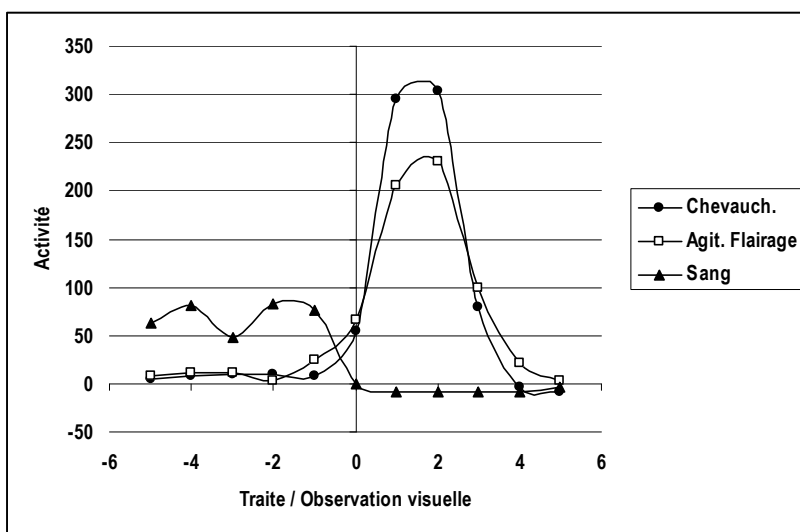


Figure 3 . Évolution de l'activité physique autour de l'observation visuelle des chaleurs selon les signes repérés

4- Conclusion

Dans les conditions de cette observation, l'appareil Heatime® présente une sensibilité à la détection des phases ovulatoires non significativement supérieure à l'observation visuelle. Les écarts entre les deux méthodes montrent que l'enregistrement de l'activité physique a tendance à mieux repérer les premières ovulations, mais qu'ensuite l'avantage est négligeable par rapport à une situation où l'observation est bien faite.

Cette bonne sensibilité a un revers en terme de spécificité. Des alertes apparaissent en milieu de cycle pendant une phase lutéale ou chez des vaches gestantes, ainsi que chez des vaches en inactivité ovarienne. Ces alertes se font en général avec un niveau d'activité assez faible, mais que l'on peut constater sur des phases ovulatoires bien exprimées. Une étude plus précise permettrait de fixer des seuils d'alerte permettant d'optimiser les valeurs prédictives.

Des variations dans la conduite du troupeau entraînent une modification de l'activité des vaches qui perturbe l'établissement du niveau de référence de l'appareil. Lorsque de telles variations se produisent, les alertes doivent être ignorées ou interprétées avec précaution.

Avec un enregistrement biquotidien de l'activité au moment des deux traites, le début des chaleurs ne peut pas être connu avec précision. Les règles concernant les délais d'insémination ne sont donc pas modifiées.

Références bibliographiques

- ARNEY D.R., KITWOOD S.E., PHILLIPS C.J.C. 1994. The increase in activity during oestrus in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 40 : 211-218
- AT-TARAS E.E., SPAHR S.L. 2001. Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *J. Dairy Sci.*, 84 : 792-798
- CANFIELD R.W., BUTLER W.R. 1989. Accuracy of predicting the LH surge and optimal insemination time in Holstein heifers using a vaginal resistance probe. *Theriogenology*, 31(4) : 835-842
- COWAN C.M., LARSON L.L. 1979. Relationship of the estrous cycle to milk composition. *J. Dairy Sci.*, 62 : 546-550
- CUTULLIC E., DELABY L., CAUSEUR D., DISENHAUS C. 2006. Facteurs de variation de la détection des chaleurs chez la vache laitière conduite en vêlages groupés. *Renc. Rech. Ruminants*, 13 : 269-272
- DAVIES R. 1987. Pedometer walks it for heat detection. *Farmers Weekly*, 106(10) : 41
- de MOL R.M., KROEZE G.H., ACHTEN J.M.F.H., MAATJE K., ROSSING W. 1997. Results of a multivariate approach to automated oestrus and mastitis detection. *Livestock Prod. Sci.*, 48 : 219-227
- de MOL R.M., Woldt W.E. 2001. Application of fuzzy logic in automated cow status monitoring. *J. Dairy Sci.*, 84(2) : 400-410
- DISENHAUS C., GRIMARD B., TROU G., DELABY L. 2005. De la vache au système : s'adapter aux objectifs de reproduction en élevage laitier. *Renc. Rech. Ruminants*, 12 : 125-136
- DISKIN M.G. 2008. Heat-Watch : a telemetric system for heat detection in cattle. *Vet. Quart.*, 30, Supp. 1 : 37-48
- FORDHAM D.P., ROWLINSON P., MCCARTHY T.T. 1988. Oestrus detection in dairy cows by milk temperature measurement. *Res. Vet. Sci.*, 44 : 366-374
- FRERET S., PONSART C., RAI D.B., JEANGUYOT N., PACCARD P., HUMBLOT P. 2006. Facteurs de variation de la fertilité en première insémination et taux de mortalités embryonnaires en élevages laitiers Prim'Holstein. *Renc. Rech. Ruminants*, 2006 (13) 281-284
- GRIMARD B., DISENHAUS C. 2005. Les anomalies de reprise de la cyclicité après vêlage. *Le Point Vétérinaire*, 36 : 16-21
- HETREAU T., GIROUD O., PONSART C., PACCARD P., BADINAND F. 2007. Simplifier la détection des chaleurs des vaches laitières grâce à la vidéosurveillance. *Renc. Rech. Ruminants*, 2007 (14) : 372
- HOLDSWORTH R.J. 1982. Evaluation of pedometers for oestrus detection in dairy cows. *Vet. Rec.*, 111(1) : 16
- HORRELL R.I., KILGOUR R., MAC MILLAN K.L., BREMNER K. 1984. Evaluation of fluctuations in milk yield and parlour behaviour as indicators of oestrus in dairy cows. *Vet. Rec.*, 114 : 36-39
- HORRELL R.I., MAC MILLAN K.L., KILGOUR R., BREMNER K. 1985. Changes in milk yield and composition at oestrus in dairy cows. *J. Dairy Res.*, 52 : 9-16
- KENNEDY A.D., INGALLS J.R. 1995. Estrus detection with activity tags in dairy cows housed in tie-stalls. *Can. J. Anim. Sci.*, 75 : 633-636
- KERBRAT S., DISENHAUS C. 2000. Profils d'activité lutéale et performances de reproduction du vêlage à la première insémination. *Renc. Rech. Ruminants*, 7 : 227-230
- KIDDY C.A. 1977. Variation in physical activity as an indication of oestrus in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 60 : 235-243
- KITWOOD S.E., PHILLIPS C.J.C., WEISE M. 1993. Use of a vaginal mucus impedance meter to detect estrus in the cow. *Theriogenology*, 40 : 559-569
- LE MEZEC P., BARBAT A. 2007. Un répit dans la baisse de la fertilité. *Bulletin technique de l'insémination animale*, 126 : 15-18

- LIU X., SPAHR S.L. 1993. Automated electronic activity measurement for detection of estrus in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 76 : 2906-2912
- MAATJE K., DE MOL R.M., ROSSING W. 1997. Cow status monitoring (health and oestrus) using detection sensors. *Comput. Electron. Agric.*, 16 : 245-254
- MAATJE K., LOEFFLER S.H., ENGEL B. 1997. Predicting optimal time of insemination in cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers. *J. Dairy Sci.*, 80(6) : 1098-1105
- MELE M., SECCHIARI P., SERRA A., FERRUZZI G., PAOLETTI F., BIAGIONI M. 2001. Application of the "tracking signal" method to the monitoring of udder health and oestrus in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, 72 : 279-284
- MICHEL A., PONSART C., FRERET S., HUMBLOT P. 2003. Influence de la conduite de la reproduction sur les résultats à l'insémination en période de pâturage. *Renc. Rech. Ruminants*, 10 : 131-134
- MORAIS R., VALENTE A., ALMEIDA JC., SILVA AM., SOARES S., REIS MJCS., VALENTIM R., AZEVEDO J. 2006. Concept study of an implantable microsystem for electrical resistance and temperature measurements in dairy cows, suitable for estrus detection. *Sens. Actuat. A : Physical*, 132 : 354-361
- NEBEL R.L., DRANSFIELD M.G., JOBST S.M., BAME J.H. 2000. Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Animal Repr. Sci.*, 60-61 : 713-723
- NORUP L.R., HANSEN P.W., INGVAERTSEN K.L., FRIGGENS N.C. 2001. An attempt to detect oestrus from changes in Fourier transform infrared spectra of milk from dairy heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 65 : 43-50
- PACCARD P., BERNY F., GAUDIN V., HUMBLOT P. 2002. Utilisation de l'enregistrement de l'activité physique comme aide à la détection des chaleurs dans un troupeau de vaches laitières. *Élevage et Insémination*, 305 : 3-25
- PENNINGTON J.A., ALBRIGHT J.L., CALLAHAN C.J. 1986. Relationships of sexual activities in estrous cows to different frequencies of observation and pedometer measurements. *J. Dairy Sci.*, 69 : 2925-2934
- PENNINGTON J.A., CALLAHAN C.J. 1986. Use of mount detectors plus chalk as an estrus detection aid for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 69(1) : 248-252
- PETER A.T., BOSU W.T.K. 1986. Postpartum ovarian activity in dairy cows : correlation between behavioural estrus, pedometer measurements and ovulations. *Teriogenology*, 26(1) : 111-115
- PHATAK A.P. 1983. The detection of estrus in dairy cattle by monitoring behavioural change in stanchion barn and free stall housing. *Dissert. Abstr. Intern.*, 43(8) : 2471-B
- PONSART C., FRERET S., CHARBONNIER G., GIROUD O., DUBOIS P., HUMBLOT P. 2006. Description des signes de chaleurs et modalités de détection entre le vêlage et la première insémination chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, 13 : 273-276
- PONSART C., HUMBLOT P. 2003. Mortalité embryonnaire et retours décalés : que peut apporter le suivi de la gestation ? *Bull. Techn. Insém. Artif.*, 110 : 35-40
- PINTO A., BOUCA P., CHEVALLIER A., FRERET S., GRIMARD B., HUMBLOT P. 2000. Sources de variation de la fertilité et des fréquences de mortalité embryonnaire chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, 7 : 213-216
- REDDEN K.D., KENNEDY A.D., INGALLS J.R., GILSON T.L. 1993. Detection of estrus by radiotelemetric monitoring of vaginal and ear skin temperature and pedometer measurements of activity. *J. Dairy Sci.*, 76 : 713-721
- REDDY G.N.S., THIBIER M., RECCA A. 1983. Utilisation d'une pâte colorée pour la détection des chaleurs des vaches dans un troupeau laitier. *Bull. Soc. Vét. Prat. de France*, 67(10) : 671-683
- SAUMANDE J. 2000. La détection électronique des chevauchements pour la détection des vaches en chaleur : possibilités et limites. *Revue Méd. Vét.*, 151(11) : 1011-1020
- SCHON PC., HAMEL K., PUPPE B., TUCHSCHERER A., KANITZ W., MANTEUFFEL G. 2007. Altered vocalization rate during the estrus cycle in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 90 : 202-206
- SCIPIONI R.L., FOOTE R.H. 1999. Short communication : an electronic probe versus milk progesterone as aids for reproductive management of small dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 82 : 1742-1745

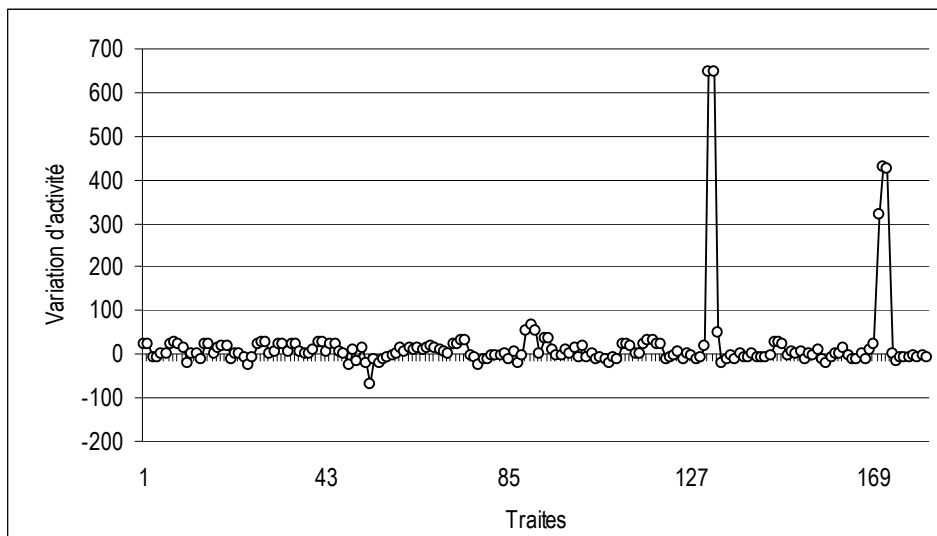
- SEEGERS H., COULON R., BEAUDEAU F., FOUCHET M., QUILLET J.M. 2001. Étude descriptive et identification de facteurs de variation de différentes catégories de retours après insémination artificielle en troupeaux laitiers. Renc. Rech. Ruminants, 8 : 357-360
- SEEGERS H., 2003. Le coût de l'infécondité. 2003. Bull. Techn. Insémin. Anim., 110 : 13-18
- SEEGERS H., GRIMARD B., BILLON D. 2005. Effets économiques liés à la qualité de la détection de l'œstrus en troupeau bovin laitier. Renc. Rech. Ruminants, 12 : 168
- SHIPKA M.P., ELLIS L.C. 1998. No effects of bull exposure on expression of estrous behaviour in high-producing dairy cows. Appl. Anim. Behav. Sci., 57 : 1-7
- SHIPKA M.P. 2000. A note on silent ovulation identified by using radiotelemetry for estrous detection. Applied Anim. Behav. Sci., 66 : 153-159
- STEVENSON J.S., SMITH M.W., JAEGER J.R., CORAH L.R., LEFEVER D.G. 1996. Detection of estrus by visual observation and radiotelemetry in peripubertal, estrus-synchronized beef heifers. J. Anim. Sci., 74 : 729-735
- THIBIER M. 1987. L'aide à la détection des chaleurs. Annuel pour l'Éleveur de Bovins, 1987 : 12-13
- VAN HEERDENBURG F.J.C.M. 2008. The pedometer, an automated aid in the detection of oestrus. VET. Quart., 30, Supp. 1 : 49-57
- WILLIAMS W.F., OSMAN A.M., SHEHATA S.H.M., GROSS T.S. 1986. Pedometer detection of prostaglandin F₂-induced luteolysis and estrus in the egyptian buffalo. Anim. Reprod. Sci., 11 : 237-241
- WILLIAMS W.F., YVER D.R., GROSS T.S. 1981. Comparison of estrus detection techniques in dairy heifers. J. Dairy Sci., 64(8) : 1738-1741
- ZARTMAN D.L., HALLFORD D.M., TIERNEY L.A., HUSSAIN M.Y. 1983. Reproductive characteristics of Holstein heifers fitted with intravaginal temperature transmitters. Theriogenology, 19(4) : 541-554

Annexe 1 : Fiche d'enregistrement des caractéristiques des chaleurs

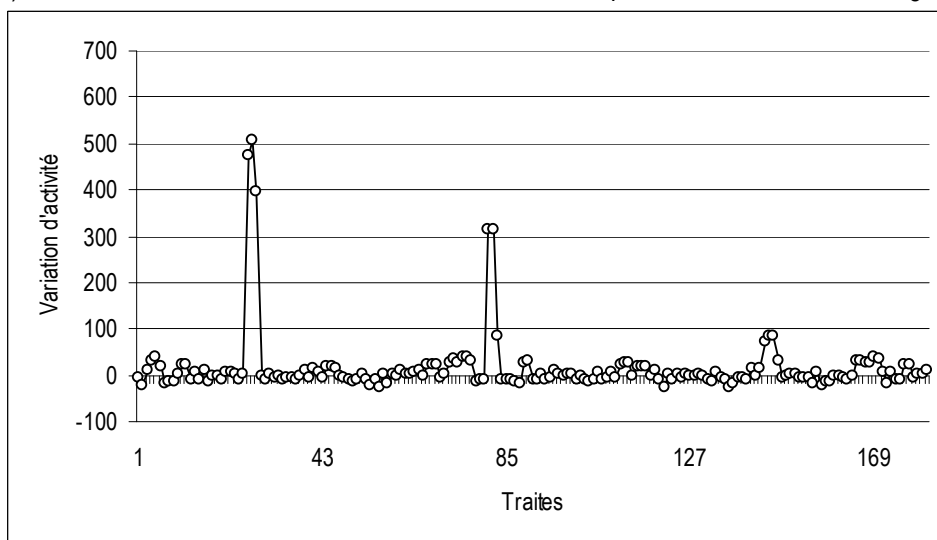
Date	VL	Heure 1ère observation	chaleur induite artificiellement	Lieu d'observation				signe observé					stade chaleur	durée de la chaleur	Signe déclencheur			remarques	
				stabulation	aire d'attente	salle de traite	extérieur	chevauchement	acceptation du chevauchement	flairage	agitation	congestion de la vulve			baisse de lait	date	heure		signe

Annexe 2. Exemples de courbes d'activité

a) Vache avec 2 alertes sur 2 chaleurs observées après une période d'anoestrus



b) Vache avec deux alertes sur deux chaleurs observées puis une alerte en début de gestation



c) Vache avec une alerte sur chaleur observée, une alerte en milieu de cycle, une alerte sur chaleur observée, une alerte due à une inactivité inhabituelle du troupeau, une alerte sur chaleur non vue, une alerte sur chaleur observée

